



HAL
open science

Bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort : score global de bien-être et lien avec la qualité du lait de tank

Mathilde Roman

► **To cite this version:**

Mathilde Roman. Bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort : score global de bien-être et lien avec la qualité du lait de tank. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03971902

HAL Id: dumas-03971902

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03971902v1>

Submitted on 3 Feb 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.

Année 2022

**BIEN-ÊTRE DES BREBIS LAITIÈRES DANS LE BASSIN DU
ROQUEFORT : SCORE GLOBAL DE BIEN- ÊTRE ET LIEN
AVEC LA QUALITÉ DU LAIT DE TANK**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 09 septembre 2022

par

Mathilde Nicole Elisabeth ROMAN

sous la direction de

Alline DE PAULA REIS

JURY

Président du jury :	M. Karim ADJOU	Professeur à l'EnvA
Directrice de thèse :	Mme Alline DE PAULA REIS	Maître de Conférences à l'EnvA
Examineur :	M. Vincent MAUFFRÉ	Maître de Conférences à l'EnvA

Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



Version du 8 février 2022

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Maître de conférences HDR	DPASP
M	Blot	Stephane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Fédérighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guénec	Christelle	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Perrot	Sébastien	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Benchekroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Constant	Fabienne	Maître de conférences	DPASP
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
Mme	Decambroun	Adeline	Maître de conférences	DEPEC
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences associé	DPASP
M	Desbois	Christophe	Maître de conférences	DEPEC
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guélin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
M	Maufré	Vincent	Maître de conférences	DPASP
Mme	Mtimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
Mme	Mespouilhès-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudemann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Bérandère	Maître de conférences	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP

Remerciements

Au Président du Jury de cette thèse, M. Karim ADJOU, Professeur à l'EnvA,
Pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse, mes hommages respectueux.

À Mme Aline DE PAULA REIS, Maitre de conférences à l'EnvA,
Pour m'avoir suivie depuis ma première année, pour votre implication et votre aide dans ce projet, pour votre gentillesse et pour la disponibilité que vous avez su m'accorder, y compris au beau milieu de l'été, mes remerciements reconnaissants.

À M Vincent MAUFFRÉ, Maitre de conférences à l'EnvA,
Pour avoir accepté de participer à ce jury de thèse, mes hommages respectueux.

À Mme Laëtitia BRU et Dr Olivier PATOUT
Pour m'avoir apporté une aide précieuse en répondant à mes questions et m'avoir encouragée dans ce projet, un grand merci.

Aux élèves du bassin du Roquefort
Pour leurs avis autorisés et leur expérience en matière de bien-être-animal, un merci chaleureux.

À M Loïc Desquilbet, Professeur à l'EnvA,
Pour sa disponibilité et son aide pour les analyses statistiques, sincères remerciements.

À Mme Narjès MTIMET, Maitre de conférences à l'EnvA,
Pour ses éclaircissements concernant la sécurité sanitaire des aliments, un grand merci.

À ma famille
Pour leur amour et leur soutien depuis toujours...

À Alex
Pour son soutien, sa patience et ses bons conseils, avec tout mon amour.

Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux	5
Liste des abréviations.....	9
Introduction	11
Première partie : révision de la littérature	13
1. Les principaux paramètres de la qualité du lait des brebis.....	13
A. Comptages cellulaires du lait	13
B. Les bactéries dans le lait.....	19
a. Staphylocoques	19
b. Coliformes	21
c. Listeria spp et Listeria monocytogenes.....	23
d. Salmonelles	24
e. Spores butyriques.....	26
2. Notion de bien-être animal	27
A. Le bien-être animal d'un point de vue juridique	27
B. Évolution des définitions du bien-être animal	28
C. Le concept des cinq libertés	30
3. Comment évaluer le bien-être animal (BEA) ?.....	31
4. Les différents protocoles et ébauches de protocoles d'évaluation du bien-être chez les ovins	34
A. Protocole proposé par Napolitano et al. (2009), en Italie	34
B. Protocole proposé par Stubbsjøen et al. (2011), en Norvège	36
C. Le protocole européen Animal Welfare Indicators (AWIN, 2015).....	39
D. Protocole du projet BIENE, en France (IDELE, 2015).....	41
E. Protocole proposé par Munoz et al. (2019), en Australie	42
F. Protocole proposé par M'Hamdi et al. (2021), en Tunisie	44
G. Protocole proposé par Marcone et al. (2022), en Italie.....	45
H. Protocole d'Évaluation du Bien-être des Brebis en Élevage Laitier (EBBEL), développé en France	46
I. Conclusion sur les protocoles d'évaluation du bien-être des brebis.....	50
5. Analyse de la validité méthodologique des indicateurs de bien-être animal utilisés dans le	
protocole EBBEL	52
A. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de faim, soif et malnutrition »	52
a. État corporel.....	52
b. Abreuvement.....	58
B. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de maladie, douleur et blessure ».....	60
a. Locomotion	60
b. Longueur des onglons.....	64
c. Intégrité des trayons.....	65
d. Intégrité de la mamelle.....	67
e. Intégrité de la peau	69
f. Propreté du pourtour anal	73
g. Sécrétions nasales.....	77
h. Couverture de laine.....	78
C. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de contrainte physique et climatique »	80
a. Propreté de l'animal	80
b. Humidité de la laine.....	82
c. Surface disponible par animal.....	83

d. Présence d'ombre en pâture.....	85
D. Indicateurs évaluant la liberté « Expression de comportements normaux »	87
a. Accès à la pâture	87
b. Liberté de mouvement	88
c. Qualitative Behavioural Assessment (QBA).....	88
E. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de peur ou de stress »	92
a. Animaux élevés individuellement	92
b. Relation Homme-Animal	93
F. Indicateurs évaluant plusieurs libertés.....	96
a. Nombre de brebis/UMO	96
b. Mortalité des brebis.....	97
c. Mortalité des agneaux.....	98
G. Conclusion sur les indicateurs de bien-être animal	100
Deuxième partie : création d'un score reflétant le niveau global de bien-être des brebis laitières évalué par le protocole EBBEL et application dans le bassin du Roquefort	101
1. Introduction	101
2. Matériels et méthodes	101
3. Résultats	103
A. Classification des indicateurs du protocole EBBEL	103
B. Système de notation globale du bien-être pour compléter le protocole EBBEL.....	103
a. Axe 1 : noter individuellement les indicateurs	103
b. Axe 2 : attribuer des bonus/malus aux catégories d'indicateurs	104
c. Calcul du score	104
C. Système de notation appliqué à la base de données EBBEL	107
4. Discussion.....	110
A. Classement des indicateurs du protocole EBBEL en trois catégories.....	110
B. Système de notation globale du bien-être des brebis laitières	112
C. Système de notation appliqué à la base de données EBBEL	113
5. Conclusion de la deuxième partie.....	114
Troisième partie : étude de la relation entre le niveau global de bien-être des brebis laitières de la région du Roquefort et la qualité du lait de tank.....	115
1. Matériels et méthodes	115
A. Données d'évaluation du bien-être et de la qualité du lait de tank	115
B. Étape préalable aux analyses statistiques.....	117
C. Analyses statistiques.....	117
2. Résultats	118
A. Qualité du lait et score global de bien-être animal de l'échantillon (n = 74)	118
B. Étape préalable aux analyses statistiques.....	120
C. Analyses statistiques.....	120
3. Discussion.....	122
4. Conclusion de la troisième partie.....	128
Conclusion générale	129
Liste des références bibliographiques	131
Annexe 1 : objectif, seuils d'alerte et d'alarme de chacun des 26 indicateurs du protocole EBBEL.....	151
Annexe 2 : linéarité de l'association entre le respect ou non des seuils des paramètres de la qualité du lait et l'effectif du troupeau dans l'échantillon.....	152

Liste des figures

Figure 1. Relation entre la moyenne géométrique annuelle du Comptage Cellulaire de Tank et l'estimation de la prévalence des infections intra-mammaires (Berthelot <i>et al.</i> , 2006).....	19
Figure 2. Évolution physiologique du nombre de cellules somatiques du lait de brebis au cours d'une lactation (Poncelet, 2007).....	17
Figure 3. Évolution des définitions du bien-être animal (de Boyer des Roches, 2021).....	29
Figure 4. Exemple d'arbre de décisions pour donner un score au critère "absence de soif prolongée", entre 0 et 100, selon le Welfare Quality® Protocol (Welfare Quality®, 2009).....	33
Figure 5. Pourcentage d'exploitations, sur les 36 évaluées, en fonction de la catégorisation de la relation Homme-Animal (Stubsjøen <i>et al.</i> , 2011).	38
Figure 6. Repères anatomiques à palper pour établir la Note d'État Corporel des brebis, vu en coupe transversale de la brebis au niveau des vertèbres lombaires (apophyse étant synonyme de processus) (IDELE, 2010).	54
Figure 7. Exemple de feuille de QBA (évaluation qualitative du comportement) pour l'évaluation de trois animaux A, B et C avec quatre adjectifs. La mesure de la distance MM et MC permet de attribuer un score à chaque adjectif pour chaque animal (Fleming <i>et al.</i> , 2016).	89
Figure 8. Exemple de modèle statistique d'Analyse en Composantes Principales pour 12 adjectifs chargés sur les dimensions PC1, humeur, et PC2, réactivité (Phythian <i>et al.</i> , 2016).	90
Figure 9. Analyse des Composantes Principales du QBA (évaluation qualitative du comportement) réalisée dans les 81 élevages de brebis laitières du Roquefort évalués dans le cadre de l'élaboration du protocole EBBEL. A : graphe des variables (adjectifs) B : distribution des élevages (protocole EBBEL, données non publiées).	91
Figure 10. Médiane, premier et troisième quartiles des résultats, pour chaque adjectif, des évaluations du QBA (évaluation qualitative du comportement) des 81 élevages de brebis laitières dans le bassin du Roquefort, selon le protocole EBBEL (protocole EBBEL, données non publiées).	92
Figure 11. Les différentes dimensions d'une bonne relation Homme-Animal. Les flèches symbolisent les interactions entre les animaux et l'Homme (Rault <i>et al.</i> , 2020).....	94
Figure 12. Causes de mortalité des ovins adultes soumis à un examen post-mortem en Irlande Murray <i>et al.</i> (2019).	97
Figure 13. Déroulé de la discussion entre experts au sujet du classement hiérarchisé des 26 indicateurs du protocole EBBEL.	102
Figure 14. Arbre de décision pour la notation du niveau global de bien-être des brebis laitières dans les élevages du Roquefort évalué par le protocole EBBEL.	105

Figure 15. Scores globaux de bien-être des 81 élevages de brebis laitières de la région du Roquefort constituant la base de données EBBEL.....	107
Figure 16. Nombre d'élevages de la base de données EBBEL ayant obtenu des bonus ou malus pour les indicateurs primordiaux selon le système de notation proposé.	108
Figure 17. Pourcentage d'élevages ayant reçu un bonus (maximal ou minimal), par catégorie d'indicateurs (primordiaux, nécessaires et utiles).	109
Figure 18. Pourcentage d'élevages des quartiles inférieur et supérieur ayant obtenu un bonus (maximal ou minimal) par catégorie d'indicateurs (indicateurs primordiaux, nécessaires et utiles).	109
Figure 19. Comptages cellulaires de tank (CCT), taux de coliformes, taux de staphylocoques et taux de spores butyriques dans le lait de tank des élevages de l'échantillon du programme EBBEL (n = 74) (données quantitatives brutes) en fonction du score de bien-être animal (BEA).....	118
Figure 20. Nombre d'élevages de l'échantillon du programme EBBEL (n = 74) dont le lait de tank était positif ou négatif à salmonelles, <i>Listeria spp</i> et <i>Listeria monocytogenes</i> (données qualitatives).	119

Liste des tableaux

Tableau 1. Facteurs associés significativement à l'augmentation des Comptages Cellulaires Individuels (CCI) pour les brebis laitières.....	14
Tableau 2. Facteurs associés significativement à l'augmentation des Comptages Cellulaires de Tank (CCT) dans les élevages de brebis laitières.	15
Tableau 3. Différence entre bien-être et bienveillance animal (de Boyer des Roches, 2021).....	30
Tableau 4. Avantages, inconvénients et utilisations recommandées des principales méthodes actuellement proposées pour calculer un score global de bien-être animal (Veissier <i>et al.</i> , 2007).	32
Tableau 5. Indicateurs classés en cinq fiches pour l'évaluation du bien-être des ovins, selon le protocole proposé par Napolitano <i>et al.</i> (2009) et basé sur l'Index des Besoins des Animaux (Bartussek <i>et al.</i> , 2000).	35
Tableau 6. Moyennes obtenues pour les indicateurs basés sur les animaux (fiche cinq) pour les exploitations biologiques et conventionnelles dans le cadre d'une évaluation du bien-être des ovins selon un protocole basé sur l'Index des Besoins des Animaux (Napolitano <i>et al.</i> , 2009).	36
Tableau 7. Indicateurs retenus par des experts dans le cadre de la proposition d'un protocole de bien-être des ovins en Norvège (Stubsjøen <i>et al.</i> , 2011).	37
Tableau 8. Prévalence des indicateurs basés sur les animaux sur l'ensemble des 360 brebis évaluées par le protocole norvégien d'évaluation du bien-être des ovins (Stubsjøen <i>et al.</i> , 2011).	37
Tableau 9. Notes moyennes, maximales et minimales données aux 360 brebis évaluées avec le protocole d'évaluation de bien-être des ovins développé en Norvège (Stubsjøen <i>et al.</i> , 2011).....	38
Tableau 10. Principes, critères et indicateurs de bien-être utilisés dans le protocole européen d'évaluation de bien-être des ovins (AWIN, 2015).	40
Tableau 11. Pourcentage de brebis ayant une bonne note pour les indicateurs par rapport au nombre de brebis observées (n = 1 369) dans le cadre d'une évaluation de bien-être des ovins, en période hivernale, sur 45 exploitations allaitantes en France (IDELE, 2015).	42
Tableau 12. Pourcentage de brebis ayant une bonne note pour les indicateurs par rapport au nombre de brebis observées (n = 6 200) dans le cadre d'une évaluation de bien-être des ovins, en élevage extensif, sur 32 exploitations allaitantes, mixtes (laine/viande) ou de laine en Australie (Munoz <i>et al.</i> , 2019).....	43
Tableau 13. Pourcentage de brebis ayant présenté une bonne condition pour les indicateurs par rapport au nombre de brebis observées (n = 1 040) dans le cadre d'une évaluation du bien-être des brebis allaitantes en système extensif, selon le protocole tunisien (M'Hamdi <i>et al.</i> , 2021).....	44
Tableau 14. Médianes des prévalences d'animaux affectés pour les huit indicateurs évalués dans 18 exploitations laitières ovines par le protocole d'évaluation du bien-être proposé par Marcone <i>et al.</i> (2022).....	45

Tableau 15. Les 26 indicateurs sélectionnés pour l'évaluation de chacune des libertés du bien-être animal dans le cadre du protocole d'évaluation du bien-être des brebis laitières (protocole EBBEL, données non publiées).	47
Tableau 16. Base de données EBBEL, constituée lors de l'évaluation de 40 élevages dans le bassin du Roquefort, par l'évaluateur A en juillet et août 2020 : minimum, maximum, médiane, 1 ^{er} quartile et 3 ^e quartile du pourcentage de brebis ayant eu un bon résultat pour l'indicateur au sein d'un élevage (protocole EBBEL, données non publiées).	48
Tableau 17. Base de données EBBEL, constituée lors de l'évaluation de 41 élevages dans le bassin du Roquefort, par l'évaluateur B en février et mars 2021 : minimum, maximum, médiane, 1 ^{er} quartile et 3 ^e quartile du pourcentage de brebis ayant eu un bon résultat pour l'indicateur au sein d'un élevage (protocole EBBEL, données non publiées).	49
Tableau 18. Résumé des caractéristiques, avantages et inconvénients des différents protocoles d'évaluation du bien-être des ovins en élevage.	51
Tableau 19. Recommandations selon le stade physiologique des brebis en matière de Notes d'État Corporel selon différents auteurs.	53
Tableau 20. Description des caractéristiques de chaque Note d'État Corporel, allant de 0 à 5, pour évaluer l'indicateur « état corporel » dans le cadre d'une évaluation du bien-être des brebis.	55
Tableau 21. Description de l'échelle de notes, allant de 0 à 3, proposée par le protocole AWIN pour évaluer l'indicateur « locomotion » dans le cadre d'une évaluation du bien-être des brebis (AWIN, 2015).	61
Tableau 22. Description de l'échelle de scores de la locomotion des brebis, allant de 0 à 6. Toutes les cases grisées sont nécessaires à l'attribution de la note (Kaler <i>et al.</i> , 2009).	63
Tableau 23. Description des notes 0 à 2 pour l'évaluation de l'indicateur "intégrité de la mamelle" selon le protocole EBBEL (Jolly, 2020).	68
Tableau 24. Description de la façon de noter l'indicateur « intégrité de la peau » selon le protocole EBBEL (Jolly, 2020).	72
Tableau 25. Évaluation de la propreté du pourtour anal des brebis selon le protocole EBBEL (Jolly, 2020).	75
Tableau 26. Description de l'échelle de notes, de 0 à 6, pour évaluer la propreté du pourtour anal (Larsen <i>et al.</i> , 1994)	76
Tableau 27. Évaluation de l'indicateur "couverture de laine", selon le protocole européen AWIN (2015).	79
Tableau 28. Méthode de notation de la propreté de l'animal selon le protocole EBBEL. Le dos, les membres et la mamelle sont notés séparément et sont appelés « zones » dans le tableau (Jolly, 2020).	81
Tableau 29. Recommandations de l'Institut de l'élevage sur la surface d'aire paillée conseillée en fonction du statut reproducteur des brebis (Sagot, 2020).	84

Tableau 30. Classement des 26 indicateurs du protocole EBBEL en trois catégories (indicateurs primordiaux, nécessaires ou utiles) par le groupe d'experts.	103
Tableau 31. Seuils utilisés pour qualifier chaque paramètre de la qualité du lait de tank inclus dans l'étude.	116
Tableau 32. Moyennes, moyennes géométriques, médianes et valeurs extrêmes, dans l'échantillon (n = 74), des paramètres quantitatifs de la qualité du lait retenus pour cette étude (comptage cellulaire de tank (CCT), taux de coliformes, taux de staphylocoques et taux de spores butyriques).	119
Tableau 33. Critères de décision du paramètre principal et des paramètres secondaires de la qualité du lait de tank.	120
Tableau 34. Nombre d'élevages dont le lait de tank respecte ou non les seuils de qualité du lait, fixés dans cette étude, parmi les groupes LOW (quartile inférieur) et HIGH (quartile supérieur).	121
Tableau 35. Quantification des effets du niveau global de bien-être des brebis (OR_{SCORE}), de l'effectif ($OR_{EFFECTIF}$) et de la saison (OR_{SAISON}) sur les paramètres de la qualité du lait de tank, ajustée sur les autres expositions (bien-être, saison ou effectif).	121

Liste des abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

ANI : *Animal Needs Index*

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

AOP : Appellation d'Origine Protégée

AWIN : *Animal Welfare Indicators*

BEA : Bien-Être Animal

CBT : Comptage Bactérien Total

CCI : Comptage Cellulaire Individuel

CCT : Comptage Cellulaire de Tank

CNIEL : Centre National Interprofessionnel de l'Économie Laitière

DGAL : Direction générale de l'alimentation

EBBEL : Évaluation du Bien-être des Brebis en Élevage Laitier

EFSA : *European Food Safety Authority* (autorité européenne de sécurité des aliments)

EHEC : *Escherichia coli* entérohémorragique

EnvA : École nationale vétérinaire d'Alfort

FAO : *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)

FAWC : *Farm Animal Welfare Council* (Grande-Bretagne, Conseil relatif au bien-être des animaux d'élevage)

FCO : Fièvre Catarrhale Ovine

GPA : *Generalised Procruste Analysis*

IDELE : Institut de l'élevage

INAO : Institut National de l'origine et de la qualité

NEC : Note d'État Corporel

PAV : Propreté de l'Arrière-train et du Ventre

QBA : *Qualitative Behaviour Assessment* (évaluation qualitative du comportement)

RSPCA : Société Royale pour la Prévention de la Cruauté envers les Animaux

SHU : syndrome hémolytique et urémique

STEC : *Escherichia coli* productrice de shigatoxine

TIAC : Toxi-Infection Alimentaire Collective

UFC : Unité Formant Colonie

UMO : Unité de Main d'œuvre

UV : ultraviolet

WOAH : *World Organisation of Animal Health* (organisation mondiale de la santé animale)

Introduction

Depuis environ 10 000 ans, les ovins sont élevés pour leur laine, leur viande et leur lait. En France, en 2020, sur les 7,3 millions d'ovins, 31 % étaient élevés pour leur lait, ce qui représentait 294 millions de litres (FAO, 2020 ; IDELE, 2021). Le lait de brebis est principalement utilisé pour fabriquer des fromages, comme le Roquefort, produit dans la région de même nom (IDELE, 2021). Le Roquefort est un fromage à pâte persillée qui bénéficie de l'Appellation d'Origine Protégée exigeant l'utilisation de lait cru de brebis (INAO, 2022). Pour des raisons de sécurité sanitaire mais aussi de goût, la qualité du lait utilisé pour ces fromages est très importante. Ainsi, en France la rémunération différentielle du lait à l'éleveur est basée sur sa qualité (Pirisi *et al.*, 2007).

Depuis plusieurs années déjà, l'exploitation des animaux soulève des interrogations sur le bien-être animal et de nos jours ce sujet est devenu une demande voire une exigence de l'opinion publique (Mormède *et al.*, 2018). C'est un sujet très étudié par les scientifiques, notamment en le couplant à la qualité de production des animaux. Ainsi, on sait par exemple que les mammites sont un problème majeur de bien-être chez les brebis laitières et qu'elles sont également à l'origine d'une diminution de la qualité du lait par l'augmentation des cellules somatiques présentes dans celui-ci et de bactéries comme *Staphylococcus spp* (Caroprese *et al.*, 2016 ; de Cremoux *et al.*, 2018 ; Alba *et al.*, 2019). Beaucoup d'études analysent le lien entre certains aspects du bien-être et la qualité du lait. En revanche, peu d'études s'intéressent au lien entre le niveau global de bien-être des animaux et la qualité du lait de tank. Deux études, réalisées chez les bovins laitiers, ont donné des résultats contradictoires. En effet, Ginestreti *et al.* (2020) ont montré que la qualité du lait de tank ne donne que peu d'informations sur le niveau global de bien-être et Fusi *et al.* (2018) ont montré que le nombre de cellules somatiques du lait, un des paramètres de la qualité du lait, peut être un moyen pour présélectionner les élevages où règne un problème de bien-être. Chez les brebis laitières, seule une étude, menée en Sardaigne, montre que les hauts niveaux de cellules du lait de tank sont retrouvés chez les élevages ayant un faible niveau de bien-être (Nicolussi *et al.*, 2009). Ainsi, très peu d'études s'intéressent à l'impact du niveau global de bien-être des brebis laitières sur la qualité du lait de tank. Cette thèse a donc pour objectif d'étudier la relation entre le niveau de bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort et la qualité du lait qu'elles produisent, l'hypothèse étant qu'un meilleur niveau de bien-être serait corrélé à une meilleure qualité de lait de tank.

Cette thèse s'inscrit dans un projet plus vaste d'évaluation du bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort, qui a débuté en 2019, avec un comité de pilotage. Celui-ci a mis en place un protocole d'évaluation du bien-être des brebis laitières du bassin du Roquefort, nommé EBBEL, qui a été testé dans 21 puis 81 élevages du Roquefort. Une base de données a ainsi pu être créée et des objectifs de bien-être animal ainsi que des seuils d'alerte et d'alarme ont pu être établis pour chaque indicateur inclus dans le protocole. Cette thèse se veut dans le prolongement de ce projet, en analysant les données collectées pour répondre à la question posée précédemment. Pour ce faire, les élevages ont été classés selon une note globale de bien-être à l'échelle du troupeau puis des analyses statistiques ont été entreprises. Ce travail se compose de trois parties : 1) révision de la littérature sur les thèmes du bien-être animal et de la qualité du lait ; 2) méthode pour mettre en place un score global de bien-être ; 3) explorer le lien entre bien-être animal qualité du lait de tank dans la région du Roquefort.

Première partie : révision de la littérature

1. Les principaux paramètres de la qualité du lait des brebis

Le lait de brebis est principalement destiné à la fabrication de fromages et des variations de qualité du lait affectent sa transformation (Martí-De Olives *et al.*, 2015). Un certain nombre de paramètres sont analysés dans le lait lorsqu'il est livré à la laiterie et les résultats des analyses conditionnent le paiement de l'éleveur. Ce système de paiement est particulièrement utilisé en Europe, et notamment en France, dans le bassin du Roquefort. Cela suppose une bonne logistique pour collecter les échantillons, une organisation interprofessionnelle pour garantir l'indépendance des analyses et que les laboratoires soient compétents dans la recherche des paramètres intégrés aux paiements (Pirisi *et al.*, 2007).

Dans cette partie nous discuterons les principaux paramètres de qualité du lait inclus dans les critères de paiement du lait dans le bassin du Roquefort.

A. Comptages cellulaires du lait

Le lait de brebis, comme le lait de vache, contient des cellules somatiques. Ces cellules sont principalement des leucocytes (macrophages, polynucléaires neutrophiles, lymphocytes) mais il peut également y avoir quelques cellules épithéliales (Albenzio *et al.*, 2019). Le comptage cellulaire permet de connaître la concentration du lait en cellules somatiques. On peut définir la concentration sur le lait d'un individu, c'est le comptage cellulaire individuel (CCI), ou sur le lait de tank, c'est le comptage cellulaire de tank (CCT).

De manière physiologique, le lait de brebis contient plus de cellules somatiques que le lait de vache (Leitner *et al.*, 2011). Si plusieurs paramètres, présentés dans les Tableau 1 et Tableau 2, sont à l'origine de variations dans les CCI et CCT (Gonzalo *et al.*, 1994 ; Paape *et al.*, 2001 ; Gonzalo *et al.*, 2002 ; Bergonier et Berthelot, 2003 ; Gonzalo *et al.*, 2005 ; Gonzalo *et al.*, 2009 ; Gonzalo *et al.*, 2010 ; de Garnica *et al.*, 2013a), l'infection intra-mammaire est celui qui provoque les variations les plus importantes dans les comptages cellulaires (Gonzalo *et al.*, 2002 ; Bergonier et Berthelot, 2003 ; Paape *et al.*, 2007 ; Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007). En effet, lors d'infections bactériennes de la mamelle, les macrophages sont les premiers à agir ; ils sécrètent des cytokines (IL-8 et TNF α) qui attire les polynucléaires neutrophiles qui arrivent sur le site de l'infection par diapédèse (Bergonier et Berthelot, 2003 ; Albenzio *et al.*, 2019). Ces derniers luttent contre les bactéries par phagocytose, comme les macrophages, mais également par une action toxique en relarguant des enzymes granulaires et de l'oxygène oxydatif (Albenzio *et al.*, 2019).

Tableau 1. Facteurs associés significativement à l'augmentation des Comptages Cellulaires Individuels (CCI) pour les brebis laitières.

Facteurs de variation du CCI	Explications	Sources
Infections intra-mammaires	L'inflammation est une cause de variation considérable des CCI mais le facteur qui a le plus de poids pour expliquer les variations des CCI est le micro-organisme à l'origine de l'infection. Ex : les Staphylocoques à coagulase négative entraînent des CCI significativement plus faibles que les Staphylocoques à coagulase positive ou les Streptocoques.	(González-Rodríguez <i>et al.</i> , 1995) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2002) (Bergonier et Berthelot, 2003) (Berthelot <i>et al.</i> , 2006) (Paape <i>et al.</i> , 2007) (Martí De Olives <i>et al.</i> , 2013) (Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Âge de la brebis	Les plus faibles valeurs de CCI ont été trouvées pour les plus jeunes brebis (< 18 mois).	(Arias <i>et al.</i> , 2012)
Tempérament des brebis	Les plus faibles CCI ont été trouvés pour les brebis calmes.	(Tóth <i>et al.</i> , 2017)
Race	Le seuil pour une mamelle saine chez les brebis de race Churra peut être de 200 000 cellules/mL contre 400 000 cellules/mL pour les races Castelana, Assaf et Lacaune.	(González-Rodríguez <i>et al.</i> , 1995) (Tvarožková <i>et al.</i> , 2018)
Troupeau	Les gestions différentes entre les troupeaux expliquent des variations mineures dans les CCI. Il semblerait que les systèmes extensifs aient des CCI plus faibles.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 1994) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2002) (Bergonier <i>et al.</i> , 2003) (Kern <i>et al.</i> , 2013)
Parité	Augmentation de 4 – 11 % entre la première et la quatrième lactation.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 1994) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2002) (Bergonier et Berthelot, 2003) (Arias <i>et al.</i> , 2012) (Takano <i>et al.</i> , 2018)
Stade de lactation	Le CCI est plus élevé juste après le part, en période colostrale, et en fin de lactation, comme le montre la Figure 2.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 1994) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2002) (Bergonier <i>et al.</i> , 2003) (Bergonier et Berthelot, 2003) (Albenzio <i>et al.</i> , 2019)
Type de production	L'allaitement est un des principaux facteurs, avec la traite, de réceptivité des mammites chez les ovins.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 1994) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2002) (Bergonier <i>et al.</i> , 2003) (Bergonier et Berthelot, 2003)
Variations journalières	Augmentation de 70 % du CCI une heure après la traite.	(Paape <i>et al.</i> , 2001)
Saison	Les valeurs de CCI les plus hautes étaient trouvées en hiver et les plus basses en été.	(Arias <i>et al.</i> , 2012)

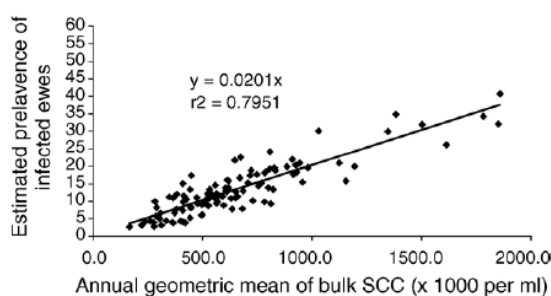
Tableau 2. Facteurs associés significativement à l'augmentation des Comptages Cellulaires de Tank (CCT) dans les élevages de brebis laitières.

Facteurs de variation du CCT	Explications	Sources
Troupeau et race	La gestion du cheptel et les pratiques d'hygiène diffèrent d'un élevage à l'autre, ce qui entraînerait en des prévalences d'infections intra-mammaires différentes. La taille du troupeau influencerait également le CCT.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2005) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2009) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2010) (Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2019)
Race	L'incidence des infections intra-mammaires est plus importante chez les hautes productrices.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2005) (Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011)
Âge au sevrage	CCT plus faibles si retrait de l'agneau avant 45 jours d'âge.	(Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Stade de lactation	CCT plus élevés en début de lactation.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2005) (Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Incidence de mammites cliniques	CCT plus faibles pour des incidences inférieures ou égales à 50 %.	(Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Antibiothérapie au tarissement	Instaurer une thérapie au tarissement réduit significativement le CCT. De plus, le CCT peut augmenter à nouveau lors de l'arrêt de la thérapie, s'il n'y a pas de guérison. Ainsi l'antibiothérapie au tarissement permet d'améliorer la qualité du lait de brebis infectées.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2005) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2009) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2010) (de Garnica <i>et al.</i> , 2013a) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2019)
Système de traite	La traite par machine entraîne un CCT plus faible que la traite à la main, cela semble dû à la meilleure hygiène dans les systèmes de traite à la machine. De même, une traite en salle est à l'origine d'un plus faible CCT qu'une traite à la machine portable. Cela pourrait être expliqué par le fait que les machines portatives, conçues pour les vaches, ne sont pas adaptées aux brebis.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2005) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2009) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2010) (Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011) (Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Post-trempage	CCT plus élevé lorsque qu'aucun post-trempage des trayons n'est réalisé.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2019)
Machine à traire	Le délai depuis la dernière révision de la machine est le facteur le plus important. On peut également citer l'âge de l'installation, le type d'installation (ligne haute vs ligne basse), la cadence et le taux de pulsation, la stabilité du niveau de vide ... La machine à traire est un élément important dans la réceptivité aux mammites : une surtraite, des paramètres de traite non adaptés entraînent des lésions des trayons (éversions, microhémorragies, congestions, érosions ...).	(Bergonier et Berthelot, 2003) (Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011) (Gonzalo <i>et al.</i> , 2019) (Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Zone d'attente avant la salle de traite	Les CCT sont plus élevés lorsqu'une zone d'attente est disponible avant la salle de traite.	(Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Mois	Les valeurs maximales de CCT ont été trouvées pour les mois de juillet, août et septembre. Ceci correspond au moment où la production laitière est la plus faible. Par ailleurs, les CCT sont plus faibles lorsque la saison des agnelages débute en octobre-novembre.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2010) (Alexopoulos <i>et al.</i> , 2011) (Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Taux de renouvellement	La prévalence des mammites cliniques et le taux d'excrétion de pathogènes dans le lait sont plus élevés chez les vieilles brebis. Ainsi, lors de faible taux de renouvellement du troupeau, le CCT est plus élevé.	(Gonzalo <i>et al.</i> , 2019)
Âge et éducation de l'éleveur	CCT plus faibles chez les éleveurs ayant fait des études supérieures. Les plus jeunes ont plus souvent accès à des formations et des techniques plus poussées ; ils ont donc de meilleures compétences et ont davantage tendance à utiliser des outils de gestion de la santé.	(Lianou <i>et al.</i> , 2021b)

Ainsi, même si d'autres facteurs peuvent occasionner des variations dans les comptages cellulaires, la source la plus importante de variations de ces comptages est l'infection bactérienne intramammaire (Gonzalo *et al.*, 2002 ; Bergonier et Berthelot, 2003 ; Paape *et al.*, 2007 ; Raynal-Ljutovac *et al.*, 2007).

D'ailleurs, plusieurs études montrent que le CCT peut être utilisé pour estimer la prévalence des mammites subcliniques dans le troupeau (Romeo *et al.*, 1998 ; Bergonier *et al.*, 2003 ; Berthelot *et al.*, 2006). En effet, certains auteurs mettent en évidence une relation linéaire entre la moyenne géométrique annuelle des CCT et la prévalence des mammites subcliniques dans l'élevage. Berthelot *et al.* (2006) estiment que pour une moyenne géométrique annuelle de 650 000 cellules/mL dans le lait de tank, la prévalence des mammites subcliniques du troupeau est de 15 %. La relation étant linéaire, une augmentation de 100 000 cellules/mL dans le lait de tank est associée à une augmentation de 2,5 % de la prévalence des mammites subcliniques dans le troupeau (Bergonier *et al.*, 2003 ; Berthelot *et al.*, 2006 ; de Cremoux *et al.*, 2018). La Figure 1, proposée par Berthelot *et al.* (2006), représente cette relation linéaire entre la moyenne géométrique annuelle des CCT et la prévalence estimée des infections intra-mammaires, une brebis étant considérée infectée si au moins deux CCI sont supérieures à 1,2 million cellules/mL.

Figure 1. Relation entre la moyenne géométrique annuelle du Comptage Cellulaire de Tank et l'estimation de la prévalence des infections intra-mammaires (Berthelot *et al.*, 2006).

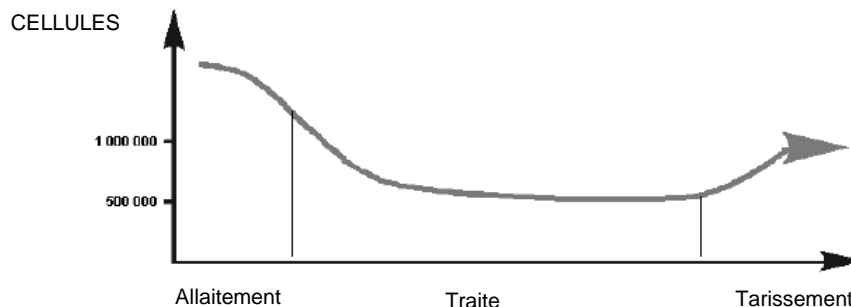


Les brebis étaient considérées comme infectées si au moins deux Comptages Cellulaires Individuels étaient supérieurs à 1,2 million cellules/mL

Le paramètre « cellules somatiques » est utilisé au quotidien dans le contrôle des mammites (González-Rodríguez *et al.*, 1995 ; Gonzalo *et al.*, 2005 ; Gonzalo *et al.*, 2009). Plusieurs auteurs se sont donc penchés sur la détermination de seuils pour différencier les mamelles saines des mamelles infectées. Dans une étude de Berthelot *et al.* (2006) menée sur 215 brebis du sud-ouest de la France, échantillonnées mensuellement, les auteurs ont trouvé une moyenne géométrique du CCI de 160 000 cellules/mL pour les brebis saines, de 645 000 cellules/mL pour les brebis avec une infection intra-mammaire ne touchant qu'un seul quartier et de 853 000 cellules/mL pour les brebis avec une infection intra-mammaire touchant les deux quartiers. De manière générale, dans la littérature, le CCI de brebis saines est compris entre 100 000 et 477 000 cellules/mL (Paape *et al.*, 2001 ; Bergonier et Berthelot, 2003 ; Berthelot *et al.*, 2006 ; Paape *et al.*, 2007). Certains auteurs proposent des seuils instantanés pour différencier les brebis saines des brebis infectées. Par exemple, Romeo *et al.* (1998) proposent un seuil instantané de 140 000 cellules/mL pour les brebis saines et de 340 000 cellules/mL pour les brebis infectées. L'efficacité de ces seuils, c'est-à-dire le pourcentage de bonnes décisions, est compris entre 79 % et 88 %. González-Rodríguez *et al.* (1995), quant à eux, ne proposent qu'un seul seuil instantané pour différencier les brebis infectées

des saines : 300 000 cellules/mL. L'efficacité de cette approche est de 81 % avec une sensibilité et une spécificité de 80 % et 82 % respectivement. Ils précisent cependant que ce seuil peut être adapté à la race de la brebis. Pengov (2001) a proposé un seuil de 250 000 cellules/mL pour caractériser les brebis saines. Cette technique permettait d'identifier correctement 80 % des échantillons. D'autres auteurs proposent un seuil à 300 000 cellules pour détecter les brebis saines (Kern *et al.*, 2013). Par ailleurs, Albenzio *et al.* (2011) rapportent une diminution de l'efficacité de la production mammaire pour des valeurs de CCI supérieures à 300 000 cellules/mL tandis que Paschino *et al.* (2019) décrivent une diminution de la production laitière et une augmentation des propriétés de coagulation du lait à partir de 545 000 cellules/mL. D'autres auteurs soulignent l'intérêt d'une approche dynamique (Bergonier *et al.*, 2003 ; Bergonier et Berthelot, 2003 ; Berthelot *et al.*, 2006). Elle a pour avantage de prendre en compte les variations non infectieuses des CCI (Figure 2). Par exemple, Bergonier et Berthelot (2003) proposent une approche en trois classes : infectée, douteuse, saine. Dans cette approche dynamique, les données de CCI sont relevées mensuellement lors de la lactation (entre 7 et 8 CCI/brebis/lactation). Si au moins l'ensemble des valeurs moins deux est inférieur à 500 000 cellules/mL, la brebis est considérée comme saine ; si deux CCI sont supérieurs à un million cellules/mL, la brebis est considérée comme infectée ; la brebis est considérée comme douteuse dans tous les autres cas. Cette méthode a une efficacité de 74,5 % avec une sensibilité et une spécificité supérieures à 80 %. Berthelot *et al.* (2006) proposent la même approche dynamique et obtiennent une sensibilité et une spécificité de 82 % et 75 % respectivement. Ils précisent que ces dernières peuvent être améliorées si on ne prend pas en compte la première CCI de la lactation.

Figure 2. Évolution physiologique du nombre de cellules somatiques du lait de brebis au cours d'une lactation (Poncelet, 2007).



Certains auteurs proposent des valeurs seuil à l'échelle du troupeau, donc applicables aux CCT. Ainsi Sevi *et al.* (1999a) proposent un seuil de 700 000 cellules/mL dans le lait de tank pour assurer une faible charge microbienne. Ce seuil est cohérent avec les résultats de Lianou *et al.* (2021b). Leitner *et al.* (2016), quant à eux, proposent des seuils à plusieurs classes et qui prennent également en compte la prévalence d'infections intra-mammaires au sein du troupeau. Ainsi, un lait de tank de haute qualité a moins de 800 000 cellules/mL et la prévalence d'infections intra-mammaires est inférieure à 25 % ; un lait de qualité moyenne a un CCT compris entre 800 000 et 1,5 million cellules/mL avec un taux d'infections intra-mammaires compris entre 25 et 50 % ; un lait de qualité médiocre a un CCT compris entre 1,5 et 2,5 millions de cellules/mL avec un taux d'infections intra-mammaires supérieur à 50 % ; enfin un lait de tank contenant plus de 2,5 millions de cellules/mL est considéré comme impropre à la consommation humaine.

Au-delà du simple comptage cellulaire, ce qui peut être intéressant à exploiter dans la détermination du statut de la mamelle, c'est la composition en cellules somatiques (Sevi *et al.*,

1999a ; Albenzio *et al.*, 2012 ; Albenzio *et al.*, 2019). En effet, lors d'infections bactériennes intramammaires, le taux de polynucléaires neutrophiles augmente, passant d'un taux basal (entre 2 et 28 % de la population des cellules somatiques) à 90 % des cellules somatiques du lait (Albenzio *et al.*, 2019). Albenzio *et al.* (2012) décrivent bien les variations de composition des leucocytes du lait selon le comptage cellulaire. Ainsi, à moins de 300 000 cellules/mL, ce sont les lymphocytes qui sont prédominants dans le lait. Entre 300 000 et 500 000 cellules/mL, il y a autant de lymphocytes que de polynucléaires neutrophiles. Enfin, à plus de 500 000 cellules/mL, ce sont les polynucléaires neutrophiles qui prédominent. En conclusion, les polynucléaires neutrophiles (ainsi que les macrophages) augmentent avec les comptages cellulaires tandis que les lymphocytes diminuent proportionnellement. Cependant, certains auteurs montrent que le leucocyte majoritaire du lait d'une brebis saine est le macrophage (Paape *et al.*, 2001 ; Bergonier *et al.*, 2003). Ainsi, Bergonier *et al.* (2003) établissent le profil des cellules somatiques du lait sain comme suit :

- macrophages : 45 – 85 % ;
- lymphocytes : 10 – 17 % ;
- polynucléaires neutrophiles : 10 – 35 % ;
- cellules épithéliales : 2 – 3 %.

Ces auteurs s'accordent tout de même sur le fait que lorsque les comptages cellulaires augmentent, ce sont les polynucléaires neutrophiles qui augmentent. Le type de pathogène influence également la composition en leucocytes : par exemple *Staphylococcus epidermidis* induit un pourcentage de polynucléaires neutrophiles supérieur à 60 % tandis que *E.coli* ou *Pseudomonas aeruginosa* induisent un pourcentage supérieur à 50 % (Albenzio *et al.*, 2012).

Il est également intéressant de noter que la production laitière est négativement corrélée avec le CCI : lorsque le CCI augmente, la production laitière diminue. En comparaison avec des brebis saines, la perte de lait est de 10,1 % et 8,8 % pour les infections bilatérales et unilatérales respectivement (Gonzalo *et al.*, 2002). Albenzio *et al.* (2011) montrent que la diminution de la production laitière est significative à partir de 500 000 cellules/mL et que cette production laitière est maximale sous les 300 000 cellules/mL.

D'un point de vue réglementaire, la législation européenne définit clairement le taux maximal de cellules somatiques dans le lait de vache (400 000 cellules/mL) mais elle ne définit pas ce taux chez les ovins ni chez les caprins (Parlement et Conseil Européens, 2004). Au niveau national, il n'y a pas non plus de réglementation relative aux cellules somatiques dans le lait de brebis ou de chèvre (DGAL, 2014).

Poncelet (2007) propose un plan de lutte contre les mammites et les cellules en 11 points, basé sur les réformes (des brebis ayant de graves lésions mammaires chroniques, des CCI élevés et des lésions mammaires), sur un ordre de traite, sur la bonne gestion des brebis infectées (traitement ou tarissement ou réforme), le contrôle des guérisons, sur l'hygiène générale, sur la machine à traire, sur la pulvérisation des trayons après la traite, sur le renforcement du système immunitaire et enfin sur un tarissement médical systématique en fin de traite.

Le CCI et le CCT sont des éléments importants pour la maîtrise des mammites dans le troupeau. En effet, si certaines pratiques d'élevage, certaines caractéristiques de la machine de traite ou certaines variations physiologiques expliquent de petites variations de CCI, la principale cause de variation de CCI, comme CCT, est l'infection intra-mammaire. D'ailleurs, la prévalence des mammites subcliniques peut être estimée grâce à la valeur des CCT. Si la réglementation européenne n'impose pas de limite au CCT du lait de brebis, plusieurs auteurs proposent un seuil de 700 000 cellules/mL pour le lait de tank comme garantie d'une bonne qualité microbiologique de ce lait. Ce seuil correspond à environ 15 % du troupeau infecté.

B. Les bactéries dans le lait

Certaines bactéries qu'on peut retrouver dans le lait sont nocives pour la santé humaine. La consommation de lait, s'il contient ces bactéries ou leurs toxines, peut être à l'origine de Toxi-Infections Alimentaires Collectives (TIAC) (Cerf, 2002). Or, le lait des brebis dans le bassin du Roquefort est utilisé cru pour faire le fromage du même nom (INAO, 2022). C'est donc pour une question de sécurité sanitaire des aliments que certaines bactéries sont recherchées dans le lait car les produits laitiers et le lait sont à l'origine de 4 à 7 % des épidémies infectieuses causées par les aliments (Cerf, 2002 ; Anses, 2022). On pense par exemple aux staphylocoques, aux salmonelles ou à *Listeria spp.* De plus, certaines bactéries sont des marqueurs de contamination fécale et sont donc intéressantes à rechercher comme indicateur de condition d'hygiène ; par exemple les coliformes. Enfin, certaines bactéries sont recherchées car elles altèrent le produit fini, le fromage : c'est la flore d'altération. On peut citer, par exemple, les spores butyriques.

a. Staphylocoques

Les staphylocoques sont des bactéries Gram positif, aéro-anaérobies facultatives appartenant à la famille des *Staphylococcaceae*. Il existe plus de 50 espèces de staphylocoques et plus de 25 sous-espèces (Boulouis, 2018). On retrouve deux grands types de staphylocoques : les staphylocoques à coagulase positive et les staphylocoques à coagulase négative. Les premiers sont pathogènes et sont responsables de mammites cliniques aiguës et subaiguës (par exemple, *Staphylococcus aureus* est responsable de mammites gangréneuses), de dermatose du pis et sont à l'origine d'une contamination du lait de brebis, par excrétion mammaire, menant à des pénalités sur le prix du lait (Poncelet, 2007 ; Afssa, 2008). Au contraire, les staphylocoques à coagulase négative sont des pathogènes mineurs à l'origine de mammites subcliniques et d'une augmentation des comptages cellulaires, à l'origine de pénalités sur le prix du lait (Poncelet, 2007). Si les mammites cliniques et subcliniques des ovins connaissent plusieurs étiologies, les staphylocoques sont prédominants : en France, 61 % des mammites cliniques sont dues à *S. aureus* et 78 % des mammites subcliniques à des staphylocoques à coagulase négative (Bergonier *et al.*, 2003 ; Poncelet, 2007). D'ailleurs, *S. aureus* est le staphylocoque, et de manière plus générale, le pathogène le plus fréquemment isolés dans le lait de tank (Linage *et al.*, 2012 ; Gonzales-Barron *et al.*, 2017).

Par ailleurs, certains staphylocoques, s'ils dépassent la concentration de 10^5 UFC/g, produisent des toxines qui provoquent des intoxications alimentaires si elles sont consommées par l'Homme (Chaubeau-Duffour, 1992 ; Cerf, 2002 ; Boulouis, 2018). Ces intoxications se traduisent par des vomissements et de la diarrhée survenant deux à trois heures après l'ingestion (Chaubeau-Duffour, 1992 ; Cerf, 2002). *S. aureus* est un agent fréquent de Toxi-infection Alimentaire Collective

(TIAC). Pour donner des exemples chiffrés, en France, en 2020, 45 % des foyers de TIAC dont l'agent causal était suspecté ou confirmé, étaient dus à *S. aureus*. Cela place ce pathogène en deuxième position, derrière les salmonelles, pour le nombre de foyers de TIAC identifiés en 2020. On peut également ajouter que 11 % des décès suite aux TIAC impliquaient *S. aureus* cette année-là (Santé Publique France, 2021). Cependant, les produits laitiers et le lait ne représentent que 5 % des TIAC à *S. aureus* (Santé Publique France, 2021).

La contamination du lait cru par les staphylocoques se fait *via* la mamelle ou *via* l'environnement (Cerf, 2002). En effet, les staphylocoques sont retrouvés sur la peau ou dans les cavités naturelles des animaux ou de l'Homme (Boulouis, 2018). Ainsi, la contamination du lait de brebis passe par une mauvaise hygiène à la traite, notamment l'hygiène des mains des trayeurs, et par des brebis infectées. Pour réduire le risque de contamination du lait de brebis par les staphylocoques, il est donc recommandé de surveiller régulièrement le matériel de traite, les mamelles et trayons des brebis, le lait et de maintenir de bonnes pratiques d'hygiène, comprenant notamment le détournement du lait des brebis malades et un nettoyage rigoureux des mains lors de la traite (Afssa, 2008 ; Gonzales-Barron *et al.*, 2017 ; Lianou *et al.*, 2021b).

En Espagne, de Garnica *et al.* (2013b) se sont intéressés à la prévalence de *S. aureus* dans les laits de tank de troupeau de brebis laitières ainsi que ses facteurs de variation. Ils ont montré que 26,5 % des laits de tank étaient positifs pour *S. aureus*. La prévalence de *S. aureus* varie significativement avec la période de l'année, elle est plus importante en hiver et au printemps, lorsque les brebis sont en début de lactation ; l'instauration d'une antibiothérapie au tarissement diminue la prévalence de *S. aureus* ; et avec le type de traite, les exploitations avec traite à la main ont une prévalence plus forte. A l'échelle mondiale, Gonzales-Barron *et al.* (2017) ont calculé, dans une méta-analyse, une incidence de *S. aureus* dans le lait de tank de brebis de 39,39 %. En Suisse, une étude sur la qualité microbiologique de 123 échantillons de lait de tank de brebis a révélé une incidence de 14,6 % de *S. aureus* (Friker *et al.*, 2020).

On comprend donc que la présence de ces bactéries participe à dégrader la qualité microbiologique ainsi que la sécurité sanitaire du lait de brebis. C'est pourquoi elles font l'objet d'une recherche dans le lait de brebis et dans les produits dérivés. Selon le règlement CE 2073/2005 de l'Union Européenne, les staphylocoques à coagulase positive sont à rechercher dans le fromage au lait cru. Le texte stipule que cinq échantillons doivent être analysés. Pour une qualité microbiologique satisfaisante, tous les échantillons doivent contenir moins de 10^4 UFC/g. Il est toutefois toléré que deux échantillons présentent entre 10^4 et 10^5 UFC/g (Commission Européenne, 2005). En France, dans le bassin du Roquefort, la Confédération Nationale de Roquefort a décidé que le lait de chaque producteur sera analysé à la recherche de staphylocoques à coagulase positive trois fois dans les deux premiers mois de traite. Le seuil fixé avant mise en place d'un plan d'hygiène de correction est de 500 UFC/g (Poncelet, 2007).

Les staphylocoques sont des bactéries pathogènes qui provoquent chez la brebis des mammites cliniques si *S. aureus* ou des mammites subcliniques si staphylocoques à coagulase négative. La contamination du lait de tank se fait par une excrétion mammaire mais également par une mauvaise hygiène, les staphylocoques pouvant également être retrouvés sur la peau des animaux ou des Hommes. Certains staphylocoques, dont *S. aureus*, s'ils sont suffisamment concentrés, produisent des toxines à l'origine d'intoxications alimentaires graves chez l'Homme (gastro-entérite). La réglementation européenne impose que tous les échantillons de fromages au lait cru testés contiennent moins de 10⁴ UFC/g.

b. Coliformes

Le dictionnaire Larousse définit les coliformes comme suit : « *bacille ayant la forme et les affinités tinctoriales du colibacille, et ne pouvant en être différencié que par des cultures sur milieux spéciaux* » (Larousse, 2021a). Dans ce chapitre nous nous intéressons au genre *Escherichia* et plus particulièrement à *Escherichia coli* car c'est la souche la plus retrouvée en pathologie animale et humaine et c'est le composant majeur de la flore bactérienne du tube digestif (Boulouis, 2018).

Les *Escherichia spp* sont des bactéries de la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs qu'on trouve dans le tube digestif des animaux à sang chaud. D'ailleurs, *E. coli* représente 80 % de la flore fécale aérobie du tube digestif des mammifères. Il existe plusieurs souches différentes d'*E. coli*. Si la plupart sont bénignes, certaines sont pathogènes, notamment les *E. coli* Entéro-Hémorragiques (EHEC) qui sont responsables du Syndrome Hémolytique et Urémique (SHU) et de colites hémorragiques (Cerf, 2002 ; Boulouis, 2018). Plus précisément, ce sont les *E. coli* productrices de shigatoxine (STEC) qui provoquent ce SHU. Cependant si tous les EHEC sont des STEC, tous les STEC ne sont pas des EHEC. Ces EHEC constituent un problème de santé publique, non pas par leur fréquence mais par la gravité des symptômes qu'ils provoquent. En effet, le SHU comporte l'apparition brutale d'une anémie hémolytique, d'une thrombocytopenie et d'une insuffisance rénale aiguë. D'ailleurs, le SHU est la première cause d'insuffisance rénale aiguë chez l'enfant de moins de trois ans. Plus de 33 % des malades ont des séquelles rénales et le SHU provoque 3 – 5% de décès (Cerf, 2002 ; Loukiadis *et al.*, 2012 ; de Valk *et al.*, 2012). Les STEC sont principalement transmis par les aliments contaminés, notamment la viande (surtout de bœuf), le lait cru, les produits au lait cru et les produits frais (graines, légumes...) (Loukiadis *et al.*, 2012 ; de Valk *et al.*, 2012).

Si la présence des STEC dans le lait est un problème de santé publique et doit être évitée pour prévenir les intoxications, en réalité leur présence dans les laits crus est faible et comparable d'une année sur l'autre (Loukiadis *et al.*, 2012). Une méta-analyse réalisée sur des laits de tank de quatre études, révèle une incidence de STEC dans le lait cru de brebis de 4,83 % (Gonzales-Barron *et al.*, 2017). Plus généralement, en Espagne, de Garnica *et al.* (2013b) se sont intéressés à la prévalence de *E. coli* dans les laits de tank de troupeaux de brebis laitières ainsi qu'aux facteurs de variation et ses relations avec le CCT et le comptage bactérien total (CBT). L'étude a montré que 17,4 % des 752 tanks échantillonnés étaient positifs pour *E. coli*. De plus, la prévalence d'*E. coli* variait significativement selon la période de l'année : elle était plus importante en automne et en hiver, quand les animaux étaient en bergerie et que le temps était humide. Par ailleurs, la présence d'*E. coli* était associée aux CCT et au CBT : le CCT et le CBT étaient plus importants lorsque *E. coli* était présent dans le lait de tank (de Garnica *et al.*, 2013a). L'association entre le CBT et la

prévalence d'*E. coli* s'expliquait par le fait que cette bactérie est un indicateur d'hygiène et de contamination fécale, d'autres bactéries d'origine fécale peuvent donc également être retrouvées concomitamment. En Suisse, une étude sur la qualité microbiologique de 123 échantillons de lait de tank de brebis a révélé une incidence de 13,0 % de *E. coli* (Friker *et al.*, 2020).

Ainsi, les coliformes sont plutôt utilisés comme indicateurs d'hygiène et sont classés par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) dans les critères d'hygiène des procédés (Cerf, 2002 ; Afssa, 2008 ; Metz *et al.*, 2020). Effectivement, la contamination du lait de tank de brebis par les coliformes passe par les souillures fécales de la mamelle et l'équipement de traite (Gonzales-Barron *et al.*, 2017 ; Metz *et al.*, 2020). La contamination se fait par l'environnement et non par les mammites (de Garnica *et al.*, 2013a ; Metz *et al.*, 2020). En effet, contrairement aux vaches, les mammites des brebis ne sont que très rarement causées par des coliformes (de Garnica *et al.*, 2013a). On comprend donc qu'une hygiène rigoureuse est requise pour éviter la contamination du lait cru par les coliformes. Celle-ci suppose le nettoyage soigneux des mamelles pour réduire les matières fécales, même si cela ne supprime pas totalement le risque de contamination (Gonzales-Barron *et al.*, 2017). Par ailleurs, la pasteurisation du lait réduit significativement la présence des coliformes (Salmerón *et al.*, 2002 ; Gonzales-Barron *et al.*, 2017), mais l'AOP Roquefort exige l'utilisation de lait de brebis cru (INAO, 2022). Il n'est donc pas possible d'utiliser ce moyen pour réduire la présence des coliformes dans le lait de brebis dans le bassin du Roquefort. Une attention toute particulière à l'hygiène est donc encore plus importante dans ce bassin. Enfin, les coliformes font partie de la flore d'altération, c'est-à-dire qu'ils diminuent les qualités organoleptiques des produits laitiers et diminuent leur durée de conservation.

Selon la réglementation européenne, *E. coli* doit être recherché dans les beurres et crèmes au lait cru. Le texte stipule que cinq échantillons doivent être analysés. Pour une qualité microbiologique satisfaisante, tous les échantillons doivent contenir moins de 10 UFC/g. Il est toutefois toléré que deux échantillons présentent entre 10 et 100 UFC/g (Commission Européenne, 2005). En France, l'arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine stipule que le lait cru de tank, peu importe l'espèce de provenance, ne doit pas contenir plus de 10^2 coliformes fécaux par mL au moment de la production et pas plus de 10^3 coliformes fécaux par mL à la date de péremption (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 1985).

Les coliformes sont des indicateurs d'hygiène. Ils contaminent le lait de tank via les fèces, si les conditions d'hygiène ne sont pas correctes, notamment au moment de la traite. Certaines souches d'*E. coli* sont fortement pathogènes et provoquent un Syndrome Hémolytique et Urémique qui peut être mortel, surtout chez l'enfant. La réglementation française impose un taux maximal de coliformes dans le lait de tank de 10^2 /mL.

c. *Listeria spp* et *Listeria monocytogenes*

Le genre *Listeria* comprend des bacilles Gram positif. On en recense 19 espèces, l'espèce type étant *Listeria monocytogenes*. On retrouve ces bactéries dans l'environnement, dans les fèces des animaux ou de l'Homme et dans le lait. Ce genre résiste à plusieurs agents physico-chimiques, est capable de se multiplier à des températures très basses (à partir de 3°C) et tolère jusqu'à 10 % de NaCl, ce qui en fait une bactérie assez difficile à éliminer (Boulouis, 2018). Cependant, l'acidification, processus utilisé lors de la fabrication du fromage, inactive partiellement *L. monocytogenes* et ralentit sa croissance (Cerf, 2002).

La listériose humaine est une zoonose alimentaire, c'est-à-dire qu'elle se transmet par la consommation d'aliments contaminés par *Listeria spp*. Le lait cru et les produits au lait cru sont des aliments à risque de transmission de *Listeria spp*, *Listeria monocytogenes* étant l'espèce la plus redoutée (Cerf, 2002 ; Bergonier et Berthelot, 2003). La listériose provoque des formes neurologiques, génitales (avortements) ou septicémiques, notamment chez les nouveau-nés, les femmes enceintes, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées (Cerf, 2002 ; de Valk *et al.*, 2012 ; Boulouis, 2018). Elle provoque un fort taux d'hospitalisation et de létalité (jusqu'à 30 %) ; la listériose est la zoonose qui a provoqué la plus forte proportion de décès en Europe en 2017 (Cerf, 2002 ; de Valk *et al.*, 2012 ; EFSA, 2018).

Ainsi, c'est la morbidité et la létalité élevées de la listériose qui en font un problème majeur de santé publique, plus que sa fréquence. En effet, la listériose est assez rare. En 2017, on dénombre seulement 370 cas en France, l'origine alimentaire n'étant pas certaine, et la prévalence de *Listeria spp* dans les fromages, en Europe, est inférieure à 3 % (EFSA, 2018). Sur les 14 épidémies de listériose survenues en France entre 2012 et 2018, quatre ont été provoquées par l'ingestion de fromages au lait cru de brebis. Cependant, ces fromages n'étaient pas à pâte persillée (donc pas de type Roquefort) (Anses, 2022). En ce qui concerne le lait cru de brebis, en Espagne, la prévalence de *Listeria spp* dans le lait de tank de brebis était de 9,2 % tandis que celle de *L. monocytogenes* était de 2,2 % (Rodriguez *et al.*, 1994). Plus récemment, au Caire, *Listeria spp* avait une prévalence dans le lait de tank de brebis de 3,9 % et *L. monocytogenes* de 0,975 % (Osman *et al.*, 2014). Enfin, des données récentes et provenant d'une méta-analyse, réalisée à partir de quatre articles portant sur des laits de tank dans le monde, révèle une incidence de *L. monocytogenes* dans le lait cru de brebis de 3,56 % (Gonzales-Barron *et al.*, 2017). On comprend donc que *Listeria spp* et *L. monocytogenes* sont recherchées dans le lait, non pas pour leur fréquence, mais pour la gravité des affections provoquées.

De plus, *L. monocytogenes* est une bactérie de l'environnement qui peut contaminer le lait au moment de la traite si les conditions d'hygiène ne sont pas suffisantes. La contamination du lait par *L. monocytogenes* se fait par l'environnement plus que par les mammites (Garcia *et al.*, 1996 ; Cerf, 2002 ; Kousta *et al.*, 2010). En effet, les mammites à *L. monocytogenes* sont rares. Elles peuvent cependant se produire et l'animal excréteur devient une source de contamination à long terme car *L. monocytogenes* provoque des mammites subcliniques (Tzora *et al.*, 1998 ; Gonzales-Barron *et al.*, 2017). Dans leur étude d'un cas sporadique de listériose ovine en Autriche, Schoder *et al.* (2003) ont mis en évidence une excrétion de $4,56 \times 10^4$ UFC/mL dans le lait de la brebis infectée pour une contamination du lait de tank à hauteur de $2,9 \times 10^3$ UFC/mL. Une fois le lait de la brebis retiré, le lait de tank ne contenait plus de *L. monocytogenes*. Les auteurs précisent cependant que la description de leur cas n'est pas une généralité. On retiendra donc que la contamination fécale lors de la traite est la principale voie de contamination du lait cru par *Listeria spp* (Garcia *et al.*, 1996 ; Cerf, 2002 ; Schoder *et al.*, 2011). De plus, la contamination de l'environnement peut

passer par des fourrages mal fermentés (Cerf, 2002 ; Gonzales-Barron *et al.*, 2017). Ainsi, Schoder *et al.* (2011) ont montré une plus forte prévalence dans l'environnement et dans les fèces de *Listeria spp* et *L. monocytogenes* dans les élevages où de l'ensilage était donné tout au long de l'année comparativement à ceux qui n'en donnaient pas ou qui n'en donnaient que l'hiver.

Il n'y a pas de réglementation spécifique pour *Listeria spp* et *L. monocytogenes* dans le lait et les produits laitiers. Cependant, le règlement européen 2073/2005 prévoit que « les denrées alimentaires prêtes à être consommées permettant le développement de *L. monocytogenes*, autres que celles destinées aux nourrissons ou à des fins médicales spéciales » ne contiennent pas plus de 100 UFC/g de *L. monocytogenes* (Commission Européenne, 2005). Par ailleurs, l'Afssa classe *L. monocytogenes* dans les critères de sécurité et recommande un taux maximal de 100 UFC/mL au moment de la mise sur le marché et jusqu'à la date de péremption (Afssa, 2008).

Listeria spp sont rarement à l'origine d'intoxication mais les effets de ces bactéries sont graves. L'espèce la plus redoutée est *L. monocytogenes*. Elle provoque des septicémies, des avortements ou des troubles neurologiques et peut être mortelle. Les nouveau-nés, femmes enceintes, personnes âgées et personnes immunodéprimées sont les plus à risque. La contamination du lait de tank par *Listeria spp* se fait au moment de la traite, si l'hygiène n'est pas suffisante ; la contamination est environnementale, *Listeria spp* étant des germes de l'environnement. Il n'y a pas de réglementation spécifique pour les produits laitiers concernant *Listeria spp* ou *L. monocytogenes* mais l'Afssa recommande un taux maximal de 100 UFC/mL dans le lait cru de tank au moment de la mise sur le marché.

d. Salmonelles

Les salmonelles sont un genre de bactéries qui appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bactéries Gram négatif, aéro-anaérobies facultatives. Le genre *Salmonella* contient deux espèces, *Salmonella bongori* (peu répandue) et *Salmonella enterica*, qui est subdivisée en sept sous-espèces. Chaque sous-espèce comporte plusieurs sérotypes. Par exemple, la sous-espèce *S. enterica* subsp. *enterica* contient environ 2 500 sérotypes parmi lesquels on retrouve des agents pathogènes majeurs pour l'Homme et les animaux. On retrouve ces bactéries dans le tube digestif des vertébrés, qu'ils soient à sang chaud ou froid (Brisabois *et al.*, 1997 ; Cerf, 2002 ; Boulouis, 2018).

Les salmonelles provoquent chez l'Homme des gastro-entérites se traduisant par de la diarrhée et des vomissements avec parfois une fièvre et des douleurs abdominales (Brisabois *et al.*, 1997 ; Cerf, 2002). Les personnes les plus à risques sont les enfants, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées (Brisabois *et al.*, 1997). Les modes de transmission de la salmonellose sont variés : l'ingestion d'un aliment contaminé 12 à 24 auparavant en est un exemple, (Brisabois *et al.*, 1997 ; Bergonier et Berthelot, 2003). D'ailleurs, la salmonellose est la première cause de TIAC en France, les salmonelles les plus rencontrées étant *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. infantis* et *S. newport* (Delmas *et al.*, 2010 ; Guilbot *et al.*, 2012 ; EFSA, 2018 ; Santé Publique France, 2021). Une étude de l'Anses sur les données des TIAC de 2004 à 2017, montre que les TIAC à aliment confirmé (qui ne représentaient que 24 % des TIAC

sur cette période) et qui impliquaient des produits laitiers issus des ovins, étaient des TIAC à salmonelles, causées par des fromages à pâte persillée (type Roquefort) (Anses, 2022). Plus récemment, en France, en 2020, 120 foyers confirmés de TIAC à salmonelles ont éclaté, provoquant 519 cas humains (Santé Publique France, 2021). Même si la plupart des TIAC à salmonelles ont pour origine des œufs ou des préparations à base d'œufs peu cuits, les produits laitiers et le lait peuvent provoquer de rares cas de TIAC à salmonelles (entre 1 % et 3 % des TIAC selon les années) (Delmas *et al.*, 2010 ; Guilbot *et al.*, 2012 ; EFSA, 2018). En effet, les salmonelles peuvent se développer dans le lait cru (Cerf, 2002). Il faut souligner que 80 % des cas humains de salmonelloses sont sporadiques, les flambées épidémiques étant minoritaires (Guilbot *et al.*, 2012).

La contamination du lait cru par les salmonelles passe principalement par l'environnement, via les fèces (Kousta *et al.*, 2010). En effet, c'est l'excrétion dans les fèces de salmonelles par des animaux porteurs sains ou atteints cliniquement qui représente la principale source de contamination du lait, pendant la traite (IDELE, 2011). Les autres voies possibles de contamination du lait cru par les salmonelles sont l'excrétion mammaire et la contamination du matériel ou des personnes en contact avec le lait (phénomène rare) (IDELE, 2011).

Pour éviter la contamination du lait par les salmonelles, il faut donc un bon niveau d'hygiène à l'échelle de l'élevage (Brisabois *et al.*, 1997 ; Afssa, 2008). De plus, détourner le lait des animaux cliniquement malades permet d'éviter une contamination du lait cru par excrétion mammaire (Afssa, 2008). Par ailleurs, les fromages à pâte persillée produisent des substances qui inhibent la croissance de certaines souches de salmonelles (Brisabois *et al.*, 1997).

En ce qui concerne la prévalence, en Espagne, en 1987, Gaya *et al.* (1987) n'ont détecté aucune salmonelle dans leur analyse de 39 échantillons de lait de tank de brebis. Plus récemment, en Suisse, une étude sur la qualité microbiologique de 123 échantillons de lait de tank de brebis n'a isolé aucune salmonelle dans aucuns des échantillons (Friker *et al.*, 2020). Par ailleurs, une méta-analyse, réalisée sur des laits de tank dans le monde, à partir de quatre études, révèle une incidence de salmonelles dans le lait cru de brebis de 1,37 % (Gonzales-Barron *et al.*, 2017).

Réglementairement, en France, l'arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine stipule que le lait cru de tank, peu importe l'espèce de provenance, ne doit contenir aucune salmonelle dans 1 000 mL au moment de la production et jusqu'à la date de péremption. L'Afssa est plus stricte en recommandant une absence de salmonelle dans 25 mL de lait cru de brebis, dès sa mise sur le marché et jusqu'à sa date de péremption et classe les salmonelles dans les critères de sécurité (Afssa, 2008).

Les salmonelles sont des bactéries parfois pathogènes qu'il est possible de retrouver dans le lait, par contamination fécale. Elles peuvent provoquer une gastro-entérite et sont la première cause de TIAC en France. Les personnes les plus à risque sont les personnes âgées ou immunodéprimées ou les enfants. Réglementairement, en France, le lait de tank ne doit contenir aucune salmonelle dans 1 000 mL.

e. Spores butyriques

Les spores butyriques sont des germes d'altération et sont principalement représentées par des bactéries du genre *Clostridium* (Doyle *et al.*, 2015). Les principales espèces produisant des spores butyriques sont *C. butyricum*, *C. tyrobutyricum* et *C. beijerinckii* (Brown, 2000 ; Doyle *et al.*, 2015). Si la plupart des souches de *Clostridium* ne sont que des germes d'altération, certaines souches de *C. butyricum* produisent la toxine botulique et représentent donc un risque pour la santé des consommateurs (Doyle *et al.*, 2015).

Les spores butyriques sont à l'origine d'altération des produits car elles sont capables de fermenter l'acide lactique en butyrate, acétate et hydrogène (gaz). Cela constitue un problème pour le lait de brebis car il est souvent utilisé pour faire du fromage et ces altérations dévalorisent le produit fini (Brown, 2000 ; Doyle *et al.*, 2015).

Lorsque les conditions environnementales ne sont pas optimales (variations de températures, pression osmotique trop importante, nutriments en quantité non suffisantes ...), les bactéries capables de former des spores sporulent pour résister à ces variations (Russell, 1990 ; Doyle *et al.*, 2015). En effet, les spores sont des formes de survie et sont très résistantes à la dessiccation, à la chaleur (humide comme sèche), aux variations de pH, à la plupart des produits chimiques (exemple : chlorhexidine), aux UV, aux radiations gamma, à la congélation et décongélation et aux fortes pressions (Blocher et Busta, 1983 ; Gombas, 1983 ; Russell, 1990 ; Setlow, 2016 ; Doyle *et al.*, 2015). Une fois les conditions environnementales redevenues optimales, les spores germent pour redonner la bactérie (Russell, 1990).

Il existe plusieurs facteurs de risque de contamination du lait de tank par les spores butyriques : la poussière dans la salle de traite et l'alimentation (Arias *et al.*, 2013 ; Doyle *et al.*, 2015). En effet, les ensilages de mauvaise qualité sont à l'origine de contamination du tractus gastro-intestinal des ruminants et de leurs fèces, puis du fumier. Ceci facilite la contamination de la mamelle et des trayons par les fèces et donc la contamination du lait (Doyle *et al.*, 2015). Le problème de ces ensilages de mauvaise qualité est que l'acidification ne se fait pas correctement : lorsque de l'air entre dans l'ensilage de mauvaise qualité ou mal conservé, une détérioration aérobie s'enclenche, créant des niches anaérobies dans lesquelles se développent les *Clostridium* (Vissers *et al.*, 2007b ; Doyle *et al.*, 2015). Les ensilages d'herbe et de luzerne sont les plus susceptibles de contenir des spores butyriques (Doyle *et al.*, 2015). Par ailleurs, les ensilages d'herbe ayant été fertilisés avec du fumier contiennent souvent plus de spores butyriques que ceux ayant été fertilisés avec de l'engrais chimique (te Giffel *et al.*, 2002). En Espagne, Arias *et al.* (2013) ont montré que le risque de contamination à plus de 1 000 spores/L du lait de tank dans les troupeaux de brebis de race Manchega est multiplié par 2,5 quand les troupeaux sont alimentés par des rations complètes mixtes faites dans l'exploitation par rapport à ceux recevant une alimentation commerciale. De même, ils montrent que ce risque de contamination est quatre fois plus élevé dans les troupeaux qui reçoivent des drèches humides. De plus, dans une étude en Sardaigne sur des brebis de race Sarda, Pirisi *et al.* (2001) ont mis en évidence un taux de spores butyriques dans le lait significativement plus élevé chez les brebis nourries en bergerie avec une ration complète mixte par rapport à celles nourries en pâture. Ainsi, la contamination des fourrages, notamment les ensilages mixtes, est associée à la contamination du lait de tank par les spores butyriques (Vissers *et al.*, 2007a).

Par ailleurs, Arias *et al.* (2013) ont montré qu'il y a 2,5 fois plus de risque de contamination du lait de tank de brebis de race Manchega dans les exploitations où il y a de la poussière dans la salle de traite comparativement à celles qui n'ont pas de poussière.

Finalement, la qualité des matières premières de l'alimentation des brebis et une hygiène rigoureuse, notamment de la salle de traite, permettent de limiter la contamination du lait de tank de brebis par les spores butyriques (Arias *et al.*, 2010).

Par ailleurs, le taux de spores butyriques dans le lait de tank semble varier de manière significative avec la saison et avec la taille du troupeaux : les taux les plus élevés sont retrouvés en automne et en hiver, ou en été selon les auteurs, et dans les troupeaux de plus de 1 500 brebis (Arias *et al.*, 2010 ; Turchi *et al.*, 2016).

Les spores butyriques font partie de la flore d'altération et sont à l'origine d'une dévalorisation du produit fini. La contamination du lait de tank par ces spores passe par une contamination de l'alimentation (ensilage principalement) qui contamine les fèces des brebis puis finalement le lait. La poussière dans la salle de traite est également un facteur de risque.

2. Notion de bien-être animal

Définir le bien-être animal est une tâche importante qui peut se révéler complexe. En effet, la définition du bien-être animal doit être assez générale pour pouvoir s'appliquer à tous les contextes où les Hommes affectent les animaux mais elle doit également pouvoir être utilisée en pratique sur le terrain et servir de base pour la réglementation ; ainsi la définition du bien-être animal doit être à la fois précise et générale (Mormède *et al.*, 2018).

A. Le bien-être animal d'un point de vue juridique

Le bien-être animal est une notion juridique assez récente. A la fin du XIX^e siècle, en France, pour la première fois, une loi est promulguée pour la protection animale : c'est la loi Grammont du 2 juillet 1850 qui interdit la maltraitance des animaux en public. Ce n'est que dans les années 1950 – 1960 que se développe une réelle protection juridique des animaux, avec notamment la création du délit d'acte de cruauté (Mormède *et al.*, 2018).

La notion de bien-être animal apparaît dans la loi française pour la première fois en 1968, lorsque la France signe la Convention Européenne sur la protection des animaux en transport international (Mormède *et al.*, 2018). Depuis, le statut de l'animal a beaucoup évolué dans la loi française : juridiquement l'animal n'était qu'une chose au service de l'Homme, un bien dont il peut disposer comme il le souhaite. Il faut attendre 1976 pour que l'animal change de statut. Selon la loi du 10 juillet 1976, le Code Rural stipule que « tout animal étant un être sensible doit être placé par son propriétaire dans des conditions compatibles avec les impératifs biologiques de son espèce » (Code Rural, 1976). Ainsi la notion d'« être sensible » entre dans la loi. Il faut attendre 2015 pour que le statut d'être sensible soit reconnu par le Code Civil : « les animaux sont des êtres vivants doués de sensibilité » (Code civil, 2015). Les animaux restent toutefois soumis au régime des biens (Code civil, 2015).

Par ailleurs, à l'échelle Européenne, le traité de Lisbonne de 2007 stipule que « [...] la Communauté et les États membres tiennent pleinement compte des exigences du bien-être des animaux en tant qu'êtres sensibles [...] » (Union Européenne, 2007). De plus, à l'échelle internationale, la norme ISO/TS 34700:2016 fournit des exigences et des orientations pour la mise en œuvre de principes de bien-être animal, décrites dans le chapitre 7.1, portant sur les recommandations relatives au bien-être animal du code terrestre de la WOAAH (anciennement OIE) (WOAH, 2021). Si cette norme n'est pas une législation, elle permet d'identifier les problèmes et d'élaborer un plan de gestion du bien-être animal en conformité avec le code terrestre.

B. Évolution des définitions du bien-être animal

La réflexion philosophique autour de la place de l'Homme par rapport à l'animal prend racine à la période classique, avec les philosophes grecs. Ainsi Platon ou Aristote reconnaissent une intelligence voire une âme aux animaux (Cassin *et al.*, 1997). Cependant la pensée cartésienne du XVII^e siècle refuse la conscience animale et nie la capacité de souffrance des animaux (Descartes, 1637). Au XVIII^e siècle, en France et en Angleterre, Rousseau et Bentham s'interrogent sur les fondements éthiques du rapport entre les Hommes et les animaux, en se demandant notamment si les animaux peuvent souffrir (Rousseau, 1755 ; Bentham, 1781).

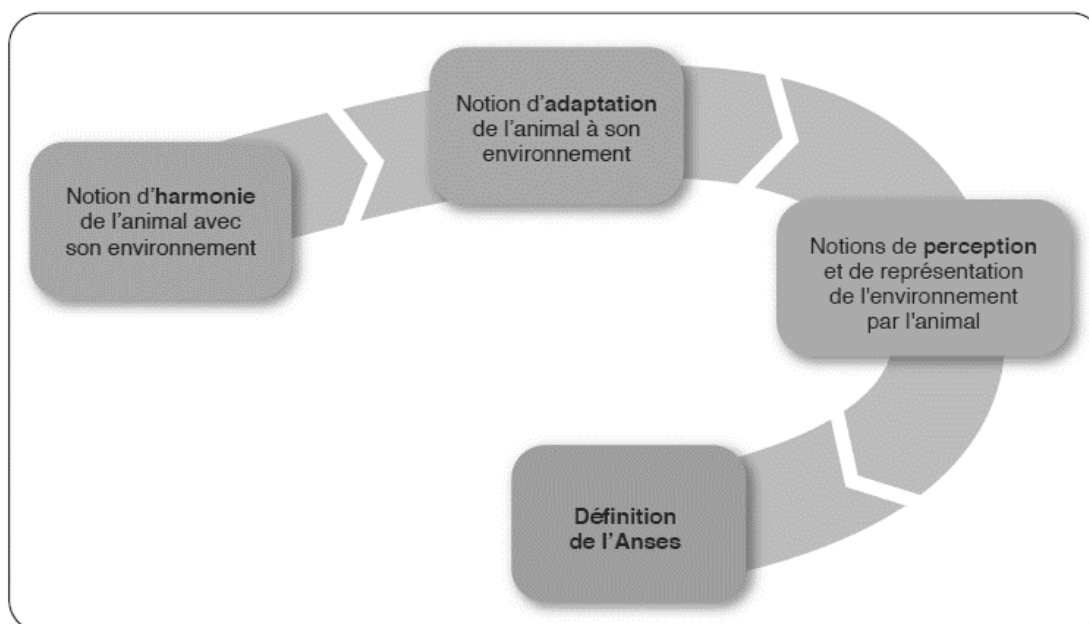
Dans les années 1970, le bien-être animal est synonyme d'état de santé ; ainsi le bien-être animal se résume à la santé physique des animaux. Plus récemment, l'animal a été reconnu comme un être sensible (voir paragraphe sur la juridiction). Par conséquent, cette définition basée uniquement sur la santé physique ne suffit plus (de Boyer des Roches, 2021). Pour comprendre pourquoi elle ne suffit pas et comprendre les autres définitions proposées du bien-être, il faut s'attarder sur la notion d'être sensible et d'être conscient. La sensibilité peut être définie comme une « capacité à ressentir (et exprimer) des états mentaux comme la douleur et le plaisir, la souffrance et la satisfaction » (Larrère, 2007), tandis que la conscience est « l'expérience subjective de son environnement, de son propre corps et/ou de ses propres connaissances » (Baussier, 2021). Ainsi, les animaux répondent à ces définitions et sont considérés comme des êtres sensibles et conscients (Dawkins, 1983 ; Griffin, 1985 ; Larrère, 2007 ; Veissier et Boissy, 2007 ; Veissier *et al.*, 2009 ; Le Neindre *et al.*, 2017 ; Mormède *et al.*, 2018 ; Baussier, 2021 ; de Boyer des Roches, 2021). Cependant, la conscience ne peut pas être comprise qu'à un seul niveau et certains auteurs suggèrent que les recherches en conscience animale devraient être multidimensionnelles quant à la question des variations de conscience dans le règne animal (Birch *et al.*, 2020). Ces auteurs proposent cinq dimensions à la conscience, qui sont plus ou moins développées selon l'espèce animale : la richesse perceptuelle, la richesse évaluative, l'intégration à un temps donné et à travers le temps et la conscience de soi. Ainsi la conscience animale est un domaine multidimensionnel parfois difficile à appréhender.

La conscience et la sensibilité des animaux ayant été reconnues, la seule dimension physique ne suffit pas à définir le bien-être animal. À la fin du XX^e siècle, plusieurs définitions du bien-être animal sont évoquées. Certains auteurs présentent le bien-être animal comme étant l'harmonie entre l'état physique et mental de l'animal et son environnement. Cette définition sous-entend que les animaux ont des besoins physiologiques et comportementaux qui doivent être satisfaits pour être en harmonie avec leur environnement (Fraser, 1995 ; Veissier *et al.*, 1999). L'inconvénient de cette définition est que les besoins des animaux ne peuvent pas systématiquement être comblés immédiatement et pour autant leur bien-être n'est pas forcément

compromis (de Boyer des Roches, 2021). Une autre définition du bien-être animal fait intervenir la notion d'adaptation (« coping » en anglais) : l'état de bien-être de l'animal est satisfaisant si sa capacité à fournir des adaptations comportementales et physiologiques à des variations de l'environnement n'est pas dépassée (Broom, 1986). Le principal inconvénient de cette définition est qu'on ne sait pas comment estimer les efforts que fournit un animal pour s'adapter à son environnement, selon cette définition on n'est donc pas capable d'évaluer le bien-être des animaux (de Boyer des Roches, 2021). Par ailleurs, ces deux définitions ne prennent pas en compte les émotions de l'animal et/ou sa façon de se représenter son environnement. Une autre définition avance que le bien-être n'est pas seulement physique, que c'est aussi ressentir des émotions positives et ne pas ressentir d'émotions négatives. Cette définition met l'accent sur ce que ressent l'animal davantage que sur comment il est (Dawkins, 1983 ; Veissier et Boissy, 2007). L'inconvénient de cette définition est qu'on ne sait pas comment définir finement les émotions ressenties par les animaux.

Plus récemment, en 2018, l'Anses propose une définition du bien-être animal : « le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal ». Cette définition est susceptible d'évoluer selon les avancées scientifiques, notamment dans le domaine du « mental des animaux » (Mormède *et al.*, 2018). En effet, l'inconvénient de cette définition est qu'on ne sait pas comment évaluer « l'état mental positif » des animaux ou leur perception d'une situation. De plus, la notion « d'attente » est difficile à cerner en pratique. Par ailleurs, la WOAHA définit le bien-être animal comme suit : « on entend par bien-être animal l'état physique et mental d'un animal en relation avec les conditions dans lesquelles il vit et meurt. Le bien-être d'un animal est considéré comme satisfaisant si les critères suivants sont réunis : bon état de santé, confort suffisant, bon état nutritionnel et sécurité » (WOAHA, 2021). Si cette définition fait également appel à l'état mental des animaux, qu'on ne sait pas mesurer, elle donne tout de même les critères à respecter pour être considéré comme satisfaisant. La Figure 3 récapitule l'évolution des différentes définitions du bien-être animal.

Figure 3. Évolution des définitions du bien-être animal (de Boyer des Roches, 2021).



Par ailleurs, il ne faut pas confondre le bien-être animal avec la bientraitance. En effet, la bientraitance ne prend en compte que l'action bienveillante de l'Homme envers l'animal mais il ne prend pas en compte ce que ressent l'animal (de Boyer des Roches, 2021). Le Tableau 3 indique les principales différences entre bien-être animal et bientraitance.

Tableau 3. Différence entre bien-être et bientraitance animal (de Boyer des Roches, 2021).

Bien-être	Bientraitance
Perception par l'animal de l'environnement dans lequel il se trouve.	Moyens mis en œuvre par l'humain pour satisfaire les besoins physiologiques et comportementaux de l'animal.
Obligation de résultats.	Obligations de moyens.
Analyse des conséquences de l'environnement sur l'animal.	Analyse des moyens mis en œuvre.
Évaluation par des indicateurs basés sur les animaux.	Évaluation par des indicateurs basés sur l'environnement.

Beaucoup de définitions du bien-être animal existent. L'inconvénient des définitions plus anciennes est l'absence de prise en compte des aspects « sensibilité » et « conscience » des animaux, ce que tentent de corriger les définitions les plus récentes. L'inconvénient de ces définitions est qu'on ne sait pas, à ce jour, comment mesurer les émotions ou le ressenti des animaux. Il y a donc un réel manque d'outils d'évaluation et de mesure du ressenti, de l'état mental et des émotions animales.

C. Le concept des cinq libertés

En 1979, le Conseil pour le bien-être des animaux de production (FAWC), en Angleterre, définit le concept des cinq libertés ; elles sont reprises et arrangées en 2009 par ce même conseil. Ces cinq libertés sont la première définition formalisée du bien-être et se veulent les principes de base de celui-ci. Initialement écrite en anglais, l'expression « freedom from » a été traduite en français par l'expression « absence de ». Les cinq libertés énoncées sont les suivantes (FAWC, 2009) :

- Absence de faim et de soif par la possibilité d'accéder librement à de l'eau et de la nourriture saine pour le maintien d'un bon niveau de santé et de vigueur.
- Absence d'inconfort grâce à un environnement approprié, incluant un abri et une aire de repos confortable.
- Absence de douleur, de blessure et de maladie par des mesures de prévention ou un diagnostic rapide, suivi du traitement approprié.
- Liberté d'expression d'un comportement normal grâce à un espace suffisant, des installations adaptées et la compagnie d'autres congénères.
- Absence de peur et de détresse en veillant à garantir des conditions de vie et un traitement des animaux évitant toute souffrance mentale.

Cependant, ce concept de cinq libertés est critiqué par certains auteurs, qui jugent qu'il est impossible d'éliminer des ressentis comme la faim, la soif car ce sont ces ressentis qui poussent l'animal à agir (manger, boire ...). Elles ne permettraient donc pas de refléter les subtilités des processus biologiques (Mellor, 2016). De plus, ne pas souffrir de ces sensations (faim, soif, douleur,

...) ne garantit pas un état de bien-être positif (Mellor, 2016). La tendance actuelle est donc d'aller plus loin que les cinq libertés, avec le concept d'une « vie valant le coup d'être vécue » (concept anglais de « life worth living ») (Mellor, 2016). Tout le problème reste de trouver un moyen d'évaluer objectivement et sans anthropomorphisme le ressenti des animaux.

3. Comment évaluer le bien-être animal (BEA) ?

Chercher à évaluer le bien-être animal c'est chercher à analyser la façon dont l'animal ressent ce qu'il vit (Mormède *et al.*, 2018). Cela passe par l'évaluation de plusieurs indicateurs, regroupés en catégories ou libertés selon les protocoles (généralement 4 ou 5 catégories ou libertés). Il existe plusieurs grandes classes d'indicateurs. Les indicateurs basés sur les animaux évaluent la réponse des animaux à des pratiques d'élevage. Ce sont ces indicateurs qui procurent une évaluation plus précise et fiable du bien-être animal, puisqu'ils se concentrent directement sur l'animal (Mounaix *et al.*, 2013 ; Hempstead *et al.*, 2019). Ces indicateurs basés sur les animaux sont les plus importants mais ne peuvent pas toujours refléter toutes les libertés, ainsi l'inclusion d'indicateurs basés sur les ressources ou sur la gestion peut être nécessaire, surtout pour les animaux élevés dans des systèmes intensifs ou semi-intensifs (Stubsjøen *et al.*, 2011). Ainsi, les indicateurs basés sur la gestion du troupeau évaluent la façon dont est géré le troupeau par l'éleveur. Son évaluation est objective et on peut évaluer ces indicateurs en interrogeant l'éleveur. Les indicateurs basés sur les ressources évaluent la disponibilité des ressources pour les animaux. Cette évaluation est également objective (Mounaix *et al.*, 2013 ; Hempstead *et al.*, 2019). Ainsi, un protocole d'évaluation du bien-être animal devrait se baser sur plusieurs types d'indicateurs qui englobent les cinq libertés du BEA (Fraser, 2008 ; Caroprese *et al.*, 2009a). Ces indicateurs doivent être fiables, mesurables et valides (Mounaix *et al.*, 2013)

Par ailleurs, l'évaluation du BEA peut être descriptive, normative ou prescriptive (Veissier *et al.*, 2007 ; Boissy, 2021). Les objectifs d'évaluation étant différents, les méthodes d'évaluation seront donc différentes (Mounaix *et al.*, 2013). Par exemple, si on se place dans une démarche d'amélioration du BEA, l'objectif de l'évaluation est de donner des conseils à l'éleveur en faisant ressortir les points qui sont satisfaisants et ceux à améliorer. On peut alors comparer les données collectées à un seuil ou attribuer une note pour chaque donnée (Veissier *et al.*, 2007 ; Boissy, 2021). De même, dans une logique de certification, les données collectées sont comparées à des normes prédéfinies (Veissier *et al.*, 2007 ; Boissy, 2021).

Au contraire, si on se place dans une démarche d'évaluation du système d'élevage ou dans un contexte d'étiquetage du bien-être, l'objectif est une évaluation globale pour situer le niveau de bien-être de l'élevage. Plusieurs méthodologies sont alors possibles : des experts analysent les résultats et en tirent des conclusions ; cette technique n'est pas formelle et donc sujette à la subjectivité ou des différences d'appréciation. Il est possible de calculer la somme des anomalies rencontrées lorsqu'on compare les données à des seuils prédéfinis ; on peut utiliser des moyennes ; les élevages peuvent être classés du meilleur au moins bon pour chaque indicateur puis on additionne les rangs pour le classement final ; les données peuvent être scorées et utilisées dans des modèles mathématiques, comme leur somme pondérée par exemple (Veissier *et al.*, 2007 ; Courboulay *et al.*, 2012 ; Mounaix *et al.*, 2013 ; Boissy, 2021). L'inconvénient majeur du score global est le phénomène de compensation. Il convient d'être attentif et de repérer une bonne note ou un bon score pour un indicateur donné qui masquerait une mauvaise note ou un mauvais score pour un autre indicateur (Mounaix *et al.*, 2013 ; Boissy, 2021). Le Tableau 4 résume les avantages,

inconvénients et utilisations recommandées des principales méthodes actuellement proposées pour calculer un score global de bien-être.

Ainsi, avoir un score global permet de classer les élevages entre eux et de connaître le niveau global de bien-être du troupeau mais il faut être vigilant aux phénomènes de compensations. À l’opposé, des notes pour chaque indicateur permet de repérer les points à travailler mais ne permet pas de connaître le niveau global de bien-être, ni de situer l’élevage par rapport aux autres (Mounaix *et al.*, 2013).

Tableau 4. Avantages, inconvénients et utilisations recommandées des principales méthodes actuellement proposées pour calculer un score global de bien-être animal (Veissier *et al.*, 2007).

Description	Avantages	Inconvénients	Utilisations recommandées
Agrégation non formalisée par un expert qui analyse des données recueillies en ferme.	Se base uniquement sur les données brutes recueillies en ferme.	Manque de transparence. Impossible à standardiser. Le nombre important d’informations rend difficile la tâche de l’expert.	Évaluation d’un nombre limité d’élevages, de systèmes d’élevage, ou d’équipements.
Somme d’anomalies : pour chaque mesure la ferme est comparée au seuil exigé, puis les anomalies sont additionnées.	Claire et simple. Facile à standardiser. Permet de vérifier la conformité à une norme.	Réponse en « tout ou rien ». Toutes les mesures ont la même importance. Ne permet pas de comparer des fermes.	Vérification en routine que des exigences sont respectées.
Somme de rangs : les fermes sont classées de la meilleure à la pire pour chaque mesure puis les rangs sont additionnés.	Claire et simple. Facile à standardiser. Permet de classer les fermes entre elles.	Les mesures ont la même importance. Ne permet des comparaisons qu’au sein d’un ensemble de fermes données.	Comparaisons entre élevages à l’intérieur d’une population fixe.
Somme de scores : les données sont transformées en scores de satisfaction puis les scores sont additionnés.	Relativement intuitive. Permet d’obtenir un score absolu pour une ferme donnée.	Difficile de définir une échelle de bien-être. Comparaisons entre mesures pleinement autorisées. Ne favorise pas les compromis.	Comparaisons entre élevages ou certification d’élevages, à condition d’autoriser les compensations.

Un exemple de protocole qui utilise un score global de bien-être est l’Animal Needs Index, ou ANI 35L/2000. Il s’agit de la traduction anglaise et l’amélioration du Tiergerechtheitsindex, développé par H. Bartussek en Allemagne, en 1996. Cette évaluation du bien-être des bovins est basée sur un système de points attribués à chaque mesure qui sont réparties en cinq catégories. Les points vont de – 0,5 à + 3 sachant que plus la condition améliore le bien-être animal, plus la note est élevée et tend vers le + 3. Le score global de bien-être de l’élevage, appelé ANI score, est la somme de ces points et varie entre – 9 et + 45,5 : plus le score est élevé, meilleur est le bien-être. L’inconvénient de ce système est qu’il permet à certains aspects de compenser les autres (Bartussek *et al.*, 2000).

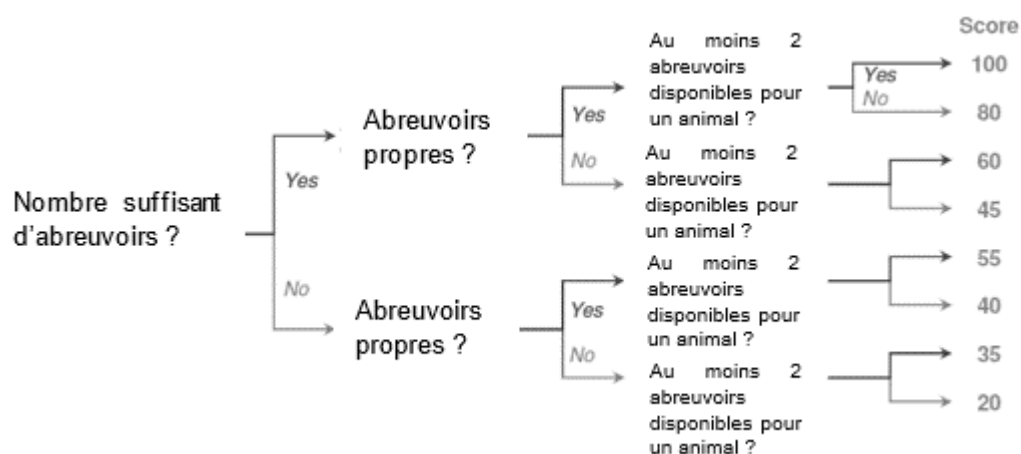
Pour éviter ce problème de compensation, le Welfare Quality® Protocol, créé en 2009 initialement pour évaluer le bien-être des bovins en production, propose un autre système de notation, en plusieurs étapes. Ce protocole s’appuie sur un score final et est divisé en quatre principes, divisés en 12 critères qui sont évalués par des mesures : une fois les mesures réalisées, elles sont combinées pour générer un score d’évaluation global de chaque critère ; puis chaque principe reçoit un score selon les résultats obtenus pour chaque critère et enfin le protocole produit

une évaluation globale de l'élevage en termes de bien-être animal. Selon la méthode de mesure, il y a 3 manières de procéder (Welfare Quality®, 2009) :

- Si toutes les mesures du critère sont évaluées à l'échelle du troupeau et sont exprimées en un nombre limité de catégories, un arbre décisionnel est produit (exemple de la Figure 4). Les scores ont été définis par des experts.
- Si un critère n'est évalué que par une mesure prise à l'échelle individuelle, on note la proportion d'animaux observés puis on calcule une somme pondérée et qu'on utilise dans une fonction Spline pour obtenir un score compris entre 0 et 100. Les coefficients de pondération des sommes ont été définis de telle sorte que l'évaluation des résultats bruts par des experts corresponde aux résultats fournis par le protocole.
- Si plusieurs mesures mènent à des résultats sur des échelles différentes, on compare ces données à des seuils d'alarme et d'alerte prédéfinis. Le nombre de seuils d'alarme et d'alerte atteints est relevé et pondéré dans une somme qu'on utilise ensuite dans une fonction spline pour établir le score du critère entre 0 et 100. Les seuils ont été définis par des experts.

Pour chaque critère, 0 représente la pire situation de bien-être possible, aucune aggravation n'est possible ; 50 est un résultat neutre, le bien-être n'est ni bon ni mauvais ; 100 représente la situation où le bien-être ne pourrait pas être meilleur, pas d'amélioration possible.

Figure 4. Exemple d'arbre de décisions pour donner un score au critère "absence de soif prolongée", entre 0 et 100, selon le Welfare Quality® Protocol (Welfare Quality®, 2009).



Pour obtenir le score du principe, à partir des scores des critères, deux raisonnements ont été pris en compte :

- Certains critères ont plus de poids que d'autres.
- La synthèse ne doit pas induire de compensation de scores.

Pour se faire, le Welfare Quality® Protocol utilise une intégrale de Choquet qui calcule la différence entre le score minimal et le score suivant, jusqu'à atteindre le score le plus élevé. Une pondération est attribuée à chaque différence de scores.

Les quatre scores des principes sont ensuite utilisés pour classer l'élevage :

- Excellent : tous les principes obtiennent un score d'au moins 55 avec au moins deux principes qui obtiennent un score d'au moins 80.

- Améliorée : tous les principes obtiennent un score d'au moins 20 avec au moins deux principes qui obtiennent un score d'au moins 55.
- Acceptable : tous les principes obtiennent un score d'au moins 10 avec au moins trois principes qui obtiennent un score d'au moins 20.
- Non classifié : ne correspond à aucune des trois catégories citées.

4. Les différents protocoles et ébauches de protocoles d'évaluation du bien-être chez les ovins

Depuis quelques années, des auteurs se sont penchés sur la question de l'évaluation du bien-être animal chez les ovins. Plusieurs protocoles et ébauches de protocoles ont été proposés, dans plusieurs pays et pour plusieurs types d'élevages. Nous allons discuter les spécificités de certains d'entre eux en n'abordant que des protocoles pour l'évaluation en élevage, ont été exclus les protocoles d'évaluation du bien-être lors du transport des ovins.

A. Protocole proposé par Napolitano *et al.* (2009), en Italie

En 2009, Napolitano *et al.* (2009) ont remarqué que les petits ruminants n'étaient pas pris en compte dans le projet européen du Welfare Quality® et qu'aucun protocole d'évaluation de bien-être des ovins n'était disponible. Les auteurs ont donc réalisé une étude dans le but de tester la reproductibilité d'indicateurs à inclure dans un schéma d'évaluation du bien-être animal spécifique aux ovins.

Le protocole utilisé par Napolitano *et al.* (2009) est dérivé de l'Index des Besoins des Animaux (ANI 35 L). Cette évaluation est basée sur des indicateurs classés en cinq fiches. L'ensemble des indicateurs pris en compte par l'ANI 35L est détaillé dans le Tableau 5. Ils sont au nombre de 35 et recourent trois des cinq libertés du bien-être. Seule la cinquième fiche correspond aux indicateurs basés sur les animaux ; il y en a huit.

Lors de l'évaluation, on donne un score à chaque indicateur. Ces scores sont rassemblés sur chacune des cinq fiches d'évaluation et peuvent être négatifs. *In fine*, on additionne tous les scores, pour obtenir une note appelée ANI score, comprise entre – 10,5 et 71,5. Plus la note est élevée, meilleur est le bien-être des ovins. Le protocole ne précise pas comment la base des scores a été établie.

En ce qui concerne les indicateurs basés sur les animaux (cinquième fiche), la notation se fait sur une prévalence d'animaux avec une mauvaise condition : le nombre d'animaux atteints sur le nombre d'animaux observés. Cette fiche représente 36,6 % du score final.

Tableau 5. Indicateurs classés en cinq fiches pour l'évaluation du bien-être des ovins, selon le protocole proposé par Napolitano *et al.* (2009) et basé sur l'Index des Besoins des Animaux (Bartussek *et al.*, 2000).

Intitulé de la fiche	Gamme de scores	Indicateurs
Fiche 1 Locomotion et interactions sociales	Scores entre – 0,5 et 20,5	Surface disponible en bergerie (m ² /animal)
		Structure du troupeau
		Gestion du renouvellement
		Longueur d'auge (cm/animal)
		Disponibilité en eau
		Surface disponible à l'extérieur
		Pâturage (mois/année)
Fiche 2 Sols	Scores entre – 1 et 12	Confort de la zone de couchage
		Propreté de la zone de couchage
		Zone de couchage glissante
		Facilité de passage dans la zone de passage
		Zones glissantes dans la zone de passage
		Type de sol en extérieur
Fiche 3 Environnement	Scores entre 0 et 10	Abris en pâture
		Ventilation de la bergerie
		Paddock extérieur
		Qualité de l'herbe en pâture
		Escarpement
		Pâturage (mois/année)
Fiche 4 Gestion	Scores entre – 1 et 7	Propreté de l'aire d'alimentation
		Propreté de l'aire d'abreuvement
		Propreté des zones de couchage
		État des équipements
		Surveillance des animaux
		Infirmierie
Fiche 5 Indicateurs basés sur les animaux	Scores entre – 8 et 22	État de la peau et de la toison
		Propreté
		Longueur des onglons
		Boiterie
		Lésions
		État corporel
		Mutilations de routine
Âge de réforme		

Ce protocole a été testé dans 10 exploitations ovines de type « biologiques » et dans 10 exploitations ovines conventionnelles, en Italie du sud, dans la région de Basilicate. Ces exploitations, qu'elles soient certifiées biologiques ou non, sont, pour la plupart, basées sur l'élevage extensif et l'utilisation des pâtures (Napolitano *et al.*, 2009). En moyenne ces exploitations possédaient chacune 350 ovins, de race Merinizzata Italiana, une race à viande. Les observations ont été réalisées sur des brebis en lactation, entre janvier et mars 2007.

Les résultats de l'étude de Napolitano *et al.* (2009) ne montrent pas de différence significative de bien-être entre les exploitations certifiées biologiques et les exploitations conventionnelles, qui ont obtenu, en moyenne, un ANI score de 39,8 et 40,3 respectivement. Sachant que l'ANI score peut varier de – 10,5 à 71,5, il semblerait que le niveau de bien-être des ovins en Italie soit bon. Les principaux résultats de l'étude pour les indicateurs basés sur les animaux sont présentés dans le Tableau 6 et témoignent d'un niveau correct de bien-être des ovins en Italie.

Par ailleurs, ce protocole est réalisable sur le terrain (en moyenne 85 min par exploitation) et fiable (Napolitano *et al.*, 2009). Cependant, d'autres études sont nécessaires pour tester la validité de ce protocole et le tester sur un plus grand échantillon.

Tableau 6. Moyennes obtenues pour les indicateurs basés sur les animaux (fiche cinq) pour les exploitations biologiques et conventionnelles dans le cadre d'une évaluation du bien-être des ovins selon un protocole basé sur l'Index des Besoins des Animaux (Napolitano *et al.*, 2009).

	Exploitations biologiques	Exploitations conventionnelles
Longévité (années)	8 ± 0,56	8,5 ± 0,61
Altération de la peau (%)^a	19,2 ± 7,0	17 ± 6,9
Longueur excessive des onglons (%)^a	1 ± 0,55	0,4 ± 0,52
Boiterie (tout type) (%)^a	6,6 ± 2,4	3,5 ± 2,0
Lésions (%)^a	1,35 ± 0,93	1,70 ± 0,93
Souillures (%)^a	28,3 ± 8,9	35,3 ± 8,9

a : (nombre d'animaux affectés / nombre d'animaux observés) x100

B. Protocole proposé par Stubbsj en *et al.* (2011), en Norvège

Stubbsj en *et al.* (2011) ont également constaté l'inexistence de protocoles pour évaluer le bien-être des ovins. Les auteurs ont également remarqué qu'un protocole d'évaluation du bien-être d'une espèce ne peut pas simplement être transposé à une autre espèce car chacune a des spécificités à prendre en compte en matière de bien-être. Stubbsj en *et al.* (2011) ont donc réalisé une étude pour contribuer à la proposition d'un protocole d'évaluation de bien-être spécifique aux ovins et à évaluer son application en Norvège.

Pour créer l'ébauche de protocole, les auteurs se sont basés sur les cinq libertés du bien-être, sur les protocoles d'évaluation de bien-être existant chez les bovins (Welfare Quality protocol® et Bristol Welfare Assurance Programme) et sur les normes en matière de bien-être chez les ovins (exposées par la Société Royale pour la Prévention de la Cruauté envers les Animaux, RSPCA, et Certified Humane). La sélection d'indicateurs a ensuite été réalisée avec l'aide d'un groupe d'experts. Les indicateurs retenus, présentés dans le Tableau 7, peuvent être classés en trois grandes catégories : les indicateurs basés sur les animaux, les indicateurs basés sur les ressources et les données des registres de production. Les indicateurs de ce protocole sont au nombre de 34 et recoupent quatre des cinq libertés du bien-être, la liberté manquante étant l'expression de comportements normaux.

Tableau 7. Indicateurs retenus par des experts dans le cadre de la proposition d'un protocole de bien-être des ovins en Norvège (Stubsjøen *et al.*, 2011).

Indicateurs basés sur les animaux	Indicateurs basés sur les ressources	Données des registres de production
État corporel Animaux paraissant malades Boiterie Propreté Diarrhée Lésions de la peau Irritation de la peau Articulations gonflées Toux Anomalies des yeux Sécrétions nasales Mammites Cals au niveau du carpe Boucle d'oreille Peur Relation Homme-Animal	Surface de l'enclos Nombre et gabarit des animaux dans l'enclos Longueur d'abreuvoir Température Température de surface de la zone de couchage Humidité relative Lumière Courant d'air Taux d'ammoniac et CO ₂ Zone de couchage des agneaux Protrusions ou bords tranchants Hygiène de la zone de couchage Hygiène de l'espace Eau (accès et hygiène) Alimentation (accès et évaluation subjective de la qualité)	Poids d'abattage Classification de la carcasse Classe de gras

Une fois mis au point, ce protocole a été testé dans 36 exploitations à travers la Norvège. Ces exploitations comprenaient entre 32 et 412 brebis. La plupart était de race Norwegian White Breed, une race à viande (quelques croisements avec des Spælsaus ou des Texels). Au total, 360 brebis de plus d'un an ont été examinées pour tester le protocole (Stubsjøen *et al.*, 2011).

Les auteurs ont choisi de tester ce protocole au moment des agnelages (avril-mai 2007 et 2008) car à cette période, les brebis sont en bergerie et la densité animale est plus importante, ce qui augmente le risque de maladies contagieuses et d'atteinte du BEA. Les résultats pour les indicateurs basés sur les animaux et ceux de la relation Homme-Animal sont présentés dans les Tableau 9 et dans la Figure 5 et témoignent d'un niveau correct à bon de bien-être des ovins en Norvège (Stubsjøen *et al.*, 2011).

Tableau 8. Prévalence des indicateurs basés sur les animaux sur l'ensemble des 360 brebis évaluées par le protocole norvégien d'évaluation du bien-être des ovins (Stubsjøen *et al.*, 2011).

Indicateurs	Prévalence
Animaux léthargiques	0,28 %
Maladie	4,4 %
Boiterie	1,4 %
Diarrhée	1,7 %
Articulations gonflées	1,7 %
Toux	0 %
Anomalies des yeux	1,1 %
Sécrétions nasales	0,6 %
Mammites	1,1 %

Tableau 9. Notes moyennes, maximales et minimales données aux 360 brebis évaluées avec le protocole d'évaluation de bien-être des ovins développé en Norvège (Stubsjøen *et al.*, 2011)

Indicateurs	Moyenne	Minimum	Maximum
Note d'État Corporel ^a	2,6 ± 0,3	1,9	3,3
Propreté ^b	1,6 ± 0,4	1	2,5
Lésions de la peau ^c	1,1 ± 0,1	1	1,5
Irritation de la peau ^d	1,2 ± 0,2	1	1,6
Cals sur les carpes ^e	1,5 ± 0,3	1	2

a Note d'État corporel : 1 : très maigre ; 2 : maigre ; 3 : normal ; 4 : gras ; 5 : très gras.

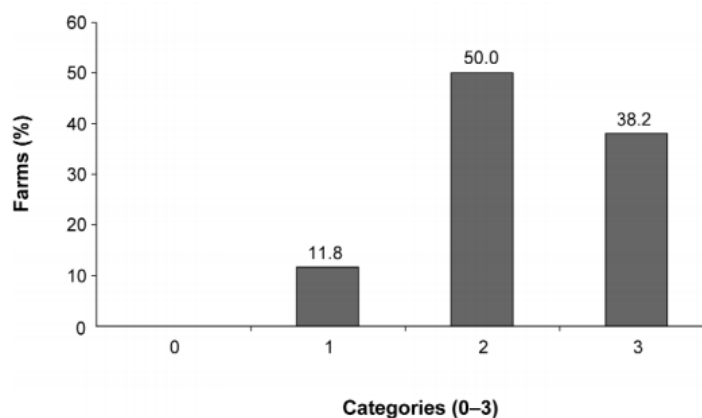
b Propreté : 1: propre ; 2 quelques parties sales ; 3 : sale ; 4 : très sale.

c Lésions de la peau : 1 : pas de lésion ; 2 : lésions > 1 × 1 cm ; 3: ulcérations.

d Irritation de la peau : 1: normal ; 2 : perte de laine ; 3 : érythème/boursoufflures ; 4 : parasites ou mouches

e Cal sur les carpes : 1 : pas de cal ; 2 : cal ; 3 : cal avec ulcération de la peau

Figure 5. Pourcentage d'exploitations, sur les 36 évaluées, en fonction de la catégorisation de la relation Homme-Animal (Stubsjøen *et al.*, 2011).



0 : brebis qui essaient de fuir en sautant la barrière

1 : tentative d'évitement marquée et lutte pour partir

2 : quelques évitements

3 : comportement calme lors de l'approche

Les auteurs ont conclu que leur travail était un premier pas vers l'élaboration d'un protocole d'évaluation du bien-être des ovins mais que de nouvelles recherches étaient nécessaires pour établir la validité, la fiabilité et la praticité des différents indicateurs (Stubsjøen *et al.*, 2011).

C. Le protocole européen Animal Welfare Indicators (AWIN, 2015)

En 2011, le projet européen Animal Welfare Indicators, connu sous le nom de AWIN, est lancé. Le but est d'étudier des indicateurs de bien-être animal pour des espèces moins étudiées (chevaux, moutons, chèvres, dindes et ânes) et de créer un protocole d'évaluation du bien-être spécifique à ces animaux (AWIN, 2015). Le protocole AWIN s'est basé sur le Welfare Quality® Protocol et a cherché au moins un indicateur pour les quatre grands principes évalués (bonne alimentation, bon logement, bonne santé et comportements appropriés (Welfare Quality®, 2009)).

Le protocole AWIN (2015) propose d'évaluer le bien-être animal des ovins à deux niveaux. Le premier niveau se réalise sans contention ni rassemblement des animaux. L'évaluateur crée des sous-groupes dans les différents types de logement ou de conduite s'ils existent. Pour les moutons en bergerie, un sous-groupe est l'ensemble des moutons (au moins 20) d'un même enclos. Si dans l'enclos il y a moins de 20 moutons, on considère plusieurs enclos pour constituer un sous-groupe. Pour les moutons en extérieur, un sous-groupe est un ensemble d'au moins 20 moutons qui ont un comportement similaire (notamment qui se trouvent ensemble au moment de l'évaluation). L'infirmerie, la quarantaine, la maternité et les enclos avec des béliers ne doivent pas être pris en compte dans l'évaluation. Dans chaque sous-groupe, on évalue, dans l'ordre, en s'approchant au fur et à mesure :

1. Qualitative Behaviour Assessment (QBA)
 2. Animaux à l'écart
 3. Stéréotypies
 4. Démangeaisons excessives
 5. Halètement
 6. Propreté de la toison
 7. Qualité de la toison
 8. Longueur de la queue
 9. Propreté du pourtour anal
 10. Boiterie
 11. Test d'approche
 12. Densité
 13. Accès à l'ombre ou aux abris
 14. Accès à l'eau
 15. Mortalité des agneaux
- En dehors des enclos de manière à ne pas perturber les animaux
- À l'intérieur des enclos
- Registres

Dans un second temps, l'évaluateur propose la passation d'un questionnaire à l'éleveur.

Le deuxième niveau d'évaluation n'est pas obligatoire. Il permet de préciser certaines observations si l'évaluateur le juge nécessaire. Cette seconde étape est nécessaire si un score de 0 % est donné à l'indicateur « accessibilité à l'eau » ou si la proportion de boiterie ou de brebis avec une queue trop courte est égale ou supérieure à celles des pires 5 % des élevages de la base de référence. Les animaux à observer plus en détails sont choisis au hasard par l'évaluateur et leur nombre dépend du nombre de brebis présentes dans l'exploitation. Ils sont ensuite placés dans un système de contention pour une évaluation plus proche ; les indicateurs à évaluer sont les suivants :

- Note d'État Corporel (NEC)
- Lésions de la tête et du corps
- Couleur des muqueuses
- Qualité de la respiration
- Propreté de la toison

- Qualité de la toison
- Blessures des membres
- Onglons excessivement longs
- Souillures fécales
- Mammites et lésions de la mamelle
- Longueur de la queue
- Boiterie

En résumé, le protocole AWIN comprend, comme le Welfare Quality® protocol, quatre grands principes, divisés en critères, eux-mêmes divisés en 23 indicateurs présentés dans le Tableau 10, et recoupant les cinq libertés (AWIN, 2015).

Tableau 10. Principes, critères et indicateurs de bien-être utilisés dans le protocole européen d'évaluation de bien-être des ovins (AWIN, 2015).

Principes du bien-être	Critères du bien-être	Indicateurs de bien-être
Bonne alimentation	Nutrition appropriée	NEC Mortalité des agneaux
	Absence de soif prolongée	Accès à l'eau
Bon logement	Confort au couchage	Propreté de la toison
	Confort thermique	Halètement Accès à l'ombre/abris (si en extérieur)
	Facilité de mouvement	Densité (si en intérieur) Longueur des onglons (si en intérieur)
Bonne santé	Absence de blessures	Lésions de la tête et du corps Blessures des membres
	Absence de maladie	Boiterie Souillures fécales Couleur des muqueuses Sécrétions oculaires Mammites et lésions de la mamelle (brebis en lactation) Qualité de la respiration Qualité de la toison
	Absence de douleur et de douleur induite par les procédures de gestion	Longueur de la queue
Comportements appropriés	Expression de comportements sociaux	Animal à l'écart
	Expression d'autres comportements	Stéréotypie Démangeaisons excessives
	Bonne relation Homme-Animal	Test d'approche
	Statut émotionnel positif	QBA

Les données collectées lors du projet AWIN constituent une base de données de référence et proviennent de 48 exploitations : 33 exploitations au Royaume-Uni (17 exploitations à viande visitées en automne/hiver et 16 exploitations visitées au printemps/été) et 15 exploitations espagnoles (9 exploitations laitières et 6 exploitations à viande) visitées en automne/hiver puis au

printemps/été. Cette base de données n'est pas accessible, on ne connaît donc pas les résultats de ces 48 évaluations.

L'évaluation d'un sous-groupe, pour le premier niveau, nécessite environ 40 minutes et l'évaluation d'une brebis, lors du second niveau, deux minutes. Ainsi, la durée totale d'évaluation dépend du nombre de sous-groupes à évaluer et de la nécessité ou non de réaliser le second niveau et du nombre éventuel de brebis (AWIN, 2015).

Ainsi, ce protocole a été conçu pour évaluer le bien-être des brebis adultes (plus d'un an) laitières ou à viande, dans différents types d'élevage (de l'élevage intensif à l'élevage extensif) en Europe. Cependant, il faut noter qu'il a principalement été testé dans des élevages de production de viande.

D. Protocole du projet BIENE, en France (IDELE, 2015)

En France, le projet d'élaboration d'un protocole d'évaluation du bien-être des ovins a commencé en 2009, avant même le début de l'élaboration du protocole européen AWIN (débute en 2011) (IDELE, 2015). Ce projet français a commencé avec l'élaboration et la validation d'un protocole d'évaluation estivale et s'est prolongé avec une adaptation à une évaluation hivernale (notamment pour les mesures comportementales) (IDELE, 2015). C'est ce protocole que nous allons étudier. Il a été placé sous la responsabilité de l'Institut de l'élevage (IDELE), c'est pour cette raison qu'il sera dénommé protocole IDELE par la suite.

Ce protocole propose de réaliser quatre grands types de mesures, chacune divisée en 13 indicateurs, recoupant les cinq libertés du bien-être :

- Des mesures de la bonne alimentation :
 - Dentition
 - NEC
- Des mesures du logement correct :
 - Humidité de la laine
 - Propreté des flancs
- Des mesures de la bonne santé :
 - Anémie
 - Problèmes respiratoires : écoulements nasaux, écoulements oculaires
 - Respiration entravée et toux
 - Blessures
 - Propreté de l'arrière-train
 - Boiterie
- Des mesures comportementales du comportement approprié :
 - État émotionnel : QBA
 - Test à l'Homme
 - Réactivité au couloir de contention

Ce protocole a été testé au cours de l'hiver 2013-2014, sur 1 369 brebis, dans 45 exploitations allaitantes. Vingt-six de ces exploitations gardaient leur brebis en bergerie pendant l'hiver tandis que les 19 autres menaient les brebis au pâturage pendant l'hiver. La taille du cheptel variait entre 100 et environ 700 brebis de race Romane, avec en moyenne, 380 brebis en bergerie

et 480 brebis en pâturage (IDELE, 2015). L'étude a donc porté sur des élevages semi-intensifs et extensifs.

Les résultats de l'étude sont présentés dans le Tableau 11. Le temps d'évaluation d'une exploitation à l'aide de ce protocole était en moyenne de 3h40 (IDELE, 2015).

Tableau 11. Pourcentage de brebis ayant une bonne note pour les indicateurs par rapport au nombre de brebis observées (n = 1 369) dans le cadre d'une évaluation de bien-être des ovins, en période hivernale, sur 45 exploitations allaitantes en France (IDELE, 2015).

Indicateurs	Pourcentage de bonnes notes (%)
Dentition	96,57
Humidité extérieure de la laine	77,36
Humidité intérieure de la laine	100
Propreté des flancs	56,28
Anémie	55,19
Écoulements nasaux	96,71
Écoulements oculaires	99,63
Toux	99,93
Propreté de l'arrière-train	43,5
Boiterie	90,89

En ce qui concerne le comportement, l'étude a révélé une différence significative entre les brebis au pâturage et les brebis en bergerie pour le temps de fuite (plus faible au pâturage) mais aucune pour la distance front de troupeau-Homme et la réactivité au couloir (IDELE, 2015).

Finalement, l'étude a montré peu de problèmes de bien-être chez les ovins en France, en période hivernale, quel que soit le type d'élevage (hiver passé au pâturage ou à la bergerie) (IDELE, 2015).

D'autres études sont nécessaires pour élargir ce protocole à d'autres races de brebis et à d'autres types de production ou d'animaux (brebis laitières, agneaux, béliers ...).

E. Protocole proposé par Munoz *et al.* (2019), en Australie

En Australie, la grande majorité des élevages ovins est de nature extensive. Ce type d'élevage a pour caractéristique l'utilisation de la pâture pour l'alimentation car les animaux sont dehors toute l'année ou au moins la majeure partie de leur vie. Les problèmes de BEA étant très différents entre élevages extensifs et intensifs, un protocole d'évaluation du bien-être des ovins en élevage extensif doit prendre en compte ces caractéristiques : par exemple, les ovins au pâturage sont plus exposés aux prédateurs et l'intervention humaine y est limitée (Richmond *et al.*, 2017).

Ainsi, Munoz *et al.* (2019) proposent un protocole d'évaluation du bien-être animal, applicable pour les élevages extensifs d'ovins, notamment en Australie. Les indicateurs suivants sont évalués :

- NEC
- État de la laine

- Propreté de la laine
- Lésions de la peau
- Longueur de la queue
- Souillures fécales
- Boiterie
- Remplissage du rumen
- Intégrité des onglons
- Longueur des onglons

Ces indicateurs ont été choisis car ils sont valides, réalisables sur le terrain, fiables et cohérents dans l'évaluation du bien-être des ovins en condition extensive (Munoz *et al.*, 2016).

Ce protocole évalue donc dix indicateurs, recoupant trois des cinq libertés du bien-être. La méthode de notation de chacun de ces indicateurs est issue du protocole AWIN (2015). On relève ensuite le pourcentage de bonnes et mauvaises notes pour chaque indicateur (Munoz *et al.*, 2019).

Ce protocole a été testé dans 32 exploitations. Trente de ces exploitations ont été visitées deux fois : une fois lorsque les brebis étaient en milieu de gestation et une deuxième fois au moment du sevrage. Deux exploitations n'ont été visitées qu'une seule fois, au moment du sevrage (Munoz *et al.*, 2019). Les auteurs ont choisi le milieu de gestation et le sevrage comme période d'évaluation car à ces périodes les brebis connaissent une forte demande physiologique et en raison des fluctuations climatiques et environnementales qui peuvent impacter le BEA (Munoz *et al.*, 2019).

Un total de 6 200 brebis, âgées de deux à cinq ans, a été observé. La race principalement présente était la Mérinos mais il y avait aussi des animaux de race Poll Dorset, Highlander, Corriedale, Coopworths et des Dohne. La plupart des élevages exploitaient les ovins pour la viande ou la laine (14 exploitations allaitantes et 12 mixtes viande/laine), seuls six élevages n'exploitaient que la laine. L'évaluation par ce protocole nécessitait 2,5 minutes/brebis. Les résultats de l'étude sont présentés dans le Tableau 12.

Tableau 12. Pourcentage de brebis ayant une bonne note pour les indicateurs par rapport au nombre de brebis observées (n = 6 200) dans le cadre d'une évaluation de bien-être des ovins, en élevage extensif, sur 32 exploitations allaitantes, mixtes (laine/viande) ou de laine en Australie (Munoz *et al.*, 2019).

Indicateurs	NEC	État de la laine	Lésions de la peau	Souillures fécales	Longueur de queue	Boiterie
Pourcentage de bonnes notes (%)	86,9	91	69,2	97,1	14,2	95,3

Finalement, l'étude montre un bon niveau de bien-être en lien avec les deux libertés évaluées, à l'échelle du troupeau, mais les auteurs précisent qu'à l'échelle individuelle le bien-être pouvait être compromis de manière significative. Par exemple, l'étude révèle que 85,7 % des brebis évaluées avaient une queue coupée trop court, ce qui favoriserait les prolapsus rectaux (Thomas *et al.*, 2003). Cependant, l'imputabilité d'une queue trop courte comme facteur primaire de prolapsus rectal est débattue : d'autres paramètres, comme des facteurs génétiques, pourraient être impliqués (Zanolini *et al.*, 2014).

F. Protocole proposé par M'Hamdi *et al.* (2021), en Tunisie

La démarche des auteurs s'inscrivait dans une démarche partagée par beaucoup de scientifiques : établir des protocoles d'évaluation du bien-être des ovins et faire un état des lieux du bien-être des ovins dans une région. M'Hamdi *et al.* (2021) proposent un protocole à appliquer aux exploitations tunisiennes : élevages extensifs de brebis allaitantes. Ces auteurs se sont basés sur le protocole AWIN et ont sélectionné des indicateurs dans chaque grande catégorie (bonne alimentation, bon logement, bonne santé et comportement approprié) qui étaient validés, fiables et cohérents avec l'élevage extensif. Ainsi, ils ont sélectionné huit indicateurs :

- État corporel
- Propreté de la laine
- Locomotion
- Lésions
- Respiration
- Propreté de l'arrière-train et du ventre (PAV)
- Relation Homme-Animal : personne connue
- Relation Homme-Animal : personne inconnue

Ces indicateurs recourent quatre des cinq libertés du bien-être animal. Les brebis étaient présentées par les éleveurs et évaluées par un évaluateur. Les résultats étaient ensuite indiqués sous forme de pourcentage de brebis évaluées ayant une bonne condition pour l'indicateur (M'Hamdi *et al.*, 2021).

Ce protocole a été testé dans 52 exploitations en système extensif, entre septembre et décembre 2017. Les exploitations ont été évaluées trois fois chacune : au moment des agnelages, en milieu de lactation et au sevrage. Un total de 1 040 brebis de race Noire de Thibar et 200 agneaux a été évalué (M'Hamdi *et al.*, 2021). Les résultats sont indiqués dans le Tableau 13 et montrent globalement un niveau correct de bien-être, le principal problème étant la propreté de l'arrière-train et du ventre. En ce qui concerne la relation Homme-Animal, les distances moyennes de fuite face à une nouvelle personne et face à l'éleveur étaient respectivement de 10 et 8 mètres (différence significative).

Tableau 13. Pourcentage de brebis ayant présenté une bonne condition pour les indicateurs par rapport au nombre de brebis observées (n = 1 040) dans le cadre d'une évaluation du bien-être des brebis allaitantes en système extensif, selon le protocole tunisien (M'Hamdi *et al.*, 2021).

Indicateurs	NEC ^a	Propreté laine ^b	Locomotion ^c	Respiration ^d	Lésions ^e	PAV ^f
Pourcentage de bonnes conditions (%)	57 %	60 %	84,8 %	89,7 %	86,9 %	17,2 %

a : pourcentage de brebis ayant présenté une NEC de 3

b : pourcentage de brebis considérées comme propres

c : pourcentage de brebis non boiteuses

d : pourcentage de brebis ayant une respiration normale

e : pourcentage de brebis n'ayant aucune lésion

f : pourcentage de brebis ayant un arrière-train et un ventre propres

G. Protocole proposé par Marcone *et al.* (2022), en Italie

L'objectif de ces auteurs était de proposer un protocole simple et rapide d'évaluation du bien-être des ovins dans différentes conditions d'élevage et pour plusieurs types de production. Ils ont sélectionné huit indicateurs à évaluer dans le cadre de leur protocole :

- Maigreur
- Boiterie
- Caudectomie
- État de la laine
- Propreté de la laine
- Lésions de la peau
- Mammites
- Onglons trop longs

Ces huit indicateurs recourent trois des cinq libertés et étaient évalués selon une dichotomie « absence » ou « présence » ; le pourcentage de présence était relevé pour chaque indicateur (Marcone *et al.*, 2022). Un score global était attribué pour évaluer le niveau global du bien-être et correspondait à la somme de tous les scores d'indicateurs. Le score d'indicateur était calculé comme suit :

$$\text{score indicateur} = \text{prévalence d'animaux affectés} \times \text{score médian de pertinence}$$

Le score médian de pertinence a été obtenu grâce aux réponses des éleveurs d'ovins à un questionnaire, dans lequel ils attribuaient une note entre 1 et 10 pour juger de la pertinence de l'indicateur, 1 correspondant à un indicateur « non pertinent » et 10 à un indicateur « très pertinent » (Marcone *et al.*, 2022).

Ce protocole a été testé dans 18 exploitations laitières ovines, dont neuf exploitaient également la viande des ovins, en Italie du sud, dans la région de Basilicate et en Campanie. Les races représentées étaient : Sarda, Lacaune, Comisana, Merinizzata Italiana et Bagnolese. Quatorze des exploitations élevaient leurs ovins en système semi-intensif et quatre en système intensif. L'évaluation a eu lieu en été, après la tonte des moutons pour évaluer plus facilement les lésions (Marcone *et al.*, 2022). L'évaluation d'une exploitation à l'aide de ce protocole durait environ 40 minutes. Le Tableau 14 présente les résultats obtenus par ces auteurs.

Tableau 14. Médianes des prévalences d'animaux affectés pour les huit indicateurs évalués dans 18 exploitations laitières ovines par le protocole d'évaluation du bien-être proposé par Marcone *et al.* (2022).

Indicateurs	Prévalences médianes
Maigreur	32 %
Mauvais état de la laine	14 %
Laine sale	27 %
Lésions de la peau	7 %
Boiterie (tout type)	4 %
Onglons trop longs	2 %
Mammites	1 %
Caudectomie	97 %

H. Protocole d'Évaluation du Bien-être des Brebis en Élevage Laitier (EBBEL), développé en France

En France, des scientifiques ont fait le même constat que Marcone *et al.* (2022) : les protocoles d'évaluation du bien-être des ovins décrits jusqu'à présent concernaient, pour la plupart, les ovins allaitants. Excepté le protocole AWIN, aucun n'était prévu pour des brebis laitières. Un projet pour établir un protocole d'évaluation du bien-être adapté aux brebis laitières a donc été établi dans le bassin du Roquefort. Le travail s'est fait en plusieurs étapes. Les acteurs principaux étaient un vétérinaire de la région du Roquefort, un membre d'une laiterie locale, des représentants d'une organisation de producteurs et un enseignant-chercheur en zootechnie de l'École nationale vétérinaire d'Alfort (EnvA).

Dans un premier temps, une révision de la littérature a permis de sélectionner 31 indicateurs, recoupant les cinq libertés. Ces 31 indicateurs ont été testés dans 21 exploitations de brebis laitières de la région du Roquefort pour constituer une base de données sur le bien-être des brebis laitières dans cette région et tester leur praticité sur le terrain (Jolly, 2020). Les données d'observation individuelle ont été récoltées pendant la traite, les données d'observation du troupeau ont été collectées avant ou après la traite et celles d'environnement ou de zootechnie après la traite (Jolly, 2020). Ces évaluations ont eu lieu en janvier 2019, au moment où toutes les brebis étaient hébergées en bergerie et ne sortaient pas en pâture. Au total, selon les indicateurs, entre 799 et 1 187 brebis de race Lacaune ont été observées et évaluées, le nombre de brebis évaluées par élevage variant entre 44 et 72 brebis (Jolly, 2020).

Dans un second temps, les résultats de cette première étude ont été analysés et 26 indicateurs, présentés dans le Tableau 15, ont été retenus pour constituer le protocole final EBBEL. Certaines définitions de l'évaluation d'indicateurs ont été revues et adaptées pour être plus pratiques et plus objectives. Deux études ont alors été menées de front pour 1) étendre la base de données et évaluer le bien-être à différentes périodes de l'année et 2) tester la reproductibilité des indicateurs et du protocole (protocole EBBEL, données non publiées). C'est ainsi que 40 exploitations laitières du bassin du Roquefort ont été évaluées par un évaluateur A, en juillet et août 2020, et que 41 exploitations laitières du bassin du Roquefort ont été évaluées par un évaluateur B, en février et mars 2021. Ces 81 exploitations comprenaient entre 60 et 1 040 brebis laitières de race Lacaune. Les données individuelles étaient évaluées pendant la traite tandis que les évaluations comportementales étaient réalisées après la traite, tout comme la récolte des données de zootechnie (protocole EBBEL, données non publiées). Pour la deuxième étude, un évaluateur C évaluait en même temps que l'évaluateur A les indicateurs basés sur les animaux (observations individuelles) dans 10 exploitations (protocole EBBEL, données non publiées). Tous les évaluateurs, avaient reçu une formation pour évaluer correctement les indicateurs du protocole (protocole EBBEL, données non publiées).

Tableau 15. Les 26 indicateurs sélectionnés pour l'évaluation de chacune des libertés du bien-être animal dans le cadre du protocole d'évaluation du bien-être des brebis laitières (protocole EBBEL, données non publiées).

Libertés du bien-être animal	Indicateurs
Absence de faim, soif et malnutrition	État corporel
	Abreuvement en pâture
	Capacité d'abreuvement en bergerie
Absence de maladie, douleur, blessure	Locomotion
	Longueur des onglons
	Intégrité de la peau
	Intégrité de la mamelle
	Intégrité des trayons
	Sécrétions nasales
	Propreté du pourtour anal
	Couverture de laine
Absence de contrainte physique et climatique	Propreté de la mamelle
	Propreté du dos
	Propreté des pattes
	Humidité de laine
	Surface disponible par animal en bergerie
	Présence d'ombre sur les parcelles
Expression de comportements normaux	Accès à la pâture
	Liberté de mouvement
	QBA
Absence de peur ou de stress	Animaux élevés individuellement
	Relation Homme/Animal : distance et type de fuite
Indicateurs recoupant plusieurs libertés	Mortalité des brebis
	Mortalité des agneaux
	Nombre de brebis/UMO

Dans un troisième temps, les résultats de la base de données, constituée des résultats de l'évaluation du bien-être dans les 81 élevages, ont permis de développer pour chaque indicateur un objectif, un seuil d'alerte et un seuil d'alarme pour aider les éleveurs à détecter les problèmes de bien-être dans leur troupeau (protocole EBBEL, données non publiées). L'avantage de ces seuils est qu'ils sont basés sur la population étudiée et reflètent une réalité plutôt qu'un seuil théorique ou expert. Les résultats de la base de données sont résumés dans les Tableau 16 et Tableau 17. Ils montrent un bon niveau de bien-être des brebis laitières de la région du Roquefort avec comme problème principal, été comme hiver, une forte proportion de brebis avec des onglons trop longs (protocole EBBEL, données non publiées).

Tableau 16. Base de données EBBEL, constituée lors de l'évaluation de 40 élevages dans le bassin du Roquefort, par l'évaluateur A en juillet et août 2020 : minimum, maximum, médiane, 1^{er} quartile et 3^e quartile du pourcentage de brebis ayant eu un bon résultat pour l'indicateur au sein d'un élevage (protocole EBBEL, données non publiées).

Libertés	Indicateurs	Minimum	Maximum	Médiane	1^{er} quartile	3^e quartile
Absence de faim, soif et malnutrition	État corporel	80 %	100 %	98 %	96 %	100 %
	Capacité d'abreuvement en bergerie	56 %	271 %	117 %	96 %	162 %
Absence de maladie, douleur et blessure	Locomotion correcte	94 %	100 %	99 %	98 %	100 %
	Longueur d'onglons correcte	43 %	100%	81 %	70 %	89 %
	Peau intègre	84 %	100 %	95 %	92 %	96 %
	Mamelle intègre	84 %	100 %	98 %	95 %	99 %
	Trayons intègres	86 %	100 %	96 %	93 %	98 %
	Absence de sécrétions nasales	91 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pourtour anal propre	91 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Couverture de laine correcte	91 %	100 %	98 %	96 %	100 %
Absence de contrainte physique et climatique	Dos propre	95 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Mamelles propres	95 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pattes propres	92 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Laine sèche	91 %	100 %	98 %	96 %	100 %
	Surface disponible par animal	0,79 m ²	2,35 m ²	1,31 m ²	1,14 m ²	1,5 m ²
Expression de comportements normaux	Accès à la pâture	6 mois	12 mois	8 mois	7 mois	8 mois
Absence de peur ou de stress	Type de fuite	Absente	En marchant	-	-	-
	Distance de fuite	0 m	10 m	1 m	0 m	3,5 m
Indicateurs recoupant plusieurs libertés	Nombre de brebis/UMO	63	520	152	119	192
	Mortalité des brebis	0,4 %	9,6 %	2,6 %	2,0 %	4,3 %
	Mortalité des agneaux	2,9 %	16,1 %	6,9 %	4,7 %	9,0 %

Tableau 17. Base de données EBBEL, constituée lors de l'évaluation de 41 élevages dans le bassin du Roquefort, par l'évaluateur B en février et mars 2021 : minimum, maximum, médiane, 1^{er} quartile et 3^e quartile du pourcentage de brebis ayant eu un bon résultat pour l'indicateur au sein d'un élevage (protocole EBBEL, données non publiées).

Libertés	Indicateurs	Minimum	Maximum	Médiane	1^{er} quartile	3^e quartile
Absence de faim, soif et malnutrition	État corporel	90 %	100 %	100 %	98 %	100 %
	Capacité d'abreuvement en bergerie	35 %	447 %	108 %	84 %	149 %
Absence de maladie, douleur et blessure	Locomotion correcte	86 %	100%	100%	96 %	100 %
	Longueur d'onglons correcte	21 %	100 %	82 %	54 %	90 %
	Peau intègre	88 %	100 %	97 %	95 %	99 %
	Mamelle intègre	86 %	100 %	97 %	95 %	100 %
	Trayons intègres	70 %	100 %	95 %	91 %	100 %
	Absence de sécrétions nasales	88 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Pourtour anal propre	96 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Couverture de laine correcte	41 %	100 %	91%	87 %	98 %
Absence de contrainte physique et climatique	Dos propre	99 %	100 %	100 %	100 %	100 %
	Mamelles propres	61 %	100 %	94 %	83 %	99 %
	Pattes propres	4 %	100 %	88 %	79 %	98 %
	Laine sèche	66 %	100 %	98 %	93 %	100 %
	Surface disponible par animal	0,76 m ²	2,83 m ²	1,3 m ²	1,22 m ²	1,42 m ²
Expression de comportements normaux	Accès à la pâture	4 mois	11 mois	8 mois	6 mois	8 mois
Absence de peur ou de stress	Type de fuite	Absente	En courant	-	-	-
	Distance de fuite	0 m	3 m	1 m	0 m	1 m
Indicateurs recoupant plusieurs libertés	Nombre de brebis/UMO	80	509,1	195	153,75	234,88
	Mortalité des brebis	1 %	10 %	4 %	3 %	5 %
	Mortalité des agneaux	0,1 %	40 %	6 %	2 %	7 %

I. Conclusion sur les protocoles d'évaluation du bien-être des brebis

Il existe plusieurs protocoles d'évaluation du bien-être des ovins qui sont complémentaires les uns des autres. Certains protocoles se veulent généraux pour être utilisés dans l'évaluation du bien-être de n'importe quel ovin, pour n'importe quelle production et n'importe quel système d'élevage, comme le protocole européen AWIN (AWIN, 2015). D'ailleurs, ce protocole sert souvent de référence pour élaborer des protocoles ou pour tester le bien-être des ovins dans un pays (Jolly, 2020 ; Nenadović *et al.*, 2020 ; M'Hamdi *et al.*, 2021 ; Marcone *et al.*, 2022). De même, le protocole italien proposé par Napolitano *et al.* (2009) a servi à évaluer le bien-être des brebis au Mexique (Mondragón-Ancelmo *et al.*, 2020). Au contraire, d'autres protocoles prennent le parti d'exploiter les particularités de systèmes (extensif ou intensif) ou les particularités de productions (allaitants ou laitiers). On remarque d'ailleurs que les protocoles qui visent les systèmes extensifs évaluent moins d'indicateurs, donnent-ils pour autant moins d'informations sur le bien-être des ovins ? Il faut avoir en tête que selon le type d'élevage, les enjeux principaux du bien-être des ovins ne sont pas les mêmes. Par exemple, en élevage extensif, les animaux sont plus confrontés à la prédation que les animaux en élevage intensif (Richmond *et al.*, 2017) ; ou encore le comportement normal des animaux est plus restreint en élevage intensif qu'en élevage extensif (Nicolussi *et al.*, 2009). Adapter le protocole au système d'élevage semble donc une bonne idée.

Par ailleurs, globalement, les protocoles testés dans les différents pays révélaient un niveau correct de bien-être des ovins.

Le Tableau 18 résume les caractéristiques, avantages et inconvénients des différents protocoles d'évaluation du bien-être des ovins décrits ci-dessus.

Tableau 18. Résumé des caractéristiques, avantages et inconvénients des différents protocoles d'évaluation du bien-être des ovins en élevage.

Protocoles	(Napolitano <i>et al.</i> , 2009)	(Stubsj�en <i>et al.</i> , 2011)	(AWIN, 2015)	(IDELE, 2015)	(Munoz <i>et al.</i> , 2019)	(M'Hamdi <i>et al.</i> , 2021)	(Marcone <i>et al.</i> , 2022)	EBBEL
Nombre d'indicateurs évalués	35	34	23	13	10	8	8	26
Nombre de libertés prises en compte	4	4	5	5	3	4	3	5
Système d'élevage visé	Extensif	Intensif	Tout type	Semi-intensif Extensif	Extensif	Extensif	Semi-intensif Intensif	Semi-intensif
Production visée	Allaitant	Allaitant	Allaitant Laitier	Allaitant	Allaitant Laine Mixte	Allaitant	Laitier Mixte (allaitant- laitier)	Laitier
Type d'animaux visé	Brebis en lactation	Brebis	Brebis	Brebis	Brebis	Brebis et agneaux	Ovins	Brebis en lactation
Avantages	évaluation du niveau global de BEA. Indicateurs basés sur : animaux, ressources et gestion.	Indicateurs basés sur animaux, ressources et données de production. 47 % des indicateurs sont basés sur les animaux.	82 % des indicateurs sont basés sur les animaux. Deux niveaux d'évaluation : gain de temps.	Tous les indicateurs sont basés sur les animaux.	Tous les indicateurs sont basés sur les animaux. Rapide.	Tous les indicateurs sont basés sur les animaux.	Majorité d'indicateurs basés sur les animaux. Indicateurs basés sur animaux et gestion. Niveau global de BEA. Rapide.	61 % des indicateurs sont basés sur les animaux. Protocole testé en hiver et en été. Indicateurs basés sur animaux et ressources.
Inconvénients	Les indicateurs basés sur les animaux ne représentent qu'1/3 de la note. Long.	Probablement long à réaliser même si on ne dispose pas d'informations sur la durée de l'évaluation.	Peut être très long à mettre en place 2 niveaux d'évaluation : peut passer à côté de problèmes discrets de bien-être.	Très long à réaliser.	Manque de données sur le comportement, le stress des animaux ou sur l'absence de soif.	Manque de données sur l'absence de soif et sur le comportement des animaux.	Manque de données sur les comportements des animaux et sur leur stress. Pas de détection de subtiles différences dans la sévérité des atteintes.	Long. Pas de détection de subtiles différences dans la sévérité des atteintes.

5. Analyse de la validité méthodologique des indicateurs de bien-être animal utilisés dans le protocole EBEL

Les indicateurs présentés dans cette partie sont les indicateurs qui constituent le protocole EBEL. Cette partie permet de faire le point sur les connaissances scientifiques de ces indicateurs : sont-ils validés, reproductibles, répétables ? Quelles sont les implications en termes de bien-être pour les brebis ? L'indicateur est-il adapté pour les brebis du bassin du Roquefort ? La révision de la littérature sur ces indicateurs a également servi la réflexion de la classification des indicateurs pour la création du score de bien-être (cf. la deuxième partie de cette thèse).

A. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de faim, soif et malnutrition »

a. État corporel

L'état corporel d'un animal reflète sa condition musculaire et grasseuse. D'ailleurs, Murray (1919) définit l'état corporel comme étant « le ratio entre la quantité de graisse sur la quantité de matière non grasseuse dans le corps d'un animal vivant ». La quantité de matière non grasseuse ne variant quasiment pas, sauf discrètement avec l'âge (Murray, 1919), apprécier l'état corporel d'une brebis, revient à apprécier son état d'engraissement. L'état corporel des moutons fait partie des indicateurs d'évaluation du bien-être des ovins car un animal très maigre ou, au contraire, très gras peut indiquer un défaut de bien-être de l'individu (au niveau de l'alimentation et de la santé) voire même du troupeau lorsque le nombre d'animaux concernés est élevé (Vatankhah *et al.*, 2012).

Ainsi, la Note d'État Corporel (NEC) permet d'estimer la condition musculaire et grasseuse du corps du mouton (Caroprese *et al.*, 2009a ; AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017). Selon Kenyon *et al.* (2014) et Richmond *et al.* (2017), une NEC faible traduit une dépense énergétique supérieure à l'apport énergétique. Dans ce cas, l'animal est obligé de puiser dans ses réserves et la graisse est mobilisée pour combler ses besoins. D'ailleurs, Caldeira *et al.* (2007) ont trouvé une corrélation entre la NEC et les concentrations plasmatiques de certains indicateurs de lipomobilisation (le glucose et les acides gras non estérifiés). Une NEC élevée, au contraire, peut indiquer une suralimentation ou un confinement excessif (Caroprese *et al.*, 2009a ; Richmond *et al.*, 2017). De plus, la NEC est aussi associée à la motivation alimentaire (AWIN, 2015) : les brebis minces sont plus motivées à aller s'alimenter que les brebis grasses (Verbeek *et al.*, 2012).

La NEC est associée à la santé et peut même être corrélée à la mortalité (Morgan-Davies *et al.*, 2008 ; Stubbsjøn *et al.*, 2011 ; AWIN, 2015). Par exemple, les brebis grasses ont plus de risque de déclencher une toxémie de gestation (Rook, 2000). De manière générale, les brebis émaciées peuvent souffrir de maladies chroniques, de problèmes dentaires, d'endo ou d'ectoparasitisme (Sargison et Scott, 2010).

Par ailleurs, la NEC est corrélée à certains paramètres de la reproduction des brebis : à leur fertilité (notamment le taux de gestation) et à leur fécondité (Thompson et Meyer, 1994 ; Yilmaz *et al.*, 2011 ; Vatankhah *et al.*, 2012 ; Kenyon *et al.*, 2014 ; Richmond *et al.*, 2017). Selon Yilmaz *et al.* (2011) les brebis présentant une NEC entre 2 et 3 ont les meilleurs taux de gestation et une meilleure fécondité tandis que les pires taux de gestation et fécondité ont été observés chez des brebis avec une NEC inférieure ou égale à 1,5. Vatankhah *et al.* (2012), quant à eux, ont observé une incidence plus élevée de non gestation et un taux plus faible de jumeaux chez les brebis grasses au moment de la lutte. De plus, Thompson et Meyer (1994) ont observé une corrélation entre une NEC faible et

un taux de survie de leurs agneaux inférieur. En effet, les agneaux nés de brebis qui ont perdu de l'état corporel pendant leur gestation montrent un retard de développement des comportements normaux, comme se mettre sur les genoux, tenter de se redresser, se lever, chercher la mamelle, tenter de téter, téter et jouer. Ce retard persiste pendant trois jours (Dwyer, 2003). Si les agneaux peinent à se lever, à trouver la mamelle et à téter, ils ne peuvent pas boire le colostrum, ce qui est préjudiciable pour leur survie. De plus, le comportement maternel des brebis envers leurs agneaux est également important pour la survie de ces derniers. Effectivement, Everett-Hincks *et al.* (2005) ont montré que la survie des agneaux jusqu'au sevrage augmentait significativement avec le score de comportement maternel.

La NEC optimale, associée à la plus haute performance (productive ou reproductive), dépend de l'âge, du sexe, du stade physiologique (lactation, gestation ...), du nombre d'agneaux, de la race, du système de production et de la qualité et de la quantité de l'alimentation (Kenyon *et al.*, 2014). Il peut donc être compliqué de connaître la NEC idéale pour les brebis. Certains auteurs proposent des recommandations en fonction du stade physiologique des brebis. Ces recommandations sont présentées dans le Tableau 19. Par ailleurs, au Royaume-Uni, le RSPCA qui tient compte notamment des obligations réglementaires, impose des ovins avec une NEC supérieure ou égale à 2, à n'importe quelle période (RSPCA, 2020). Dans le même sens, selon Thompson et Meyer (1994), à n'importe quelle période de l'année, 90 % des animaux devraient avoir une NEC de 2, 3 ou 4.

Tableau 19. Recommandations selon le stade physiologique des brebis en matière de Notes d'État Corporel selon différents auteurs.

Stade physiologiques	Auteurs	Recommandations
Mise à la lutte	Thompson et Meyer (1994)	3 - 4
	Kenyon <i>et al.</i> (2014)	2,5 - 3
Début de gestation	Thompson et Meyer (1994)	2,5 - 4
	Kenyon <i>et al.</i> (2014)	2,5 - 3
Milieu de gestation	Thompson et Meyer (1994)	2,5 - 4
Agnelages (un seul agneau)	Thompson et Meyer (1994)	3 – 3,5
	Kenyon <i>et al.</i> (2014)	2,5 – 3 idéalement (soit une perte de 0,5 à 1 point de NEC) mais au minimum 2
Agnelages (jumeaux)	Thompson et Meyer (1994)	3,5 - 4
	Kenyon <i>et al.</i> (2014)	2,5 – 3 idéalement (soit une perte de 0,5 à 1 point de NEC) mais au minimum 2
Sevrage	Thompson et Meyer (1994)	2 ou plus
	Kenyon <i>et al.</i> (2014)	Pas moins de 2 et perte de 1 point maximum par rapport à la NEC au moment de l'agnelage

Comment évaluer l'indicateur ?

Il existe plusieurs façons d'évaluer l'état corporel des brebis : estimation de la NEC, du score d'engraissement ou encore du poids vif. L'estimation de la graisse corporelle et des réserves énergétiques d'un mouton est plus fiable lorsqu'elle est évaluée par la NEC que par le poids vif (Russel *et al.*, 1969 ; Sanson *et al.*, 1993). Ceci s'explique par la variation de la taille et de la structure du squelette (Vatankhah *et al.*, 2012 ; Kenyon *et al.*, 2014), de l'état physiologique (exemple : gestation), du remplissage de l'appareil digestif, de la longueur et de l'humidité de la laine (Jefferies, 1961). En pratique, c'est donc la NEC qui est utilisée pour apprécier l'état corporel.

La méthode d'estimation de la NEC la plus couramment utilisée est celle décrite par Russel *et al.* (1969). Ces auteurs ont proposé de palper la région lombaire, entre la dernière côte et les hanches, au niveau de la noix, et de donner une note entre 0 et 5. La noix a été choisie comme zone pour estimer la NEC car, chez le mouton, c'est le dernier endroit à prendre du gras mais le premier à en perdre (Jefferies, 1961 ; Shands *et al.*, 2009). Les différents repères anatomiques à palper sont présentés sur la Figure 6. Il y a plusieurs gestes à réaliser. Il faut :

- 1) Estimer la proéminence des processus épineux des vertèbres lombaires en caressant la ligne médiane du dos.
- 2) Estimer la proéminence et le degré de couverture des processus transverses des vertèbres lombaires en passant la main dessus.
- 3) Estimer le développement des muscles sous-lombaires en essayant de passer les doigts sous les processus transverses des vertèbres lombaires.
- 4) Estimer le développement de la noix en appréciant sa forme.

Le Tableau 20 décrit les caractéristiques de chaque NEC, allant de 0 à 5.

Figure 6. Repères anatomiques à palper pour établir la Note d'État Corporel des brebis, vu en coupe transversale de la brebis au niveau des vertèbres lombaires (apophyse étant synonyme de processus) (IDELE, 2010).

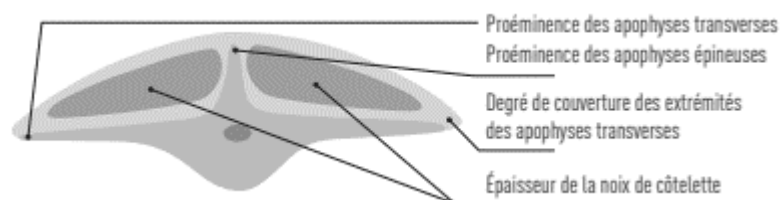











Tableau 20. Description des caractéristiques de chaque Note d'État Corporel, allant de 0 à 5, pour évaluer l'indicateur « état corporel » dans le cadre d'une évaluation du bien-être des brebis.

	0	1 	2 	3 	4 	5 
1) Estimer la proéminence des processus épineux 		Processus épineux saillants et pointus.	Processus épineux proéminents, sans rugosité, arrondis plus que pointus. Ils forment des ondulations au toucher.	Les processus épineux forment des ondulations souples. On peut les sentir individuellement en exerçant une légère pression.	Les processus épineux ne forment qu'un léger relief. On peut les sentir individuellement en exerçant une forte pression.	Impossible de détecter les processus épineux, même avec une pression ferme. Dépression de la ligne médiane du dos là où se trouvent normalement les processus épineux.
2) Estimer la proéminence et le degré de couverture des processus transverses 	Animal extrêmement émacié, sur le point de mourir. Aucun tissu (graisseux ou musculaire) entre la peau et les os.	Processus transverses pointus.	Processus transverses arrondis, sans rugosité.	Processus transverses arrondis et très bien couverts. Seule une forte pression permet de sentir les extrémités.	Les processus transverses forment une ligne presque rectiligne. Une forte pression permet de les sentir individuellement.	Processus transverses non détectables, même avec une pression ferme.
3) Estimer le développement des muscles sous-lombaires 		Les doigts passent facilement sous les processus transverses et il est possible de les engager entre eux.	Les doigts passent sous les processus transverses avec une légère pression mais on ne peut pas les engager entre eux.	Une pression moyenne est nécessaire pour engager les doigts sous les processus transverses.	Il est difficile d'engager les doigts sous les processus transverses mais c'est possible avec une pression ferme.	Impossible d'engager les doigts sous les processus transverses.
4) Estimer le développement de la noix 		Noix peu épaisse et concave. Pas de graisse de couverture.	Noix moyennement épaisse, plus concave que convexe. Peu de graisse de couverture.	Noix légèrement convexe, pleine. Couverture de graisse moyenne.	Noix pleine et convexe. Forte couverture de graisse.	Noix très convexe. Importants dépôts de graisse à la base de la queue.

Sources du texte : (Russel *et al.*, 1969 ; Thompson et Meyer, 1994 ; IDELE, 2015)

Sources illustrations : (Thompson et Meyer, 1994) pour les illustrations de NEC (première ligne) ; (IDELE, 2015) pour les illustrations de la méthode (première colonne)

La méthode d'évaluation de la NEC de Russel *et al.* (1969) peut s'utiliser avec des demi-points ou des quarts de points. Si dans le troupeau, les NEC minimale et maximale diffèrent de plus d'un point, on utilisera plutôt une échelle à demi-points tandis que si les NEC sont relativement similaires et ne diffèrent pas de plus d'un point, on préférera l'échelle à quart de points (Russel *et al.*, 1969). Thompson et Meyer (1994) recommandent quant à eux d'utiliser des demi-points entre les NEC 2 et 4.

Depuis les années 2000, on observe une volonté de simplification de la lecture ou l'analyse des évaluations de la NEC. Dans cet objectif, Caroprese *et al.* (2009a) ont suggéré que des notes de 4 ou 5 indiquent une brebis trop grasse voire obèse tandis que les notes inférieures à 2 indiquent des brebis trop maigres voire émaciées. Ensuite, un panel d'experts en matière de bien-être des ovins, réuni par Phythian *et al.* (2011), a proposé de simplifier la méthode d'évaluation de la NEC en ne classant les animaux qu'en trois catégories : bon état corporel, gras, maigre. De plus, Phythian *et al.* (2012) ont expliqué qu'une estimation de l'état corporel basé sur les termes « gras », « maigre » et « bon état corporel » permet d'avoir une cohérence entre observateurs et une bonne faisabilité dans le cadre d'évaluations de bien-être ou de schémas de certification ou de systèmes d'assurance agricole. Ils précisent toutefois que cette méthode n'est pas assez précise lors d'évaluation clinique de l'état corporel. Plusieurs protocoles d'évaluation du bien-être des ovins suivent cette logique de classification, seuls les seuils de classification varient d'un protocole à l'autre. Ainsi, le protocole AWIN (2015) propose de classer les brebis en quatre catégories : émaciées ($NEC \leq 1$), maigres ($NEC < 2$), bon état corporel ($2 < NEC < 4$) et grasses ($NEC \geq 4$) tandis que le protocole EBBEL ne classe cet indicateur qu'en trois catégories : maigre ($NEC < 2$), bon état corporel ($2 \leq NEC \leq 3,5$) et grasse ($NEC > 3,5$) (Jolly, 2020).

La reproductibilité et la répétabilité de l'évaluation de la NEC, selon la méthode de Russel *et al.* (1969) varient de bonnes (Russel *et al.*, 1969 ; IDELE, 2015) à élevées (Phythian *et al.*, 2012). Phythian *et al.* (2012) précisent tout de même que la reproductibilité et la répétabilité sont élevées si la méthode est utilisée avec une échelle à demi-points et non avec des points entiers. Dans ce dernier cas, la reproductibilité et la répétabilité sont moyennes à bonnes (Phythian *et al.*, 2012). Les auteurs ajoutent qu'en pratique, la fiabilité de la méthode d'évaluation de la NEC dépend de la formation qu'a reçue l'évaluateur : ils soulignent l'importance de s'entraîner avant d'utiliser cette notation pour maintenir une fiabilité élevée. Globalement, la littérature suggère que lorsque les observateurs ne sont pas expérimentés, la cohérence entre les observations est faible (Yates et Gleeson, 1975) alors que les évaluateurs expérimentés obtiennent une cohérence élevée (même avec les notations avec des quarts de points) (Teixeira *et al.*, 1989 ; Van Burgel *et al.*, 2011 ; Phythian *et al.*, 2012). Cependant, le protocole EBBEL a trouvé une reproductibilité moyenne à l'évaluation de la NEC en demi-points (protocole EBBEL, données non publiées).

De plus, l'indicateur « état corporel » évalué par le biais de la NEC a été jugé cliniquement utile par Phythian *et al.* (2019) et a été validé par consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011).

Quelle place pour la NEC chez les brebis laitières ?

Les méthodes d'évaluation de l'état corporel par la NEC ont été développées pour les ovins à viande et à laine (Termatzidou *et al.*, 2020). Par conséquent Termatzidou *et al.* (2020) ont évalué la pertinence de l'utilisation d'un tel système pour apprécier l'état corporel des brebis laitières. Quatre races de brebis laitières ont été étudiées : Lacaune, Chios, Assaf et Frizarta. Les brebis ont été soumises, dans l'ordre, à une période d'acclimatation (trois semaines), une période d'engraissement

(six semaines), une période de transition (deux semaines) puis une période de jeûn (trois semaines). La NEC était évaluée selon la méthode de Russel *et al.* (1969), en utilisant des demis et quarts de point. De plus, Termatzidou *et al.* (2020) ont mesuré l'épaisseur de graisse du dos et l'épaisseur du muscle grand dorsal (*longissimus dorsi*) par échographie afin d'évaluer la pertinence de la NEC dans l'évaluation de l'état corporel des brebis laitières.

Les auteurs ont trouvé une corrélation faible à modérée entre l'épaisseur de la graisse du dos et la NEC pour les quatre races étudiées. Cette corrélation était la plus faible pour la race Assaf et la plus forte pour la race Lacaune. Ils ont trouvé le même type de corrélation entre l'épaisseur du muscle grand dorsal et la NEC chez les quatre races. Cependant, cette corrélation était la plus forte chez la race Assaf et la plus faible chez les Chios. Ces résultats nous indiquent que la méthode d'évaluation de la NEC de Russell *et al.* (1969) est la plus appropriée pour la race Lacaune. Cependant, les corrélations restant moyennes, le développement d'une nouvelle échelle pour la NEC des brebis laitières pourrait aboutir à une estimation plus précise de leurs réserves énergétiques (Termatzidou *et al.*, 2020).

Termatzidou *et al.* (2020) ont aussi observé que pour un même dépôt de gras et de muscle, sur un même animal, les NEC en période de jeûn et en période d'engraissement différaient de 0,5 unité. Ceci s'explique par le fait que, lorsque les brebis mangent correctement et prennent de l'état corporel, le muscle grand dorsal s'épaissit plus rapidement que la graisse de couverture du dos. Lorsqu'on estime la NEC à ce moment-là, on est influencé par le changement proportionnellement plus important de l'épaisseur du muscle grand dorsal et non par la palpation des processus. La NEC est alors surestimée de 0,5 point. Lors de la perte d'état, les deux épaisseurs, du muscle grand dorsal et de la graisse de couverture du dos, diminuent au même rythme. L'observateur est alors influencé de la même manière par la palpation des processus (épineux et transverses) et par la forme du muscle (Termatzidou *et al.*, 2020).

L'état corporel d'un animal reflète sa condition musculaire et grasseuse. La NEC fournit donc une information importante sur l'état énergétique des brebis : les brebis avec une NEC < 2 sont trop maigres ; les brebis avec une NEC ≥ 4 sont trop grasses. Idéalement, il faut qu'au moins 90 % du troupeau soient en bon état corporel. La NEC est corrélée à la mortalité des brebis mais aussi à celle de leurs agneaux et à des paramètres de reproduction. La NEC est évaluée au niveau des lombes. La méthode traditionnelle veut qu'on attribue une note entre 0 et 5 mais certains auteurs proposent une simplification pour l'évaluation du bien-être : « bon état corporel », « maigre » ou « gras ». L'indicateur « état corporel » a une reproductibilité et répétabilité moyennes à élevées ; la reproductibilité étant meilleure si les évaluateurs sont expérimentés. C'est un indicateur qui a été validé pour l'évaluation du bien-être des ovins par un consensus d'experts. Cela étant, la méthode d'évaluation de la NEC a été développée chez les ovins allaitants et semble ne pas être très précise pour les brebis laitières, à l'exception de la race Lacaune. Il serait intéressant de développer une nouvelle technique plus adaptée aux autres races de brebis laitières.

b. Abreuvement

L'eau est un nutriment essentiel nécessaire au métabolisme de l'organisme. En effet, elle est indispensable au maintien de l'équilibre thermique ; elle est le solvant principal des fluides intra et extra-cellulaires, représente 90 % du plasma sanguin et est essentielle pour maintenir un afflux sanguin important chez les animaux gestants (Holter et Urban, 1992 ; Andrew *et al.*, 1995).

La consommation d'eau dépend des pertes d'eau par l'organisme (urine, lait, fèces, transpiration) et de la quantité d'eau contenue dans les fourrages ingérés. La quantité d'eau bue dépend donc de la quantité d'aliments ingérée et de leur teneur en eau : par exemple, l'herbe en pâture a un taux de matière sèche plus faible que le foin (Anses, 2010). Les brebis peuvent ingérer au total jusqu'à 10 litres d'eau par jour, ce qui correspond à une quantité d'eau bue en moyenne de 2,5 – 5 litres (Anses, 2010 ; EFSA, 2014). Les femelles en lactation ont des besoins en eau plus importants et ce d'autant plus que leur production laitière est importante (Anses, 2010). En effet, l'eau est un élément capital pour la formation du lait : la teneur en eau du lait des brebis Lacaune est estimée à 81 % (Casamassima *et al.*, 2018). Casamassima *et al.* (2018) ont d'ailleurs montré qu'une privation d'eau à hauteur de 40 % du besoin en eau conduit à une diminution de la production laitière des brebis Lacaune. De plus, lors de fortes chaleurs, ce besoin augmente également, par exemple, à 30 °C, le besoin en eau est doublé chez les ovins (Girault *et al.*, 2016).

Lorsque la brebis ne boit pas suffisamment, par exemple parce qu'elle n'a pas accès à l'eau, elle se déshydrate. Les ruminants sont capables de mieux tolérer la privation d'eau que d'autres espèces, notamment parce que leur rumen constitue un réservoir d'eau (EFSA, 2014). Cependant, si les petits ruminants des milieux arides et semi-arides peuvent survivre sans boire pendant longtemps, cette capacité est diminuée chez les petits ruminants des zones tempérées comme la France (EFSA, 2014). La sensation associée à la déshydratation est la soif. La soif prolongée provoque un stress, une diminution de la production laitière et, si elle dure suffisamment longtemps, une perte de poids et des maladies (Nicolussi *et al.*, 2009 ; Chedid *et al.*, 2014 ; EFSA, 2014). Plusieurs auteurs se sont intéressés à l'effet d'une privation d'eau chez les ovins. En cas de déshydratation, le volume plasmatique est réduit, ce qui provoque une augmentation de l'hématocrite et de la protéinémie totale et donc de la viscosité sanguine. Cette diminution du volume sanguin entraîne également la sécrétion de vasopressine et d'aldostérone, qui provoque une rétention sodée et hydrique ; ainsi les urines sont plus concentrées et la concentration en sodium augmente (Jaber *et al.*, 2004 ; Hamadeh *et al.*, 2006 ; Jaber *et al.*, 2013 ; Chedid *et al.*, 2014 ; Casamassima *et al.*, 2016). La déshydratation provoque également une diminution du débit de filtration glomérulaire et une majoration du taux de réabsorption d'urée ce qui entraînent une élévation de l'urémie et de la créatinémie (Jaber *et al.*, 2004 ; Hamadeh *et al.*, 2006 ; Jaber *et al.*, 2013 ; Chedid *et al.*, 2014 ; Casamassima *et al.*, 2016). Par ailleurs, lors de privation d'eau, il y a une diminution de la prise alimentaire de fourrage. Cela est probablement dû à la diminution du péristaltisme qui entraîne une digestion plus longue et donc une digestibilité plus importante (Jaber *et al.*, 2004 ; Hamadeh *et al.*, 2006 ; Chedid *et al.*, 2014 ; Casamassima *et al.*, 2016 ; Casamassima *et al.*, 2018). La fréquence respiratoire, pour la race Lacaune, est ralentie ; cela diminue les pertes d'eau par évaporation pulmonaire. Pour les ovins en milieu aride, une polypnée est associée à une privation d'eau car ces animaux se trouvent dans un contexte de stress thermique (Chedid *et al.*, 2014 ; Casamassima *et al.*, 2016 ; Ghassemi Nejad et Sung, 2017). De plus, les animaux qui subissent des privations d'eau ont tendance à réduire leur activité : ils sont plus souvent en position assise que debout (Ghassemi Nejad et Sung, 2017).

Ainsi la soif, définie comme la sensation associée à la déshydratation, peut devenir un problème de bien-être majeur dans les élevages. Ce problème est plus important dans les élevages extensifs, surtout en été, lors de sécheresses, ou en périodes de gel en hiver (EFSA, 2014). Évaluer la soif, donc l'état de déshydratation, est important dans un protocole de bien-être. Cependant, l'état d'hydratation est difficilement évaluable cliniquement, notamment avec le pli de peau comme chez les autres espèces car la validité de cette technique n'est pas démontrée (EFSA, 2014 ; Richmond *et al.*, 2017). S'il n'y a pas d'étude démontrant la validité de la relation entre la présence d'eau et l'absence de soif prolongée, celle-ci est implicite (Richmond *et al.*, 2017). Ainsi, pour évaluer la soif chez les animaux, on apprécie la disponibilité de l'eau dans les enclos en bergerie comme en pâture. L'abreuvement est donc un indicateur à classer dans la liberté « absence de faim, soif et malnutrition ».

D'un point de vue réglementaire, la législation européenne, à travers la Directive 98/58/CE du Conseil du 20 juillet 1998 concernant la protection des animaux dans les élevages, impose que « les installations d'alimentation et d'abreuvement doivent être conçues, construites et installées de manière à limiter (...) les effets nuisibles pouvant résulter des rivalités entre les animaux » (Conseil Européen, 1998).

Comment évaluer l'indicateur ?

Pour évaluer l'abreuvement, le protocole italien fait une dichotomie : soit les abreuvoirs sont toujours disponibles, soit ils ne le sont qu'une partie de la journée (Napolitano *et al.*, 2009). Le protocole AWIN évalue l'eau plus précisément : il prend en compte la présence et le type de points d'eau, leur accessibilité, leur bon fonctionnement et leur propreté, là où se trouvent les moutons (pâture, enclos, paddock ...) (AWIN, 2015). Enfin le protocole EBBEL va plus loin et sépare l'indicateur « abreuvement » en deux : on évalue d'une part la capacité d'abreuvement en bergerie, c'est-à-dire le pourcentage du troupeau qui peut être abreuvé par l'ensemble des abreuvoirs et, d'autre part, la présence d'abreuvoirs ou de points d'eau sur les parcelles (Jolly, 2020).

L'accès à l'eau est un indicateur qui a été validé par un consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011). De plus, en tant qu'indicateur basé sur les ressources, sa fiabilité d'évaluation devrait être bonne (Richmond *et al.*, 2017).

L'eau est essentielle pour l'organisme des animaux, notamment chez les brebis laitières pour la production du lait. La soif prolongée provoque un stress, une diminution de la production laitière et, si elle dure trop longtemps, une débilitation, une perte de poids et des maladies. La soif n'est pas scientifiquement évaluable directement sur les animaux, on l'évalue donc par la disponibilité de l'eau. L'accès à l'eau a d'ailleurs été validé scientifiquement dans l'évaluation du bien-être des ovins.

B. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de maladie, douleur et blessure »

a. Locomotion

La locomotion est un aspect très important à évaluer dans le contexte d'évaluation du bien-être animal car les boiteries sont un problème majeur du bien-être des brebis (Winter, 2004 ; Kaler *et al.*, 2009). Elles décrivent une anomalie de démarche et, de ce fait, sont plus faciles à mettre en évidence lorsque l'animal est en mouvement (AWIN, 2015). Il a été prouvé que les boiteries sont un indicateur de douleur chez les ovins (Ley *et al.*, 1995 ; Winter, 2008 ; AWIN, 2015 ; McLennan *et al.*, 2016 ; Fieseler *et al.*, 2018). Winter (2008) a même montré que les moutons boiteux présentent une hyperalgie qui dure entre une semaine et trois mois. Les boiteries peuvent aussi être des indicateurs de conditions de sol difficiles, d'humidité, d'onglons non parés, de traumatismes, de fractures ou d'inflammations de structures anatomiques ou de glandes (Caroprese *et al.*, 2009a).

En Grèce, Gelasakis *et al.* (2017) ont mené une étude pour décrire l'épidémiologie des boiteries chez les brebis laitières de race Chios. Ils ont trouvé une majorité de boiterie des membres postérieurs par rapport aux membres antérieurs (60 % versus 40 %). Dans 75 % des cas, un seul onglon était en cause, le plus souvent l'onglon interne (63 % des boiteries dont un seul onglon est en cause). Les auteurs ont mis en évidence plusieurs étiologies : piétin, abcès et maladie de la ligne blanche, abcès de l'articulation phalangienne distale, blessures. De toutes ces étiologies, le piétin était la principale ; il expliquait 66 % des boiteries des brebis laitières. De plus, 48 % des brebis boiteuses ont obtenu un score de boiterie 4 ou 5 sur l'échelle de Ley *et al.* (1994), ce qui signifie que 48 % des brebis boiteuses boitaient sévèrement. Si nous venons de voir que le plus souvent, les boiteries sont dues à des infections des pieds, parfois d'autres affections peuvent causer des boiteries, comme une longueur excessive des onglons (AWIN, 2015).

Les brebis boiteuses ne peuvent pas porter tout leur poids sur les membres atteints, ce qui réduit leur mobilité (Le Neindre, 2009 ; AWIN, 2015). Les brebis se nourrissent moins et perdent en état corporel (Winter, 2004 ; Le Neindre, 2009). Ainsi, les boiteries peuvent entraîner une diminution de la fertilité (les brebis maigres ont des taux d'ovulation bas) et sont un facteur de risque de maladies, comme la toxémie de gestation (Winter, 2004). Par ailleurs, Gelasakis *et al.* (2015) ont montré que les brebis laitières boiteuses (peu importe l'intensité de la boiterie) ont, en moyenne, une production laitière journalière significativement plus faible que les brebis non boiteuses (réduction d'environ 16 %). De plus, les boiteries des brebis peuvent diminuer le poids de naissance de leurs agneaux et diminuer la qualité du colostrum. Les boiteries des brebis sont donc un facteur de risque de mortalité des agneaux (Winter, 2004).

Comment évaluer l'indicateur ?

La plupart des protocoles décrits dans la littérature évalue la locomotion en attribuant un score de boiterie aux brebis.

Ainsi, le protocole IDELE (2015) se base sur l'échelle numérique de Welsh *et al.* (1993), sans prendre en compte le nombre de membres atteints, et donne un score entre 0 et 2. Si la démarche de la brebis est normale et qu'elle ne boite pas, elle obtient la note de 0. Si elle boite discrètement, c'est-à-dire que le déplacement est saccadé mais l'allure normale, elle obtient la note de 1. Enfin, si la brebis boite sévèrement, c'est-à-dire que le déplacement est saccadé et l'allure lente voire si la brebis est immobile, avec un appui parfois sur moins de quatre pattes, elle obtient la note de 2. Ces

mesures peuvent être faites sur des brebis en pâture ou en bergerie (IDELE, 2015). Il convient de prendre en considération que l'aire paillée peut constituer un biais potentiel et masquer ou diminuer l'importance d'une boiterie. La reproductibilité et la répétabilité de l'évaluation de la locomotion selon cette méthode sont bonnes (IDELE, 2015).

Dans le cas du protocole AWIN, le score de boiterie est donné selon la démarche de l'animal. Il propose d'évaluer cet indicateur à deux niveaux (AWIN, 2015) :

- À l'échelle du troupeau : les animaux du troupeau qui se tiennent debout sont observés pour détecter ceux qui ne posent pas le pied sur le sol et ceux qui mangent sur les genoux. Il faut ensuite inciter gentiment ces animaux à se déplacer pour observer leur démarche.
- À l'échelle de l'individu : les animaux sont encouragés à marcher, de préférence sur une surface dure et plate, et leur démarche est observée et notée.

Les notes s'échelonnent de 0 à 3, comme indiqué dans le Tableau 21 (AWIN, 2015).

Tableau 21. Description de l'échelle de notes, allant de 0 à 3, proposée par le protocole AWIN pour évaluer l'indicateur « locomotion » dans le cadre d'une évaluation du bien-être des brebis (AWIN, 2015).

0	1	2	3
Non boiteuse	Boiterie mineure	Boiteuse	Boiterie sévère
Mouvement fluide, le poids est porté de manière égale sur tous les membres, la foulée n'est pas rétrécie. Quelques légers balancements de tête sont acceptés si l'animal se déplace sur un sol irrégulier.	Réduction franche de la foulée avec des mouvements évidents de balancier de la tête lorsque le membre boiteux touche le sol.	Mouvement de balancier de la tête très clair et l'animal ne porte pas son poids sur le membre atteint lors du déplacement. Le membre peut ne pas être en appui, même à l'arrêt et l'animal peut manger sur les genoux si les membres antérieurs sont atteints.	Animal en décubitus ou montrant de la réticence à se lever ou bouger.

Le protocole australien se base sur le protocole AWIN pour évaluer la locomotion (Munoz *et al.*, 2019). Le protocole tunisien, quant à lui, simplifie l'échelle de notation d'AWIN et évalue la locomotion sur une échelle de 0 (non boiteuse ou discrètement boiteuse) à 2 (sévèrement boiteuse) (M'Hamdi *et al.*, 2021).

Dans le cas du protocole EBBEL, la locomotion est évaluée selon la méthode décrite par Angell *et al.* (2015) (Jolly, 2020). Angell *et al.* (2015) ont développé une échelle de score de locomotion en quatre points, pour aider les vétérinaires et les éleveurs à évaluer la sévérité des boiteries dans les élevages ovins. Ils ont combiné le système de scores de Kaler *et al.* (2009) et celui du DairyCo (« Mobility Scoring system ») et ont obtenu le système de notation suivant (Angell *et al.*, 2015) :

- Note 0 – animal sain : le mouton répartit son poids uniformément sur ses 4 membres et marche avec un rythme régulier.
- Note 1 – faiblement boiteux : les pas sont irréguliers mais il n'est pas possible de savoir quel membre ou quels membres sont atteints.

- Note 2 – modérément boiteux : les pas sont irréguliers et la foulée peut être raccourcie ; le ou les membres affectés sont identifiables.
- Note 3 – sévèrement boiteux : la mobilité est sévèrement compromise à tel point que le mouton s'arrête fréquemment de marcher ou se couche à cause d'un inconfort évident. Le ou les membres sont clairement identifiables et peuvent ne pas présenter d'appui lorsque l'animal marche ou se tient debout.

Le pourcentage de brebis avec des notes 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « locomotion » (Jolly, 2020). La répétabilité de cette technique d'évaluation de la locomotion est bonne et la reproductibilité de moyenne à élevée (Angell *et al.*, 2015 ; protocole EBBEL, données non publiées). Pour obtenir ce niveau de répétabilité et de reproductibilité, il faut que les évaluateurs soient entraînés et connaissent la grille (Angell *et al.*, 2015).

Le protocole italien est différent de ceux cités ci-dessus. Il note le pourcentage d'animaux présentant au moins un signe de démarche anormale par rapport au nombre d'animaux observés dans l'élevage, peu importe l'intensité de la boiterie. Si ce pourcentage est inférieur ou égal à 5, l'indicateur reçoit la note de 3 et est qualifié d'optimal ; si ce pourcentage est compris entre 5 % et 10 % inclus, l'indicateur reçoit la note de 2 et est qualifié de bon ; si ce pourcentage est compris entre 10 % et 25 % inclus, l'indicateur reçoit la note de 0 et est qualifié de moyen ; si ce pourcentage est supérieur strictement à 25 %, l'indicateur reçoit la note de – 1 et est qualifié de mauvais (Napolitano *et al.*, 2009). Cette façon de procéder a une forte reproductibilité (Napolitano *et al.*, 2009).

On voit donc que presque tous les protocoles d'évaluation du bien-être des ovins ont des façons différentes, plus ou moins précises et détaillées, d'évaluer l'indicateur « locomotion ». Cependant, aucun d'entre eux ne prend en compte le nombre de membres atteints. Kaler *et al.* (2009) remédient à cela en proposant une échelle de notation plus complexe, en 7 points, prend en compte la différence entre une brebis qui ne peut plus se relever ou qui a plus d'un membre atteint, d'une brebis avec un seul membre atteint. Cette échelle est présentée dans le Tableau 22. Cette méthode d'évaluation est reproductible et répétable avec une fiabilité élevée (Kaler *et al.*, 2009). Les divergences existent surtout pour différencier les notes 0 et 1. Il faut être entraîné pour utiliser cette échelle, sinon la fiabilité diminue (Kaler *et al.*, 2009). Phythian *et al.* (2019) ont trouvé une reproductibilité moyenne à bonne pour cette méthode d'évaluation de la locomotion.

Tableau 22. Description de l'échelle de scores de la locomotion des brebis, allant de 0 à 6.
Toutes les cases grisées sont nécessaires à l'attribution de la note (Kaler *et al.*, 2009).

Scores	0	1	2	3	4	5	6
Posture et locomotion							
Porte son poids de manière égale sur les quatre membres.							
Posture déséquilibrée mais pas de net raccourcissement de la foulée.							
Foulée raccourcie pour un membre par comparaison aux autres.							
Mouvements de balancier de la tête discrets mais visibles, en même temps que la foulée raccourcit.							
Mouvements de balancier de la tête importants, en même temps que la foulée raccourcit.							
Ne porte pas son poids sur le membre affecté lorsque l'animal est debout.							
Inconfort lors de mouvements.							
Ne porte pas son poids sur le membre affecté lorsque l'animal se déplace.							
Difficultés extrêmes à se lever.							
Réticence à se déplacer une fois debout.							
Plus d'un membre affecté.							
Ne se lève pas et ne bouge pas.							

Certains auteurs apportent d'autres informations sur la façon d'évaluer l'indicateur « locomotion ». Ainsi, Winter (2008) a suggéré que, pour évaluer correctement l'impact des boiteries sur le bien-être animal, il faut non seulement prendre en compte la prévalence et l'intensité des boiteries mais aussi leur durée. Cet aspect n'est inclus dans aucun des protocoles cités. Ceci s'explique peut-être par le manque d'enregistrements de données en élevage ovin (Winter, 2008). De plus, Hempstead *et al.* (2019) suggèrent qu'il n'est pas indispensable de classer très précisément les boiteries des brebis dans le cadre d'une évaluation de leur bien-être : il est possible de ne repérer que les animaux atteints de boiteries sévères. Cela pourrait se discuter car la boiterie, quelle que soit son intensité, traduit de la douleur et une incapacité à porter totalement son poids sur le membre boiteux (AWIN, 2015). Ainsi, n'importe quelle boiterie devrait être considérée comme un problème de bien-être. Le protocole italien reflète bien cela puisqu'il prend en compte la prévalence de boiterie, quelle que soit son intensité (Napolitano *et al.*, 2009). Cependant, McLennan *et al.* (2016) ont montré que le score de douleur augmente significativement lorsque le score de boiterie augmente. Le bien-être des ovins est donc davantage altéré lors de boiteries sévères que lors de boiteries discrètes ou modérées.

Finalement, l'indicateur « locomotion » est jugé cliniquement utile par Phythian *et al.* (2019) et il a été reconnu comme étant valide par consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011). D'ailleurs, les boiteries ont été considérées comme l'un des cinq problèmes majeurs de bien-être des brebis, toutes productions confondues, par 300 experts (chercheurs, vétérinaires et éleveurs) (Caroprese *et al.*, 2016).

La locomotion est un indicateur important de l'évaluation du bien-être des ovins car les boiteries impactent grandement le bien-être dans cette espèce, notamment parce qu'elles sont un indicateur de douleur. Elles peuvent diminuer la prise alimentaire en réduisant la mobilité, engendrer une perte d'état corporel et ainsi favoriser l'apparition de certaines affections. De plus, la production laitière des brebis boiteuses est diminuée d'environ 16 %. Le piétin est la principale cause de boiterie chez les ovins. Il y a plusieurs façons d'évaluer la locomotion des brebis mais la plupart se base sur la notation de l'intensité de la boiterie. L'indicateur « locomotion » a été validé par un groupe d'experts pour l'évaluation du bien-être des ovins. Sa reproductibilité et sa répétabilité dépendent de la notation utilisée et sont moyennes à fortes.

b. Longueur des onglons

Les onglons sont des « étuis cornés protecteurs et amortisseurs, situés à l'extrémité des membres des ruminants » (Larousse, 2021c). Les onglons supportent donc le poids de l'animal et amortissent les chocs lors de ses déplacements.

Des onglons excessivement longs indiquent que leur usure ne se fait pas correctement. Les onglons croissent à une vitesse d'environ 3 mm par mois (Kaler *et al.*, 2010 ; Shelton *et al.*, 2011) et s'usent de manière naturelle, lorsque les moutons marchent sur des surfaces dures (AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017). Certaines conditions font que les moutons se déplacent moins, par exemple lors de boiteries, ou que l'usure est moins efficace, par exemple s'ils sont sur un sol mou, comme en bergerie (AWIN, 2015). Dans les deux cas, les onglons sont moins usés mais continuent toujours de pousser, ce qui entraîne une longueur excessive (Smith *et al.*, 2014 ; Hempstead *et al.*, 2019) qui peut aller jusqu'à déformer le pied (AWIN, 2015) et provoquer des altérations de la position voire des lésions irréversibles des os du pied et du membre (Hempstead *et al.*, 2019).

Le principal problème engendré par des onglons trop longs est la boiterie (AWIN, 2015 ; Hempstead *et al.*, 2019). L'animal peine à se mouvoir, ce qui accentuera la croissance excessive des onglons, aggravant encore la boiterie. Ainsi, Smith *et al.* (2014) suggèrent que traiter les boiteries permettrait une auto-régulation de la longueur des onglons. Ils suggèrent même que le parage de routine ne serait pas nécessaire si l'on traite correctement les boiteries. D'autres auteurs ne sont pas d'accord avec cette approche et recommandent de parer régulièrement les onglons des ovins pour éviter les surcroissances d'onglons, sans préciser l'intervalle de temps entre deux parages (AWIN, 2015 ; Hempstead *et al.*, 2019). Enfin, certains auteurs conseillent de ne pas parer les onglons des ovins plus d'une fois par an, sauf si du piétin est présent dans l'élevage, auquel cas ils recommandent de trier les moutons et de ne parer deux fois que ceux qui en ont besoin (onglons anormaux ou excessivement longs) (Wassink *et al.*, 2003).

Comment évaluer l'indicateur ?

Pour évaluer la longueur des onglons, il faut être en mesure d'observer ces onglons. Lorsque les animaux ne sont pas contenus, il est plus facile de voir les onglons extrêmement longs, de type « babouche », que les onglons moyennement et modérément longs (Hempstead *et al.*, 2019). L'évaluation reste cependant, possible sur le quai de traite (Hempstead *et al.*, 2019). Pour

l'évaluation dans les élevages extensifs, il est difficile et peu pratique d'évaluer cet indicateur car les brebis bougent beaucoup (Munoz *et al.*, 2017). D'ailleurs, cet indicateur a été jugé non pertinent dans l'évaluation du bien-être des ovins dans des conditions d'élevage extensif (Munoz *et al.*, 2017). Cet indicateur est donc plus utile pour les élevages intensifs ou semi-intensifs.

Finalement, il y a peu de protocoles d'évaluation du bien-être des ovins publiés qui proposent d'évaluer l'indicateur « longueur des onglons ». Ceux qui le font ont globalement la même approche : ils notent l'absence ou la présence d'au moins un onglon à croissance excessive (Napolitano *et al.*, 2009 ; AWIN, 2015 ; Jolly, 2020). Napolitano *et al.* (2009) vont un peu plus loin puisqu'ils attribuent un adjectif en fonction du pourcentage d'animaux avec des onglons de taille excessive : optimal ($\leq 5\%$), bon ($\leq 10\%$), moyen (10 – 25 %) et mauvais ($> 25\%$). Si aucun protocole ne précise à partir de quand un onglon est considéré comme trop long, le protocole EBBEL définit cet indicateur avec plus de précisions. En effet, la note 0 était attribuée si les huit onglons étaient équilibrés ou si un onglon ou plus étaient moyennement longs ou déséquilibrés et provoquant une altération discrète de l'angulation articulaire ; au contraire, la note 1 était attribuée si au moins un des onglons était extrêmement long (type babouche) provoquant un report de poids sur le talon et altérant l'angle articulaire (protocole EBBEL, données non publiées). Le pourcentage de brebis avec des notes 0, par rapport au nombre total observé, est relevé et indiqué pour l'indicateur « longueur des onglons ». Malgré les définitions peu claires, la reproductibilité de l'évaluation des onglons trop longs est jugée bonne (Napolitano *et al.*, 2009 ; protocole EBBEL, données non publiées). Cependant, en Australie, Munoz *et al.* (2017) ont trouvé une répétabilité et une reproductibilité mauvaises à modérées pour cet indicateur, dans les élevages extensifs.

La longueur des onglons des brebis est un indicateur qui renseigne sur la facilité de mouvements des animaux. Le principal problème engendré par des onglons trop longs est la boiterie. C'est un indicateur qui n'est pertinent que pour les élevages semi-intensifs et intensifs. Dans ce type d'élevage, la reproductibilité de l'indicateur est bonne à condition de pouvoir l'observer correctement. Le protocole EBBEL est celui qui a décrit cet indicateur avec le plus de précisions. Cet indicateur n'a pas été validé scientifiquement pour l'évaluation du bien-être des ovins.

c. Intégrité des trayons

Les trayons, de forme cylindrique ou tronconique, se situent à l'extrémité de la mamelle et permettent l'éjection du lait lors de la traite ou de la tétée (Larousse, 2022b). Leur intégrité peut être menacée par des maladies ou la traite. En ce qui concerne la traite, une surtraite peut entraîner des lésions du canal du trayon. De même, un niveau de vide ou une pulsation non adaptés peuvent léser le trayon (microhémorragies, traumatismes, congestions, érosions, éversions ...) (Bergonier et Berthelot, 2003). Ceci entraîne des problèmes de bien-être qui concernent surtout les élevages laitiers. Les injections intra-mammaires mal réalisées peuvent également léser le canal du trayon (Bergonier et Berthelot, 2003).

Parmi les maladies touchant les trayons, on peut citer la Fièvre Catarrhale Ovine (FCO), la papillomavirose et l'ecthyma contagieux. Ces deux derniers sont fréquemment rencontrés en élevage (Mavrogianni *et al.*, 2006). La FCO entraîne des ulcérations, des érosions ou une congestion de la mamelle et des trayons. Le papillomavirus occasionne des lésions nodulaires au nombre de

trois à cinq, prolifératives entre 0,5 et 1 cm de diamètre par trayon, au milieu et proches de l'orifice. Les lésions d'ecthyma contagieux se présentent sous la forme de croûtes de 1 mm de diamètre, à deux ou trois endroits proches de l'orifice du canal du trayon (Mavrogianni *et al.*, 2006). Les lésions peuvent, entre autres, être transmises aux trayons des brebis lors de l'allaitement : l'agneau malade, en tétant sa mère, lui transmet l'ecthyma contagieux (Hargis et Myers, 2017). De même, Fragkou *et al.* (2011) ont trouvé que 57 écouvillons amygdaliens d'agneaux sur 90 (soit 63 %) revenaient positifs à *Mannheimia haemolytica*. Le risque de transmission à la brebis était de 0,004 % (calculé par le nombre d'infections/le nombre d'occasions). Par ailleurs, Mavrogianni et Fthenakis (2007) ont inspecté et palpé les trayons de treize brebis présentant des lésions des trayons, pour relever leur forme, taille et consistance. Les auteurs ont observé des trayons anormalement longs, des abcès, des lésions papillomateuses (nodules en partie basse du trayon), des nodules sous-cutanés, des dermatites staphylococciques (pustules, dermatite et hyperkératose des trayons et de la mamelle), des morsures, des sténoses du trayon, des lésions d'ecthyma contagieux (croûtes et pustules sur les trayons) et des hématomes.

Cette perte d'intégrité des trayons pose un problème de bien-être, non seulement parce qu'elle peut traduire la présence d'une maladie ou d'une douleur lors de la traite, mais aussi parce qu'elle prédispose aux infections mammaires. En effet, Mavrogianni *et al.* (2006) ont prouvé que des trayons lésés ne protègent pas correctement la mamelle des infections. Les auteurs ont inoculé un agent pathogène, *M. haemolytica*, directement dans le canal du trayon des brebis avec ou sans lésions des trayons. Les lésions étaient dues à de l'ecthyma contagieux, au papillomavirus ou à des gerçures induites par les auteurs. Toutes les brebis avec des trayons lésés ont développé des mammites cliniques tandis que les brebis saines n'ont développé que des mammites subcliniques (Mavrogianni *et al.*, 2006). Finalement, les lésions papillomateuses, celles dues à l'ecthyma contagieux ou à la dermatite staphylococcique prédisposent aux mammites (Mavrogianni *et al.*, 2006 ; Mavrogianni et Fthenakis, 2007) car elles diminuent les défenses du trayon et en augmentent la colonisation bactérienne (Fragkou *et al.*, 2011).

Comment évaluer l'indicateur ?

Si la plupart des protocoles d'évaluation du bien-être des ovins s'intéresse à la mamelle dans son ensemble (Stubsj en *et al.*, 2011 ; AWIN, 2015), un seul protocole évalue spécifiquement l'intégrité des trayons (protocole EBBEL, données non publiées). Dans le protocole EBBEL, les trayons sont inspectés une fois la traite finie. La note de 0 est attribuée en cas d'absence totale de lésion tandis que la note 1 est attribuée en cas de présence de lésions, quels que soient leur type et leur taille. Le pourcentage de note 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur intégrité des trayons. La reproductibilité de cet indicateur est jugée faible (protocole EBBEL, données non publiées) et il n'y a pas d'informations dans la littérature sur sa répétabilité.

L'intégrité des trayons peut être compromise par des pratiques de gestion, la traite ou des maladies. L'intégrité des trayons est donc particulièrement importante et à risque dans les élevages laitiers. Des lésions des trayons favorisent l'apparition de mammites. Un seul protocole d'évaluation du bien-être des ovins prend en compte l'intégrité des trayons comme un indicateur à part entière. Sa reproductibilité est jugée faible et la littérature ne comprend pas d'information sur sa répétabilité, ni sa validité.

d. Intégrité de la mamelle

L'intégrité de la mamelle est un indicateur de bien-être important car il comprend la détection des mammites. D'ailleurs, ces dernières sont considérées comme faisant partie des cinq problèmes majeurs de bien-être des brebis (toutes productions confondues) par 300 experts (chercheurs, vétérinaires et éleveurs) (Caroprese *et al.*, 2016). En effet, elles détériorent le bien-être des brebis (Alba *et al.*, 2019) en étant une source de douleur (AWIN, 2015) : une hyperalgie a été observée chez des brebis atteintes de mammites cliniques, aiguës comme chroniques (Dolan *et al.*, 2000 ; McLennan *et al.*, 2016). Lors de mammites aiguës, la mamelle présente des zones chaudes, douloureuses, rouges et indurées. Lors de mammites chroniques, la mamelle présente des nodules indurés ou des fibromes (AWIN, 2015).

Les cas sporadiques de mammites cliniques sont majoritairement dus à *Staphylococcus aureus* et aux staphylocoques à coagulase négative ; les cas enzootiques ou épizootiques de mammites cliniques sont principalement dus à *S. aureus*, *Streptococcus uberis*, *S. agalactiae*, *S. suis* (surtout pendant la lactation) ou des pathogènes opportunistes (*Aspergillus fumigatus*, *Pseudomonas aeruginosa*) (Bergonier *et al.*, 2003). Parfois, *Corynebacterium pseudotuberculosis*, agent de la lymphadénite caséuse du mouton, peut être en cause. Le plus souvent, la mammite résulte de la progression de l'infection à partir des nœuds lymphatiques supra-mammaires. Elle se manifeste alors par une mammite suppurée aiguë ou des abcès chroniques du tissu mammaire (Fontaine et Baird, 2008).

Les mammites cliniques peuvent entraîner jusqu'à 40 % de mortalité si elles ne sont pas traitées, notamment si l'agent pathogène en cause est *S. aureus* (Alba *et al.*, 2019). De plus, dans la race Lacaune, la réforme pour les mammites cliniques représente 7 % des causes totales de réforme (Bergonier *et al.*, 2003).

Nous avons vu dans la partie portant sur l'indicateur « intégrité des trayons » qu'il y a une association entre les mammites et les lésions des trayons (Bergonier *et al.*, 2003) et que des trayons lésés ne protègent pas correctement la mamelle des infections (Mavrogianni *et al.*, 2006). Cependant il existe d'autres facteurs de risque de mammites. Caroprese *et al.* (2016) les ont classés en fonction du type d'élevage : en élevage intensif, les facteurs de risque de mammites sont une mauvaise hygiène mammaire, des lésions des trayons, un tarissement inapproprié, une traite inappropriée, certaines conformations de la mamelle et l'entretien défectueux du système de traite. Pour les élevages extensifs, les facteurs de risque de mammites sont une mauvaise hygiène mammaire, des lésions des trayons et un tarissement inapproprié. À noter que, si les lésions des trayons sont un facteur de risque de mammite, l'inverse est également vrai : les mammites peuvent entraîner des lésions des trayons, comme des sténoses par exemple (Mavrogianni et Fthenakis, 2007).

Par ailleurs, la mamelle peut être affectée par d'autres affections que la mammite : la dermatite staphylococcique peut léser la mamelle (même si elles touchent principalement la tête). Les lésions initiales sont des pustules qui évoluent vers des croûtes, des ulcérations et même des hémorragies avec un exsudat purulent (Foster, 2012). Les lésions d'ecthyma contagieux peuvent également s'étendre à la mamelle (Hargis et Myers, 2017). Elles sont d'ailleurs, le plus souvent situées sur le museau et la mamelle (Hart *et al.*, 1949). Ces lésions ont déjà été décrites dans la partie portant sur l'indicateur « intégrité des trayons ».

Comment évaluer l'indicateur ?

La plupart des protocoles d'évaluation du bien-être des ovins qui incluent cet indicateur, l'évalue en détectant la présence de mammites cliniques (Stubsjøen *et al.*, 2011 ; AWIN, 2015). Cependant, les protocoles AWIN et EBBEL vont plus loin en intégrant les lésions de la mamelle autres que celles liées aux mammites. Ainsi, dans le protocole AWIN, les brebis sont classées en trois catégories : celles qui n'ont ni mammite ni lésion ; celles qui ne présentent que des lésions mineures (lésions inférieures strictement à 10 cm en partie la plus large) ou une mammite modérée (un ou deux petits nodules ou une zone de rigidité sentis à la palpation d'un quartier) ; et celles qui présentent une mammite sévère (nodules ou rigidité sur les deux quartiers, nodules de grande taille sur une demi-mamelle) ou des lésions majeures (nodules ou lésions de plus de 10 cm en partie la plus large). Le protocole précise que seules les brebis en lactation sont à évaluer (AWIN, 2015). De même, le protocole EBBEL classe les brebis en trois catégories : celles sans lésion, celles avec lésions mineures et celles avec lésions majeures. La description des lésions diffère cependant (Tableau 23), et la mamelle est observée seule (les trayons sont observés séparément). Le pourcentage de brebis avec des notes 0 (absence de lésion) ou 1, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « intégrité de la mamelle ». Les notes 1 ont été jugées comme ne posant pas de problème de bien-être au moment de l'évaluation, c'est pourquoi elles sont intégrées dans le pourcentage de mamelles intègres. La reproductibilité de cette méthode est moyenne (protocole EBBEL, données non publiées). Cependant, la reproductibilité de l'évaluation de la présence de mammites est moyenne à bonne lors d'une évaluation par palpation des deux quartiers (Phythian *et al.*, 2019). De Cremoux *et al.* (2018) précisent que la répétabilité et la reproductibilité sont très bonnes pour l'asymétrie mammaire, bonnes pour les abcès et les kystes mais modestes pour les indurations et les nœuds lymphatiques.

Tableau 23. Description des notes 0 à 2 pour l'évaluation de l'indicateur "intégrité de la mamelle" selon le protocole EBBEL (Jolly, 2020).

Notes	0	1 Lésions mineures	2 Lésions majeures
Description	Absence de lésion	Présence de lésions < 2 cm ou de lésions guéries (dissymétrie de la mamelle, lésions guéries, petits nodules non localisés sur le trayon).	Présence d'abcès ≥ 2 cm ou de lésions ≥ 2 cm sur la mamelle.

Une partie des travaux du projet CASDAR MAMOVICAP (« mise au point ou valorisation des méthodes directes ou indirectes pour améliorer la détection des infections mammaires à des fins de gestion sanitaire ») a porté sur la détection des mammites chroniques chez les brebis laitières par l'examen clinique (de Cremoux *et al.*, 2018). Pour ce faire, la mamelle de 5 951 brebis réparties dans 15 élevages du Roquefort et des Pyrénées-Atlantiques a été inspectée et palpée. Ces élevages ont été inclus dans l'étude car ils avaient un comptage cellulaire de tank plus élevé que la moyenne de leur région (Roquefort ou Pyrénées-Atlantiques). Les signes de mammité chronique recherchés étaient l'asymétrie de la mamelle (inspection avant la traite), l'induration du parenchyme, les abcès, la taille des nœuds lymphatiques supra-mammaires et les kystes lactés (inspection et palpation après la traite). Dans cette étude, 57 % des brebis avaient au moins un signe clinique mammaire (asymétrie, abcès, induration, kystes ou hypertrophie des nœuds lymphatiques supra-mammaires), 25 % des brebis avaient un déséquilibre mammaire, 10 % et 22 % des mamelles avaient au moins un abcès et au moins un kyste respectivement. Les indurations nettes étaient peu fréquentes (de Cremoux *et al.*, 2018). Cette étude montre que dans la région du Roquefort et des Pyrénées-Atlantiques, le bien-être des brebis laitières est compromis pour l'indicateur « intégrité de la mamelle ». Ces résultats sont en désaccord avec ceux de l'étude menée dans le bassin du Roquefort en 2020-2021 : l'évaluation par le protocole EBBEL du bien-être des brebis laitières de 81 élevages de la région du Roquefort révèle une bonne maîtrise de cet indicateur puisque 84 à 100 % des brebis avaient une mamelle intègre. La médiane était de 97 % ; le premier quartile de 95 % et le troisième quartile de 100 % (protocole EBBEL, données non publiées). Cette différence pourrait s'expliquer par la sélection des élevages : de Cremoux *et al.* (2018) ont sélectionné des élevages provenant de la région du Roquefort (race Lacaune) et des élevages de la région Pyrénées-Atlantiques (race Manech Tête Rousse) qui avaient des CCT élevés dans les années antérieures tandis que le protocole EBBEL a été testé dans 81 élevages de la région du Roquefort, sélectionnés au hasard parmi les élevages vendant leur lait à une laiterie locale.

L'intégrité de la mamelle est un indicateur important de bien-être chez les ovins car les mammites sont source de douleur et sont un problème majeur de bien-être dans cette espèce. Si elles ne sont pas traitées, les mammites cliniques peuvent entraîner jusqu'à 40 % de mortalité chez les brebis et représentent 7 % des réformes en race Lacaune. D'autres affections peuvent être à l'origine d'une perte d'intégrité de la mamelle or tous les protocoles d'évaluation du bien-être chez les ovins ne les prennent pas en compte et ne considèrent que les mammites. La reproductibilité et la répétabilité de la détection des mammites sont moyennes à bonnes.

e. Intégrité de la peau

La peau est une barrière naturelle qui recouvre l'extérieur de l'organisme des animaux. Elle a plusieurs rôles : protection, thermorégulation, fonction sensorielle, échanges et métabolisme (Mélissopoulos *et al.*, 2012). Si son intégrité est altérée, ses fonctions le sont également. D'ailleurs, les problèmes de peau sont considérés comme étant l'un des cinq problèmes majeurs des brebis (toutes productions confondues) par 300 experts (chercheurs, vétérinaires et éleveurs) (Caroprese *et al.*, 2016).

Plusieurs étiologies sont décrites (AWIN, 2015) :

- Maladies
- Interactions intraspécifiques
- Interactions interspécifiques
- Traumatismes
- Type et qualité des équipements d'hébergement et de contention

Les interactions interspécifiques comprennent par exemple, les interactions avec les chiens, desquelles peuvent résulter des morsures. Pour les brebis qui sont à l'extérieur, on peut craindre des attaques d'autres prédateurs. Par exemple, en France, la prédation par le loup est un problème de bien-être qui touche les ovins au pâturage. En France, entre 1993 et 1997, 5 000 brebis sont mortes à cause des loups. En 2006, dans les Alpes françaises ce sont 2 500 brebis qui ont été perdues à cause de ce prédateur (Molnar, 2011). En effet, le comportement de fuite en troupeau des moutons lors d'une attaque de loup stimule le prédateur et favorise le prélèvement de plusieurs animaux (Molnar, 2011). De plus, la place pour fuir est limitée dans un enclos. Il faut également noter que, si les loups font des dégâts, les chiens errants peuvent aussi se comporter comme prédateur et attaquer les troupeaux au pâturage. En France, avant l'arrivée du loup, environ 100 000 moutons étaient tués, par an, par des chiens (Molnar, 2011).

Par ailleurs, plusieurs maladies altèrent l'intégrité de la peau. On peut citer la dermatophilose, qui provoque l'apparition de papules, pustules et croûtes épaisses sur le dos et les extrémités ; le papillomavirus, qui provoque des masses bénignes prolifératives ; ou encore l'ecthyma contagieux, qui provoque des ulcères et des croûtes ... (Hargis et Myers, 2017).

Les ectoparasites posent aussi des problèmes de bien-être chez les brebis. Par exemple, les poux des moutons provoquent un prurit qui conduit l'animal à s'auto-mutuler (Hargis et Myers, 2017). De plus, les ectoparasites peuvent favoriser le développement d'autres maladies, comme la dermatophilose (Hargis et Myers, 2017).

Chez les petits ruminants, les abcès et les lymphadénites ont notamment pour étiologie deux maladies qui leur sont spécifiques : la lymphadénite caséreuse, provoquée par *Corynebacterium pseudotuberculosis*, et la maladie des abcès, causée par *Staphylococcus aureus* subsp. *anaerobius* (de la Fuente *et al.*, 2017) . La lymphadénite caséreuse est une maladie chronique et contagieuse (de la Fuente *et al.*, 2017) qui présente deux formes : la forme viscérale et la forme externe. La forme viscérale ne peut pas être détectée par les méthodes d'évaluation de l'indicateur « intégrité de la peau » car elle n'est pas visible extérieurement (Fontaine et Baird, 2008). La forme externe, ou superficielle, au contraire, est celle qui peut être détectée par l'observation. Cette forme provoque des abcès des nœuds lymphatiques superficiels et des abcès sous-cutanés (Fontaine et Baird, 2008). Une fois introduite dans un élevage, la lymphadénite caséreuse est difficile à maîtriser (de la Fuente *et al.*, 2017). La maladie des abcès, quant à elle, provoque des abcès des nœuds lymphatiques superficiels (Fuente et Suarez, 1985) et occasionnellement des abcès du tissu sous-cutané (de la Fuente *et al.*, 2017). De la Fuente *et al.* (2017) se sont intéressés à la prévalence des agents de lymphadénite et maladie des abcès en région centrale de l'Espagne. Ils ont identifié *S. aureus* subsp. *anaerobius* dans 64 % des exploitations étudiées et chez 44 % des ovins tandis que *C. pseudotuberculosis* a été mis en évidence chez 27 % des moutons et dans 54 % des exploitations. Ils ont aussi montré que la race Assaf est plus sensible que d'autres races à la maladie des abcès.

Les myiases sont également un problème important de bien-être des ovins, observable au niveau de la peau. Les mouches de type *Lucilia spp* sont des parasites facultatifs du mouton qui

déposent 200 œufs dans la laine de ces derniers. Les larves se nourrissent pendant trois ou quatre jours sur le mouton puis tombent dans l'environnement pour la nymphose. La plupart des myiases se situent sur le pourtour anal mais on peut en retrouver également sur la tête, le cou, le dos, les épaules ou le garrot. De fortes infestations causent une hyperthermie, une augmentation de la fréquence respiratoire, une perte de poids et d'appétit, une anémie et une toxémie chronique à l'ammoniacque. L'animal peut en mourir s'il n'est pas traité (Wall, 2012). En 2003-2004, Bisdorff *et al.* (2006) ont réalisé une étude pour connaître la prévalence de ces myiases en Grande-Bretagne : 75 % des élevages allaitants extensifs (principal type d'élevage en Grande-Bretagne) étaient atteints, avec en moyenne une prévalence de 1,4 % des brebis atteintes par élevage (Wall, 2012). *Wohlfahrtia magnifica* est une mouche parasite obligatoire des moutons que l'on rencontre sur le pourtour méditerranéen. Les lésions créées par ce parasite sont plus sévères et traumatiques que celles des mouches de type *Lucilia spp.* Il n'est pas rare que ces myiases envahissent le tractus urogénital, l'anus et les blessures (Wall, 2012).

Comment évaluer l'indicateur ?

La manière d'évaluer l'indicateur « intégrité de la peau » diffère selon le protocole d'évaluation du bien-être des ovins. L'indicateur prend en compte plusieurs signes (dépilations, blessures, lésions, myiases ...) qui sont plus ou moins décrits dans les différents protocoles d'évaluation du bien-être des ovins.

Certains protocoles dénombrent le nombre de lésions par région du corps. Ainsi, selon le protocole IDELE, l'évaluateur dénombre les blessures légères (comprenant les abrasions, les griffures, les abcès ou les plaies) et les blessures graves (plaies ouvertes atteignant le muscle) sur la tête et le cou d'une part et sur le corps si la brebis est tondue d'autre part. Le protocole précise que les blessures graves sur le corps comprennent également le nombre de myiases (laine noire, trous sur la peau, mouvement de vers sous la peau) (IDELE, 2015). La reproductibilité de cette méthode est bonne (IDELE, 2015).

Certains protocoles évaluent l'intégrité de la peau en classant les brebis en catégories. Ainsi, les brebis évaluées selon le protocole AWIN sont classées comme n'ayant aucune lésion ou ayant des lésions mineures (égratignures, zones sans poil, lésions guéries, blessures ouvertes mais n'atteignant pas le muscle, de plus de 2 cm mais moins de 10 cm), ou des lésions majeures (blessures ouvertes de plus de 10 cm ou atteignant la couche musculaire) ou des myiases (abrasions ouvertes avec la présence de larves de diptère). Le protocole précise que les brebis doivent être contenues dans un enclos, un couloir de contention, la salle de traite ou un appareil d'alimentation (AWIN, 2015). Dans le cas des brebis évaluées selon la méthode EBBEL, elles obtiennent la note de 0 s'il n'y a aucune lésion ou des lésions mineures et la note de 1 si des lésions majeures sont présentes. Le détail de ces deux notes est donné dans le Tableau 24 (Jolly, 2020). Le pourcentage de brebis avec des notes 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « intégrité de la peau ». La reproductibilité de cette méthode est moyenne (protocole EBBEL, données non publiées). Dans le cas du protocole norvégien, l'indicateur « intégrité de la peau » est subdivisé en deux. L'évaluateur doit classer les brebis selon, d'une part les lésions de la peau (note de 1 : absence de lésion ; note de 2 : lésions > 1 x 1 cm ; note de 3 : ulcérations) et, d'autre part, les irritations de la peau (note de 1 : peau normale ; note de 2 : perte de laine ; note de 3 : rougeur/gonflement ; note de 4 : parasites ou myiases) (Stubsjøen *et al.*, 2011).

Stubsjøen *et al.* (2011) ont trouvé une bonne reproductibilité pour leur méthode d'évaluation de l'intégrité de la peau.

Tableau 24. Description de la façon de noter l'indicateur « intégrité de la peau » selon le protocole EBBEL (Jolly, 2020).

Notes	0		1		
Détails	Absence de lésion.	Lésions mineures : Cicatrices. Lésions non ouvertes (zones de dépilation, d'éraflures, lésions guéries ou entailles aux oreilles) peu importe leur taille. Blessures ouvertes non profondes, moins de 2 cm de long.	Lésions majeures : Lésions ouvertes de plus de 2 cm de long ou qui atteignent la couche musculaire. Lésions de cal ou gonflement d'un membre.	Lésions de myiase : Lésions ouvertes avec la présence de larves de diptère clairement visibles, peu importe la localisation.	Abcès : Abcès détectés visuellement, ouverts ou fermés.

D'autres protocoles combinent les deux techniques précédentes. Ainsi, le protocole australien évalue à la fois l'indicateur comme décrit par le protocole AWIN et en même temps enregistre le nombre de lésions, leur sévérité et leur localisation (Munoz *et al.*, 2019). Cette méthodologie a une reproductibilité et une répétabilité modérées à presque parfaites (Munoz *et al.*, 2017). À noter que la façon d'évaluer l'indicateur « intégrité de la peau » n'a pas changé entre la publication de 2017 et celle de 2019.

Enfin, le protocole italien subdivise l'indicateur « intégrité de la peau » en deux : « altération de la peau » comprenant les lésions d'hyperkératose, les lésions dues à des ectoparasites et la laine arrachée et « lésions » comprenant les blessures, les gonflements et les croûtes (Napolitano *et al.*, 2009). L'évaluateur attribue une note à l'élevage qui dépend du pourcentage de brebis ayant présenté au moins un signe « d'altération de la peau ». Si ce pourcentage est inférieur ou égal à 5 %, l'élevage reçoit pour l'indicateur la note maximale de 3 ; lorsque ce pourcentage est compris entre 5 % et 10 % inclus, la note de 2 est attribuée ; lorsque le pourcentage de brebis atteintes est compris entre 10 % et 50 % inclus, la note de 0 est attribuée ; enfin, si le pourcentage est supérieur strictement à 50 %, la note de - 1 est attribuée. Cette méthodologie a une reproductibilité élevée (Napolitano *et al.*, 2009). Le même système de notation est utilisé pour les « lésions » mais a reproductibilité faible (Napolitano *et al.*, 2009).

Le protocole tunisien ne précise pas la méthode de notation de l'indicateur « lésion » (M'Hamdi *et al.*, 2021).

Phythian *et al.* (2019), dans leur étude pour évaluer la validité, la reproductibilité et la faisabilité de 16 indicateurs de bien-être des ovins, ont trouvé une reproductibilité bonne pour les lésions mais mauvaise pour les blessures. Leur façon d'évaluer l'indicateur « intégrité de la peau » diffère encore de celle des protocoles cités jusqu'à présent. Ils ont subdivisé cet indicateur en trois :

- Présence de lésions : abcès, séborrhée, humidité, érythème, décoloration, odeur anormale
- Présence de blessures, hématome, coupures, égratignures
- Présence de myiases

Ils ont observé la peau des brebis pendant qu'elles étaient debout (avec contention) puis en position assise. Pour les brebis non tondues, les évaluateurs passaient leurs mains sur la peau ; sur certaines zones, la toison était écartée pour visualiser la peau. Les lésions étaient notées comme suit : 0 en l'absence de lésion ; 1 en cas de lésion unique de diamètre inférieur ou égal à trois centimètres ; 2 en cas de lésions multiples de diamètre strictement supérieur à trois centimètres ; 3 en cas de lésion unique inférieure ou égale à 10 x 5 cm ; 4 en cas de lésions multiples supérieures ou égales à 10 x 5 cm et 5 en cas de lésions diffuses ou généralisées. Les blessures étaient notées de la façon suivante : 0 en l'absence de blessure ou d'égratignure ; 1 en cas d'égratignures ou de coupures superficielles (inférieures ou égales à cinq centimètres) ; 2 en cas d'égratignures ou de coupures superficielles de plus de cinq centimètres de long ; 3 en cas de blessures en cours de cicatrisation ou cicatrisées ; 4 en cas d'unique blessure ouverte sur le corps ou sur la tête et 5 en cas de multiples blessures ouvertes sur le corps ou sur la tête. La notation des myiases était plus simple : 0 en l'absence de myiase et 1 en présence de n'importe quelles larves de diptère vivantes.

Par ailleurs, l'indicateur « intégrité de la peau » a été jugé valide par consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011).

L'intégrité de la peau est un indicateur important dans l'évaluation du bien-être des ovins car les lésions de la peau sont un des cinq problèmes majeurs de bien-être dans cette espèce. L'origine des lésions est multiple : attaques par des prédateurs, maladies, myiases, traumatismes ... Selon les protocoles d'évaluation du bien-être des ovins, la façon d'évaluer l'intégrité de la peau diffère ; sa reproductibilité est mauvaise à presque parfaite et sa répétabilité modérée à presque parfaite selon les méthodes d'évaluation. Cet indicateur a été validé pour l'évaluation du bien-être des ovins.

f. Propreté du pourtour anal

Cet indicateur est souvent désigné dans la littérature comme « propreté de l'arrière-train ». Il regroupe les souillures fécales et les grumeaux. Les grumeaux sont des morceaux de matières fécales emmêlés dans la laine et qui pendent de la toison (AWIN, 2015). Les troubles entériques, dont la diarrhée, ont été considérés comme l'un des cinq problèmes majeurs de bien-être des brebis, toutes productions confondues, par 300 experts (Caroprese *et al.*, 2016). La diarrhée entraîne une perte d'état corporel et de poids et provoque des souillures fécales au niveau de la région périnéale (Williams et Palmer, 2012 ; Jacobson *et al.*, 2020).

En général, les souillures fécales sont le résultat d'interactions complexes entre différents facteurs de risque (Broughan et Wall, 2007). Les deux principaux facteurs de risque d'apparition de souillures fécales et de grumeaux sont la consistance des fèces et leur adhérence à la laine et à la peau du mouton (French *et al.*, 1998 ; Broughan et Wall, 2007). En ce qui concerne le premier, les étiologies possibles de diarrhée sont : les endoparasites (des protozoaires comme *Eimeria spp*, *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp* ou des nématodes, principalement *Teladorsagia circumcincta* et *Trichostrongylus spp*) (Williams et Palmer, 2012 ; AWIN, 2015 ; Jacobson *et al.*, 2020), les bactéries (*Salmonella spp*, *Yersinia spp* ...) (Williams et Palmer, 2012) et les déséquilibres alimentaires (AWIN, 2015). En effet, la diarrhée peut être causée par un manque de fibres insolubles dans l'alimentation (Davidson *et al.*, 2006). Ceci se retrouve beaucoup au printemps, lorsque les animaux

sortent en pâture et que l'herbe est jeune. D'ailleurs, Broughan et Wall (2007) ont montré une association entre diarrhée et taux élevés de croissance de l'herbe. La supplémentation des pâtures pauvres en fibres insolubles (notamment au printemps) permet de réduire le score de souillures fécales en améliorant la consistance des fèces (Davidson *et al.*, 2006). Cependant, ce sont les nématodes qui sont la cause principale de diarrhées des moutons en pâture, surtout en post-sevrage (Williams et Palmer, 2012). Par leur action sur la fonction digestive, les nématodes facilitent la formation de souillures fécales sur le pourtour anal (Waghorn *et al.*, 1999). D'ailleurs, Morley *et al.* (1976) ont trouvé une association entre les souillures périanales et l'infestation par les nématodes et conseillent de contrôler l'infestation pour augmenter la propreté du pourtour anal. Par ailleurs, les diarrhées provoquées par une charge parasitaire importante sont plus fréquentes chez les agneaux de moins de un an et les brebis en péri-partum (Williams et Palmer, 2012) : les jeunes n'ont pas encore acquis une immunité (Balic *et al.*, 2000) et les brebis subissent une diminution transitoire d'immunité trois ou quatre semaines avant l'agnelage et six à neuf semaines après (Beasley *et al.*, 2010). De plus, Broughan et Wall (2007) ont montré que les souillures fécales du pourtour anal sont associées à un comptage élevé d'œufs fécaux, de type strongles, chez les agneaux en pâture, entre deux et cinq mois. Ainsi, les auteurs suggèrent que, chez les agneaux au pâturage, le score de propreté du pourtour anal soit utilisé comme méthode non invasive pour identifier les animaux avec un comptage d'œufs fécaux élevé, surtout en milieu ou fin d'été. Au contraire, d'autres auteurs n'ont trouvé aucune association entre le comptage des œufs fécaux et les souillures du pourtour anal (Morley *et al.*, 1976 ; Larsen *et al.*, 1994 ; Davidson *et al.*, 2006). Ceci pourrait être dû à l'existence d'un syndrome d'hypersensibilité larvaire : une infestation même minime par des nématodes, à l'état larvaire (comptages d'œufs fécaux faibles) est à l'origine de la diarrhée (souillure périanales importante) (Jacobson *et al.*, 2020).

En ce qui concerne l'adhérence des fèces à la laine ou à la peau, différents paramètres sont à prendre en compte : la race de la brebis modifie la propreté du pourtour anal (Soriano *et al.*, 2020). Par exemple, French *et al.* (1998) ont observé que les brebis à toisons longues et peu frisées étaient plus souillées que celles à toisons courtes et frisées. De plus, Scobie *et al.* (2008) ont montré que le score de souillures fécales est inversement corrélé à la nudité du pourtour anal. Un autre facteur à prendre en compte est la caudectomie. Cette pratique est censée aider à réduire les souillures fécales (Lefebvre, 2007). Cependant, Soriano *et al.* (2020) ont étudié le lien entre la caudectomie et les diarrhées et n'ont pas trouvé de différence significative de propreté du pourtour anal entre les brebis à queue coupée et celles à queue non coupée. Par ailleurs, les données de la littérature sont contradictoires sur l'association entre les souillures fécales périanales et le sexe de l'animal : Morley *et al.* (1976) et Matheson *et al.* (2010) n'ont pas mis en évidence d'association entre les deux, tandis que Broughan et Wall (2007) ont trouvé une association entre les souillures fécales du pourtour anal et les femelles ; au contraire French *et al.* (1998) et Scobie *et al.* (2008) ont trouvé une association entre les souillures fécales périanales et les mâles. French *et al.* (1998) ont suggéré que l'association au fait d'être un mâle s'explique par une différence significative de longueur de laine entre les mâles et les femelles ; cette dernière n'est pas retrouvée par Broughan et Wall (2007) qui n'ont utilisé dans leur étude que des croisements de Texel.

Comment évaluer l'indicateur ?


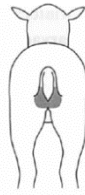
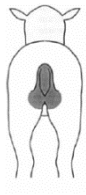
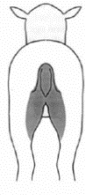


La plupart des protocoles d'évaluation du bien-être des ovins donne une note à la brebis en fonction de la propreté du pourtour anal. Ainsi, le protocole IDELE propose une évaluation de l'indicateur avec un score en trois points. La note de 0 est attribuée si le pourtour anal est peu sale, c'est-à-dire

avec des souillures peu visibles et aucun grumeau ; la note de 1 est attribuée si le pourtour anal est sale, c'est-à-dire que des souillures sont visibles sur le centre mais sans aucun grumeau ; enfin la note de 2 est attribuée si le pourtour anal est très sale, c'est-à-dire que des souillures sont visibles sur la majorité de la zone et qu'il est possible d'y voir des grumeaux (IDELE, 2015). Cette méthode d'évaluation a une bonne reproductibilité (IDELE, 2015). Le protocole tunisien évalue l'indicateur de façon similaire en incluant la propreté du ventre (M'Hamdi *et al.*, 2021). Le protocole EBBEL quant à lui est plus précis et classe les brebis en quatre catégories. Cet indicateur est évalué au moment de la traite, où il est plus facile d'observer l'arrière-train. La notation est détaillée dans le Tableau 25 (Jolly, 2020). Le pourcentage de brebis avec des notes 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « propreté du pourtour anal ». La reproductibilité de cette méthode n'a pas été évaluée. Le protocole AWIN est plus précis encore en proposant une notation en cinq scores. L'indicateur est évalué à l'échelle individuelle. On évalue l'indicateur en regardant l'arrière train, le degré de contamination fécale autour de l'anus, de la queue et s'il y a une extension aux membres postérieurs, avec présence de grumeaux. La note de 0 est attribuée lorsqu'il n'y a pas de souillure fécale et que la laine de l'arrière-train est propre ; la note de 1 est attribuée lorsque la région est très discrètement souillée et qu'il y a une faible quantité de matières fécales sur la laine autour de l'anus ; la note de 2 est donnée lorsque la région est discrètement souillée ou avec quelques grumeaux, la souillure et les grumeaux étant restreints à l'anus ; la note de 3 est attribuée lorsque la région est souillée et avec des grumeaux, la souillure et les grumeaux s'étendant au-delà de l'anus, à la queue et à la partie supérieure des membres postérieurs ; enfin la note de 4 est attribuée lorsque la région est extrêmement souillée et avec des grumeaux, la souillure et les grumeaux s'étendant aux membres postérieurs jusqu'au jarret. Les notes 0 à 2 sont considérées comme reflétant un pourtour anal propre (AWIN, 2015). Le protocole australien est le plus précis. Il évalue l'indicateur en se basant sur la méthode d'évaluation de Larsen *et al.* (1994), détaillée dans le Tableau 26 (Munoz *et al.*, 2019). Enfin, le protocole italien évalue l'indicateur « propreté du pourtour anal » en même temps que la propreté de la mamelle (Napolitano *et al.*, 2009). Cette méthode sera décrite dans le paragraphe correspondant à l'indicateur « propreté de l'animal ».

Tableau 25. Évaluation de la propreté du pourtour anal des brebis selon le protocole EBBEL (Jolly, 2020).

Notes	1	2	3	4 (souillé)
Détails	Pourtour anal très propre ou présentant quelques souillures.	Pourtour anal présentant des souillures étendues sur moins de 50 % de la surface.	Pourtour anal présentant des souillures étendues sur plus de 50 % de la surface.	Pourtour anal entièrement souillé ou couvert d'une croûte.

Tableau 26. Description de l'échelle de notes, de 0 à 6, pour évaluer la propreté du pourtour anal (Larsen *et al.*, 1994)

Scores	0	1	2	3	4	5
	Propre	Souillures discrètes	Souillures modérées		Souillures sévères	
Illustrations						
Descriptions	Arrière train propre, pas de souillure visible.	Discrètes souillures visibles sur le pourtour anal.	Souillures visibles sur le pourtour anal et sur la queue.	Souillures de l'arrière-train, s'étendant sur l'intérieur des cuisses mais n'atteignant pas le jarret.	Souillures de l'arrière-train, s'étendant sur l'intérieur des cuisses et atteignant le jarret.	Souillures de l'arrière-train, s'étendant sur l'intérieur des cuisses et dépassant le jarret.

*Cette méthode est reprise pour évaluer l'indicateur « propreté du pourtour anal » dans le cadre du protocole australien (Munoz *et al.*, 2019).*

Phythian *et al.* (2019) ont trouvé une mauvaise reproductibilité de l'évaluation de l'indicateur « propreté du pourtour anal ». Ils évaluaient l'indicateur en donnant des scores aux brebis mais le détail des notes ne ressemblait à aucun de ceux décrits par les protocoles précédemment cités. Ainsi, la note de 0 était donnée à des animaux dont le pourtour anal était propre, des éclaboussures mineures de fèces étaient tolérées ; la note de 1 était donnée à des animaux dont le pourtour anal présentait des plaques de fèces discrètes à solides ; la note de 2 était donnée à des animaux dont le pourtour anal était très contaminé par les fèces (Phythian *et al.*, 2019). La reproductibilité est variable, de bonne (IDELE, 2015) à mauvaise (Phythian *et al.*, 2019). Pour améliorer la reproductibilité de l'évaluation de l'indicateur, Soriano *et al.* (2020) proposent de prendre en compte le pourcentage de surface atteint par les souillures, comme le prévoit le protocole EBBEL, ainsi que le nombre et la taille des grumeaux.

La propreté du pourtour anal a été validé par consensus d'experts comme indicateur de bien-être des ovins (Phythian *et al.*, 2011).

La propreté du pourtour anal est un indicateur important du bien-être chez les ovins car la diarrhée est un problème majeur de bien-être dans cette espèce. L'une des causes principales de diarrhée chez les moutons, outre la qualité de l'herbe, est le parasitisme par des nématodes. La caudectomie ne semble pas être une méthode efficace pour éviter les souillures du pourtour anal. L'indicateur propreté du pourtour anal a été validé comme indicateur pour l'évaluation du bien-être chez les ovins par un groupe d'experts. La reproductibilité de la méthode d'évaluation est mauvaise à bonne et on ne dispose dans de donnée dans la littérature quant à sa répétabilité.

g. Sécrétions nasales

La présence de sécrétions nasales est souvent un signe clinique d'affections respiratoires : les pneumonies (pasteurellose, pneumonies virales avec ou sans surinfections bactériennes, pneumonies atypiques), l'adénomatose pulmonaire, l'adénocarcinome nasal enzootique ou l'œstrose (Ravary-Plumioën *et al.*, 2018). Par exemple, les sécrétions nasales d'aspect séromuqueux sont le premier signe d'adénocarcinome nasal enzootique. Cette tumeur contagieuse des cellules glandulaires des muqueuses nasales gêne la respiration de l'animal en grossissant (De las Heras *et al.*, 2003). La fréquence d'apparition des sécrétions nasales dépend du type d'infection respiratoire mais aussi du type d'environnement où l'ovine vit (Richmond *et al.*, 2017). Ainsi, les sécrétions nasales peuvent aussi indiquer une ambiance de bergerie inadéquate : présence d'ammoniac ou de particules en quantité trop importante dans l'air (Hempstead *et al.*, 2019). La présence de sécrétions nasales est donc le signe d'une respiration perturbée, soit par des maladies, soit par une mauvaise ventilation (Richmond *et al.*, 2017).

Comment évaluer l'indicateur ?

S'il existe différents types de sécrétions nasales (séreuses, mucopurulentes, hémorragiques...), la plupart des protocoles d'évaluation du bien-être des ovins proposés dans la littérature ne s'intéresse qu'à la dichotomie présence ou absence de sécrétions nasales (Stubsjøen *et al.*, 2011 ; AWIN, 2015 ; Jolly, 2020). Le protocole EBBEL relève le pourcentage de brebis sans sécrétion nasale, par rapport au nombre de brebis observées, et l'indique pour l'indicateur « sécrétions nasales » (Jolly, 2020). Le protocole IDELE propose un score en trois points : la note de 0 est attribuée s'il n'y a aucune sécrétion, la note de 1 si les sécrétions sont discrètes et la note de 2 si elles sont purulentes (IDELE, 2015).

Après discussion entre 33 experts dans le domaine de l'élevage ovine (éleveurs, industries ou organisations liées aux élevages ovins) ou dans le domaine vétérinaire (vétérinaires ovins ou vétérinaires impliqués dans le bien-être animal), les sécrétions nasales ont été admises comme un indicateur valide (Phythian *et al.*, 2011).

La reproductibilité et la répétabilité de cet indicateur sont bonnes (Stubsjøen *et al.*, 2011 ; IDELE, 2015).

Les sécrétions nasales sont des signes d'affections respiratoires ou de mauvaises ambiances du bâtiment. Elles traduisent, dans tous les cas, une respiration altérée. La plupart des protocoles évaluent cet indicateur par dichotomie : présence ou absence. C'est un indicateur qui a été validé par des experts pour l'évaluation du bien-être des ovins. La reproductibilité et la répétabilité sont bonnes.

h. Couverture de laine

La couverture de laine fait référence à la toison du mouton. Celle-ci doit être complète, c'est-à-dire présente aux endroits où elle est censée se trouver, selon les caractéristiques de la race évaluée. Observer des pertes de laine sur les moutons est possible et peut refléter un problème de bien-être.

Il y a plusieurs étiologies possibles à une perte de laine. L'une des principales est la présence d'ectoparasites comme les acariens, les poux, ou les mélophages. La plupart des infestations par des ectoparasites entraîne un prurit, des frottements et une diminution de la croissance de la laine (AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017 ; Hempstead *et al.*, 2019) voire des ruptures de fibres (Richmond *et al.*, 2017). Indépendamment du mécanisme sous-jacent, l'ectoparasitisme occasionne fréquemment des pertes de laine (AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017 ; Hempstead *et al.*, 2019). On peut citer, par exemple la démodécie (Hargis et Myers, 2017) et la gale du mouton (van den Broek et Huntley, 2003 ; Busin, 2018), responsables d'une alopecie. La gale du mouton est une dermatite allergique provoquée par une réaction d'hypersensibilité due à la présence de *Psoroptes ovis* (Sargison, 1995 ; Busin, 2018). Outre l'alopecie, l'infestation provoque un prurit intense, une dermatite sévère, des automutilations (en lien avec le prurit) et une perte de poids (Busin, 2018). Les lésions se situent initialement au niveau du dos et du garrot puis s'étendent aux flancs, aux membres et à la tête (van den Broek et Huntley, 2003 ; Busin, 2018). Cette gale du mouton est un problème sérieux de bien-être animal en élevage et notamment au Royaume-Uni, où elle est la maladie ectoparasitaire la plus importante (van den Broek et Huntley, 2003 ; Busin, 2018).

Une perte de laine peut être provoquée par une pyrexie prolongée, une maladie métabolique, un stress ou à un déficit nutritionnel (Sargison, 1995 ; AWIN, 2015). Dans ces cas, l'alopecie est souvent étendue, bilatérale et symétrique (Sargison, 1995). Une contention brutale peut également provoquer une perte de laine (AWIN, 2015). De même, les boiteries chroniques ont un effet néfaste sur la croissance de la laine (Winter, 2008) et le piétin diminue significativement la production de laine (Marshall *et al.*, 1991).

Enfin, les pertes de laine peuvent aussi s'expliquer par son arrachage par les congénères. Ce comportement est connu sous le nom d'ingestion de laine. Les ovins arrachent la laine de leurs congénères, la mâchent et l'ingèrent (Huang et Takeda, 2015). L'étiologie de ce phénomène décrit dans la littérature ne fait pas l'unanimité et plusieurs hypothèses ressortent. Certains auteurs évoquent un manque de fibres et de stimulation orale, ou l'ennui des animaux (Vasseur *et al.*, 2006). Dans ce dernier cas, ils ne passeraient pas suffisamment de temps à ruminer ou à manger et « s'occuperaient » en arrachant et ingérant la laine de leurs congénères. Ce comportement est alors un comportement redirigé (Vasseur *et al.*, 2006). D'autres auteurs mettent en avant l'hypothèse d'une maladie métabolique ou nutritionnelle (notamment un déficit en sulfure) (Youde et Huaitao, 2001).

La principale conséquence négative d'une perte de laine est que, si elle est étendue, le mouton peut souffrir d'un stress thermique en cas de météo défavorable (Richmond *et al.*, 2017). La simple perte d'une partie de la laine peut aussi signifier la présence d'autres facteurs impactant le bien-être (maladies métaboliques, parasitisme, stress etc.), comme nous l'avons évoqué précédemment.

Comment évaluer l'indicateur ?

Pour évaluer l'indicateur « couverture de laine », il y a trois méthodologies principales qui se dégagent des différents protocoles d'évaluation de bien-être des brebis. En Italie, Napolitano *et al.* (2009) intègrent cet indicateur à celui « intégrité de la peau ». En France, le protocole EBBEL propose de classer les brebis selon la dichotomie « couverture de laine normale » (note 0) et « couverture de laine réduite » (note 1). Le pourcentage de brebis notées 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « couverture de laine ». La reproductibilité de cette méthode est moyenne (protocole EBBEL, données non publiées). Le protocole européen AWIN (2015), quant à lui, propose une notation plus complexe, en trois notes détaillées dans le Tableau 27, et décrit la façon de procéder pour évaluer l'indicateur « couverture de laine ». Ainsi, ce protocole évalue les grosses pertes de laine sans contention des animaux, mais, pour une analyse fine, une contention est nécessaire. Cet examen minutieux se fait le long du dos et des deux côtés de l'animal pour noter la présence de zones sans laine, de laine effilochée, grumeleuse ou qui pendrait, d'ectoparasites ou de pellicules. Pour les brebis suitées, il ne faut pas tenir compte d'éventuelles pertes de laine au niveau du dos et des épaules car cela peut provenir des interactions avec son agneau. L'évaluation de cet indicateur par le protocole australien est identique à celle proposée par AWIN (2015) (Munoz *et al.*, 2019).

Tableau 27. Évaluation de l'indicateur "couverture de laine", selon le protocole européen AWIN (2015).

Bonne couverture de laine	Quelques pertes de laine	Pertes significatives de laine
Bonne couverture de laine, égale sur l'ensemble des zones normalement couvertes.	Quelques zones de perte de laine mais qui ne sont pas à nu. Les zones mises à nu ne dépassent pas 10 cm de diamètre.	Zones de perte de laine avec mise à nu de la peau de plus de 10 cm de diamètre.
Absence d'ectoparasite, de pellicule ou de laine grumeleuse.	Quelques pellicules ou laine grumeleuse sont tolérées. Absence d'ectoparasite.	Potentielle présence d'ectoparasites.

L'indicateur « couverture de laine » a été jugé cliniquement utile (Phythian *et al.*, 2019) et il a été validé par une commission d'experts, pour tout type d'élevages (intensif, en bergerie, extensif) (Phythian *et al.*, 2011). La reproductibilité et la répétabilité de l'évaluation de cet indicateur selon le protocole AWIN (2015) est modérée à presque parfaite (Munoz *et al.*, 2017). D'ailleurs, en Australie, cet indicateur a été jugé valide, réalisable et fiable pour évaluer le bien-être des ovins dans les élevages extensifs (Munoz *et al.*, 2016).

La couverture de laine est un aspect important du bien-être des ovins car une alopecie traduit souvent un ectoparasitisme qui est très fréquemment à l'origine d'un prurit, plus ou moins intense et pouvant causer des automutilations. Elle peut également trouver son origine dans le stress ou l'alimentation. De plus, une perte de laine importante peut entraîner un stress thermique si les conditions météorologiques sont défavorables. Les méthodes pour évaluer cet indicateur diffèrent selon les protocoles d'évaluation de bien-être des ovins. Leur reproductibilité et répétabilité sont moyennes à presque parfaites. C'est un indicateur qui a été validé pour l'évaluation du bien-être des ovins.

C. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de contrainte physique et climatique »

a. Propreté de l'animal

Pouvoir s'allonger sur une surface confortable et sèche constitue une condition importante du bien-être animal (AWIN, 2015). La propreté des animaux est donc un indicateur qui permet de savoir s'ils sont obligés de se coucher dans une zone humide, sale ou boueuse (Richmond *et al.*, 2017). Ainsi, des animaux sales indiquent un environnement sale ou humide (Stubsjøen *et al.*, 2011).

La propreté des animaux est un indicateur de bien-être animal qui a été prouvé utile dans le cadre de l'évaluation du bien-être des moutons (Phythian *et al.*, 2011). Il est important car la saleté peut favoriser l'irritation de la peau et l'infestation par des ectoparasites et d'autres pathogènes. Notamment, les animaux logés dans des bâtiments sales et humides sont plus sensibles à la dermatophytose (Hargis et Myers, 2017).

Comment évaluer l'indicateur ?

La plupart des protocoles d'évaluation du bien-être des ovins examine l'indicateur « propreté de l'animal » en donnant des notes aux animaux (Stubsjøen *et al.*, 2011 ; AWIN, 2015 ; IDELE, 2015 ; Jolly, 2020 ; M'Hamdi *et al.*, 2021). Cependant, chaque protocole a sa description de l'indicateur : le protocole norvégien intègre la propreté sur l'ensemble de l'animal. Une note de 1 à 4 est attribuée, 1 étant un animal propre et 4 un animal sale (Stubsjøen *et al.*, 2011). Au contraire, le protocole IDELE ne considère que la propreté des flancs. Une note de 0 à 2 est donnée aux animaux, 0 étant un animal propre et 2 un animal sale (IDELE, 2015). Dans le cas du protocole AWIN, la propreté du ventre, des membres, des flancs, du dos et de la tête est évaluée séparément de celle du pourtour anal. De plus, l'humidité de la toison est intégrée. Ainsi, la note de 0 est attribuée à un animal propre et sec, la toison n'est ni sale ni contaminée ; la note de 1 est donnée aux animaux secs ou discrètement humides à cause de conditions météorologiques récentes, la toison peut être discrètement sale ou boueuse à cause d'une contention ; la note de 2 est attribuée aux animaux très humides ou mouillés, la toison est contaminée par de la boue ou des excréments ; la note de 3 est donnée aux animaux trempés, et/ou souillés de boue ou d'excréments ; enfin la note de 4 est attribuée aux animaux trempés et recouverts de boue ou d'excréments, que ce soit la tête, le dos, le ventre, les flancs ou les membres. Le protocole tunisien, lui, évalue la propreté de la toison sur l'ensemble de l'animal en donnant une note entre 0 (très propre) et 3 (très sale) (M'Hamdi *et al.*, 2021). Enfin, le protocole EBBEL propose d'évaluer la propreté de l'animal en distinguant les zones.

Ainsi, l'indicateur « propreté de l'animal » est séparé en quatre indicateurs différents : « propreté des membres », « propreté de la mamelle », « propreté du dos » et « propreté du pourtour anal » (Jolly, 2020). Le protocole EBBEL est donc le seul à évaluer la propreté du dos comme indicateur à part entière. Le Tableau 28 détaille la méthode d'évaluation (Jolly, 2020), l'indicateur « propreté du pourtour anal » a été développé dans le chapitre « absence de maladie, douleur et blessure ». Le pourcentage de brebis avec des notes 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « propreté de la zone ».

Tableau 28. Méthode de notation de la propreté de l'animal selon le protocole EBBEL. Le dos, les membres et la mamelle sont notés séparément et sont appelés « zones » dans le tableau (Jolly, 2020).

Notes	1	2	3	4
Descriptions	La zone est très propre ou présente quelques souillures.	Souillures étendues présentes sur moins de 50 % de la surface de la zone.	Souillures étendues présentes sur plus de 50 % de la zone.	Zone entièrement souillée ou présentant une croûte épaisse.

La technique d'évaluation du protocole EBBEL permet d'éviter que la saleté d'une zone soit lissée par la propreté d'une autre. De plus, la propreté pourrait avoir un impact différent d'une zone à l'autre sur le bien-être des ovins (Jolly, 2020). En effet, la propreté des membres est un reflet de l'hygiène du bâtiment ou du sol (Solano *et al.*, 2017). Le fait que les membres postérieurs ne soient pas propres peut indiquer des pratiques de gestion inadéquates ou un manque de soins de la part de l'éleveur (Caroprese *et al.*, 2009a ; Sevi, 2009). De plus, les salissures peuvent prédisposer aux blessures et boiteries (Caroprese *et al.*, 2009a). Chez les vaches laitières, une mauvaise propreté des membres est associée aux causes infectieuses de boiterie et aux lésions des onglons (Zurbrigg *et al.*, 2005 ; Sadiq *et al.*, 2017). Ainsi, les vaches ayant des membres sales sont plus à risque de développer une dermatite digitée (Lombard *et al.*, 2010). La saleté de la mamelle est un facteur de risque de mammites (Albenzio *et al.*, 2002). Par exemple, les staphylocoques sont des micro-organismes commensaux de la peau des trayons et lorsque les conditions sanitaires et d'hygiène d'un troupeau sont déplorables, ils peuvent se comporter en opportunistes et provoquer des mammites (Alba *et al.*, 2019). Chez les vaches laitières, les mamelles sales sont un facteur de risque de la présence de *Klebsiella spp* et de tous les germes de l'environnement (ou les germes mixtes) après préparation de la mamelle pour la traite (Munoz *et al.*, 2008).

La reproductibilité et la répétabilité de l'évaluation de la propreté de la toison sont bonnes, qu'elle soit évaluée avec une échelle binaire ou avec l'échelle de l'Animal Needs Index appliquée au mouton (Napolitano *et al.*, 2009 ; Phythian *et al.*, 2012 ; Munoz *et al.*, 2016 ; Munoz *et al.*, 2017). Le protocole EBBEL quant à lui, a trouvé une reproductibilité correcte pour l'évaluation de la propreté de la mamelle et une reproductibilité moyenne pour l'évaluation de la propreté des pattes. La reproductibilité de la propreté du dos n'a pas été évaluée car la variabilité n'était pas suffisamment importante (protocole EBBEL, données non publiées).

La propreté des animaux est un indicateur qui révèle la propreté et l'humidité de l'environnement, notamment des zones de couchage. Sa reproductibilité et répétabilité sont bonnes. Seul le protocole EBBEL permet de ne pas lisser la saleté d'une zone de l'animal par la propreté d'une autre. C'est le seul protocole qui propose d'évaluer la propreté du dos seul.

b. Humidité de la laine

La toison des moutons est composée de laine, c'est-à-dire de fibres à croissance continue (Larousse, 2021b). La laine est un isolant thermique : si celle-ci est épaisse et de bonne qualité, le mouton peut résister à des températures inférieures à 0°C (Terrill et Slee, 1991). D'ailleurs, le mouton est l'une des espèces domestiques les plus résistantes au froid (Brugère-Picoux, 2004). Cependant, la laine peut être un désavantage, lorsque les températures sont très élevées. En effet, lors de températures élevées, la laine retient la chaleur, ce qui a un effet néfaste pour l'animal (Brugère-Picoux, 2004). Un paramètre important de la toison est son humidité : une toison humide empêche le mouton de lutter efficacement contre le froid. Cette humidité peut simplement être le résultat de la chaleur. Effectivement, la pression de vapeur d'eau, proche de la peau des moutons non tondus, augmente avec l'augmentation de la température ambiante (Eyal, 1963). Un environnement trop chaud, ou une exposition aux rayons solaires peut donc majorer l'humidité de la toison (Eyal, 1963 ; Brugère-Picoux, 2004)

Par ailleurs, l'humidité intérieure de la laine est un facteur de risque de pourrissement de la laine, connu en anglais sous le nom de *fleece rot*, terme n'ayant pas de traduction adaptée en français. Cette affection est une dermatite bactérienne superficielle due à la prolifération de *Pseudomonas spp* qui apparaît à la faveur d'une humidité prolongée de la peau (Hayman, 1953 ; Hargis et Myers, 2017). En effet, l'humidité de la toison entraîne une humidité de la peau qui favorise la prolifération bactérienne. Trois à sept jours d'humidité de la peau suffisent à observer cette prolifération (Merritt et Watts, 1978 ; Hargis et Myers, 2017). Lorsque la laine est sèche, la population bactérienne est mixte et variable. Lorsque les moutons sont humides, le nombre de bactéries progresse fortement, principalement *Pseudomonas* car ces bactéries produisent des bactériostatiques qui inhibent la croissance des autres bactéries (Merritt et Watts, 1978). De plus, dans son étude sur la *fleece rot* chez le mouton, Hayman (1953) a montré qu'aux endroits atteints de *fleece rot*, la laine était saturée d'eau alors que ce n'était pas le cas pour les zones saines. Il a aussi montré qu'en Australie, la *fleece rot* se développe selon la fréquence et la durée des pluies intenses : plus il y a de jours pluvieux, plus la prévalence et la sévérité de l'affection sont élevées (Hayman, 1953).

Par ailleurs, la réaction inflammatoire due à la *fleece rot* est accompagnée d'un exsudat (Hargis et Myers, 2017). Cet exsudat est lysé par les enzymes protéolytiques sécrétées par les *Pseudomonas spp*, ce qui provoque une odeur nauséabonde qui attire les mouches. Celles-ci vont pondre des œufs qui deviennent des larves à la faveur de la présence de protéines (Merritt et Watts, 1978). L'humidité relative de la laine au contact de la peau excède rarement 70 % (sauf au niveau de l'arrière train), ce qui est normalement trop sec pour permettre le développement de myases (Davies et Hobson, 1935). En effet, une larve ne peut survivre sur une peau saine que si l'humidité est de 90 % pendant au moins 14 heures (Davies et Hobson, 1935). L'humidité de la laine autour de l'arrière train est plus importante qu'ailleurs en raison des souillures fécales et urinaires. C'est donc dans cette région que se forment préférentiellement les myases (Davies et Hobson, 1935).

Dans une étude réalisée en Grande-Bretagne, French *et al.* (1995) ont trouvé que, chez les brebis, 52,7 % des myiases étaient localisées dans la région périnéale contre 20,9 % sur le corps, 17,9 % sur les pieds et 1,3 % sur la tête.

Comment évaluer l'indicateur ?

Seuls deux protocoles proposent d'évaluer l'humidité intérieure de la toison : le protocole IDELE et EBBEL. Dans les deux cas, la notation est la même : une note de 0 est attribuée si la laine est sèche, 1 si la laine est humide ou mouillée (IDELE, 2015 ; Jolly, 2020). Selon, le protocole IDELE, l'évaluateur doit écarter la laine avec une main et toucher directement la peau avec les doigts de l'autre main le long de la colonne vertébrale (IDELE, 2015). Dans le cas du protocole EBBEL, l'humidité intérieure de la toison est évaluée au moment de la palpation de la région lombaire, lors de l'évaluation de l'état corporel, sur le quai de traite (Jolly, 2020). Le pourcentage de brebis avec des notes 0, par rapport au nombre de brebis évaluées, est relevé et indiqué pour l'indicateur « humidité de la laine ». La reproductibilité de l'indicateur « humidité de la laine » est bonne (IDELE, 2015).

L'humidité intérieure de la toison peut refléter les conditions environnementales des brebis. Cette humidité pose problème car les brebis résistent moins bien au froid et car elle prédispose à des maladies de peau comme la *fleece rot* et aux myiases. Peu de protocoles d'évaluation du bien-être des ovins prennent en compte cet indicateur. Sa reproductibilité est pourtant bonne.

c. Surface disponible par animal

La surface disponible par animal est un indicateur important qui reflète de l'espace physique dont disposent les brebis pour se déplacer, s'allonger et interagir. Il est notamment important que les brebis aient suffisamment de place pour se déplacer comme elles le souhaitent et s'allonger toutes en même temps (AWIN, 2015). Cette donnée est importante pour les élevages intensifs qui sont caractérisés par l'élevage d'un grand nombre d'animaux par unité d'espace, afin de maximiser les rendements (Estevez *et al.*, 2007).

Le manque de place a des conséquences dans plusieurs domaines : comportemental, médical et celui des performances de production. En effet, la diminution de la surface disponible augmente la compétition pour une ressource et augmente l'agressivité des animaux qui luttent pour leur espace (Fraser, 1983 ; Estevez *et al.*, 2007 ; AWIN, 2015). De même, le temps passé allongées et l'activité des brebis diminuent lorsque la surface disponible par animal diminue (Bøe *et al.*, 2006 ; Weeks, 2008 ; Averós *et al.*, 2014 ; Richmond *et al.*, 2017). Par ailleurs, la diminution de la surface par animal provoque une réduction de la réponse immunitaire et augmente le risque de mammites subcliniques (Sevi *et al.*, 1999b ; Sevi *et al.*, 1999c ; Caroprese, 2008 ; Caroprese *et al.*, 2009 ; Richmond *et al.*, 2017). Enfin, la production laitière et la qualité du lait produit par des brebis ayant une surface disponible plus faible sont moins bonnes (Sevi *et al.*, 1999b ; Sevi *et al.*, 1999c ; Estevez *et al.*, 2007 ; Caroprese *et al.*, 2009b) .

D'un point de vue réglementaire, la législation de l'Union Européenne exige que les élevages biologiques respectent un espace suffisant pour le mouvement et les comportements normaux des animaux, sans avancer de valeur chiffrée (Conseil Européen, 2007). Dans leur étude de l'effet de l'espace disponible sur le comportement des brebis laitières gestantes et ses implications potentielles sur leur bien-être, Averós *et al.* (2014) suggèrent qu'une réduction à 1 m²/brebis augmenterait le nombre d'interactions agonistiques entre les brebis gestantes. Cependant, ils notent également une augmentation du nombre d'interactions positives, suggérant ainsi un accroissement des interactions en lien avec une augmentation des croisements entre les animaux. Par ailleurs, l'Institut de l'élevage, conseillait en 2020, à travers un guide, une surface disponible tenant compte du statut reproducteur de l'animal (Sagot, 2020) ; ces recommandations sont présentées dans le Tableau 29.

Tableau 29. Recommandations de l'Institut de l'élevage sur la surface d'aire paillée conseillée en fonction du statut reproducteur des brebis (Sagot, 2020).

Format des brebis	Moyen	Grand
Poids d'une brebis vide	< 70 kg	> 70 kg
Brebis vides ou gestation	1,2 m ² /brebis	1,5 m ² /brebis
Brebis allaitant un agneau	1,5 m ² /brebis	
Brebis allaitant deux agneaux	2 m ² /brebis	

Comment évaluer l'indicateur ?

Le protocole AWIN, comme EBBEL et le protocole italien, proposent de mesurer la longueur et la largeur de l'enclos, de le ramener au nombre de brebis présentes et de soustraire la place non utilisable par les brebis. Ensuite, le protocole AWIN propose trois catégories : bonne surface disponible si la surface est au moins égale à 1,5 m²/brebis seule ou 2 m²/brebis suivie ; surface suffisante si la surface est au moins de 1 m²/brebis seule ou 1,5 m²/brebis suivie ; surface disponible insuffisante si inférieure à 1 m²/brebis seule ou 1,5 m²/brebis suivie (AWIN, 2015). Le protocole italien, quant à lui, donne un score entre 0 et 3,5 à cet indicateur selon la surface disponible par brebis (Napolitano *et al.*, 2009) :

- 3,5 si absence de bergerie
- 3 si la surface disponible est supérieure à 3,5 m²/brebis
- 2,5 si la surface disponible est supérieure 2,65 m²/brebis
- 2 si la surface disponible est supérieure 1,85 m²/brebis
- 1,5 si la surface disponible est supérieure 1 m²/brebis
- 0 si la surface disponible est strictement inférieure à 1 m²/brebis.

La surface disponible est un indicateur qui a été validé par un consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011). De plus, en tant qu'indicateur basé sur les ressources, sa fiabilité d'évaluation devrait être bonne (Richmond *et al.*, 2017).

La surface disponible est un indicateur qui rend compte de l'espace physique dont disposent les brebis pour se déplacer, s'allonger et interagir. Une diminution de l'espace disponible provoque des troubles comportementaux comme l'agression, des problèmes médicaux et une réduction des performances de production, notamment laitière. Cet indicateur a été validé par un groupe d'experts et, en tant qu'indicateur basé sur les ressources, il devrait être fiable.

d. Présence d'ombre en pâture

La présence d'ombre ou d'abris permet aux animaux de s'abriter, de se protéger des radiations solaires et des coups de soleil et de maintenir un bon équilibre thermique lorsqu'ils sont en pâture sous de fortes chaleurs (Caroprese, 2008 ; Nicolussi *et al.*, 2009 ; AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017). En effet, l'augmentation de la température ambiante, induit une augmentation du nombre de mécanismes mis en jeu par l'organisme pour dissiper l'excès de chaleur. Selon la race, ces mécanismes sont plus ou moins efficaces à maintenir les fonctions vitales et s'adapter aux conditions extrêmes de l'environnement. Ceci fait référence à la zone de neutralité thermique, qui décrit schématiquement la relation entre l'animal et son environnement. Cependant, la notion de zone de bien-être thermique est plus pertinente du point de vue du bien-être animal car elle correspond à la variation de températures pour lesquelles les efforts physiologiques et thermiques de la thermorégulation sont minimaux, la santé optimale et la production et la croissance maximales. Cette zone de bien-être thermique est vaste et dépend de la race : entre 5 et 30 °C (Nicolussi *et al.*, 2009).

À l'opposé du bien-être thermique se trouve la notion de stress thermique, qui fait référence à la nécessité de dissiper la chaleur sous l'effet de l'environnement (Silanikove, 2000). Ce stress thermique induit un stress physiologique, comme le prouve l'augmentation du taux de cortisol sous de fortes chaleurs (Silanikove, 2000 ; Liu *et al.*, 2012 ; Sevi et Caroprese, 2012 ; McManus *et al.*, 2020). L'augmentation du cortisol n'est pas la seule modification hormonale : diminution de l'activité anabolique et une augmentation de l'activité catabolique, avec notamment une augmentation de la mobilisation des réserves de l'animal (augmentation des acides gras non estérifiés) (Sevi et Caroprese, 2012 ; McManus *et al.*, 2020). Par ailleurs, le stress thermique diminue les défenses immunitaires des animaux, les rendant plus vulnérables aux infections (Caroprese, 2008 ; Nicolussi *et al.*, 2009 ; Sevi et Caroprese, 2012 ; McManus *et al.*, 2020). Lorsque la température corporelle et à la surface de la peau augmente, la balance hydro-électrolytique est modifiée, avec une perte d'eau accrue de 25 % dans les fèces et de 40 % dans les urines, ce qui provoque l'augmentation de la prise de boisson d'environ 50 %. On note également des perturbations dans la structure et la fonction de l'épithélium intestinal, ainsi qu'une altération du microbiote local, ce qui réduit la digestibilité de certains nutriments (Sevi et Caroprese, 2012 ; McManus *et al.*, 2020)

Ces variations hormonales provoquent des changements comportementaux pour répondre et lutter contre l'augmentation de la température. Les premières réponses sont le halètement et la transpiration. Cette dernière est moins efficace chez les ovins du fait de la présence de laine. En effet, si la laine est une barrière qui protège en partie des radiations solaires, elle diminue la possibilité de réguler la température par la transpiration et provoque une transmission de chaleur par convection, via l'air qu'elle emprisonne (Sevi et Caroprese, 2012 ; McManus *et al.*, 2020). Par la suite, les ovins soumis à un stress thermique présentent d'autres modifications : leur fréquence

cardiaque s'accélère, la prise alimentaire est diminuée, la thermorégulation par évaporation d'eau via la respiration s'enclenche et devient le principal mécanisme de dissipation de chaleur (Ames *et al.*, 1971 ; Silanikove, 2000 ; Caroprese, 2008 ; Nicolussi *et al.*, 2009 ; Liu *et al.*, 2012 ; Sevi et Caroprese, 2012 ; McManus *et al.*, 2020 ; Mehaba *et al.*, 2021).

De plus, le stress thermique réduit la production laitière jusqu'à 20 % et la qualité du lait produit est moins bonne, avec une augmentation des polynucléaires neutrophiles (donc des cellules somatiques du lait), des Staphylocoques et des coliformes présents dans le lait (Silanikove, 2000 ; Finocchiaro *et al.*, 2005 ; Nicolussi *et al.*, 2009 ; Sevi et Caroprese, 2012). Par ailleurs, le stress thermique diminue les défenses immunitaires de la mamelle, ce qui prédisposent les brebis aux mammites (Caroprese, 2008 ; Sevi et Caroprese, 2012). Néanmoins, une étude récente sur les brebis laitières de race Lacaune ne montre pas de différence de production laitière entre les brebis soumises à un stress thermique (28-35°C) et celles non soumises à ce stress (15-20°C) (Mehaba *et al.*, 2021).

Dans le but d'étudier l'effet d'une protection contre les radiations solaires sur les réponses physiologique, immunitaire et comportementale des brebis laitières en lactation sous d'importantes températures ambiantes, Caroprese *et al.* (2012) ont divisé 40 brebis de race Sarde en deux groupes : toutes les brebis étaient élevées en extérieur mais un groupe disposait d'un accès à l'ombre tandis que l'autre n'en était pas pourvu. Les résultats de cette étude réalisée en été 2007, montrent que les animaux ayant accès à l'ombre avaient, à la fin de l'étude, une meilleure NEC que ceux qui en étaient privés. De plus, les animaux ayant accès à l'ombre passaient significativement moins de temps à manger et plus de temps à ruminer que les animaux dépourvus d'accès à l'ombre et mobilisaient moins leurs réserves lipidiques (concentration plasmatique en acides gras non estérifiés moins importante). Une autre étude réalisée en Estonie rapporte des résultats similaires (Marccone *et al.*, 2021). Cette étude montre une augmentation significative de la fréquence respiratoire et du score de halètement chez les brebis n'ayant pas accès à l'ombre comparées à celles ayant accès à l'ombre (Marccone *et al.*, 2021).

Ainsi, la présence d'ombre en pâture permet l'accès à des zones plus fraîches et diminue le stress thermique des ovins. Cette ombre peut provenir de murs en pierres, de haies, d'arbres ou d'arbustes ... (Caroprese, 2008 ; Nicolussi *et al.*, 2009 ; AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017).

D'un point de vue réglementaire, selon l'Union Européenne, les animaux d'élevages biologiques doivent avoir accès à des abris ou à des endroits ombragés pour pouvoir se protéger des mauvaises conditions météorologiques (Parlement et Conseil Européens, 2018).

Comment évaluer l'indicateur ?

Les protocoles d'évaluation du bien-être qui prennent en compte cet indicateur notent la présence d'ombre dans les pâtures. Il existe cependant différentes façons de noter cet indicateur : le protocole italien cote l'ombre en pâture selon sa présence suffisante (1,5), insuffisante (0,5) ou l'absence d'ombre (0) (Napolitano *et al.*, 2009) tandis que le protocole AWIN est plus sévère et ne distingue que deux catégories pour cet indicateur : présence ou absence d'ombre ou de refuge (AWIN, 2015). Dans les deux cas, l'évaluateur observe les parcelles. Au contraire, dans le protocole EBBEL, l'évaluateur interroge l'éleveur sur la présence d'ombre sur toutes, certaines ou aucune de ses parcelles (Jolly, 2020).

La présence d'ombre est un indicateur qui a été validé par un consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011) mais on ne connaît pas sa fiabilité (reproductibilité et répétabilité) (Richmond *et al.*, 2017).

La présence d'ombre en pâture est importante pour éviter l'impact négatif du stress thermique sur la santé, la production laitière, la qualité du lait et le bien-être des animaux sous de fortes chaleurs. D'ailleurs, la législation européenne stipule que les animaux biologiques doivent avoir accès à un espace ombragé. La présence d'ombre en pâture est un indicateur qui a été validé par consensus d'experts mais on ne connaît pas sa fiabilité.

D. Indicateurs évaluant la liberté « Expression de comportements normaux »

a. Accès à la pâture

L'accès à la pâture est important pour le bien-être et le comportement des ovins. En effet, Caroprese (2008) a montré que les ovins sans accès à l'extérieur présentent une augmentation de la concentration du cortisol dans le sang et davantage de stéréotypies et de comportements anormaux. Au contraire, l'auteur rapporte que mettre les ovins à la pâture durant la journée stimule les comportements normaux d'exploration et les comportements actifs. Ceci est cohérent avec les résultats d'autres auteurs, qui trouvent que l'accès à la pâture augmente la locomotion des brebis, diminue leur piétinement et augmente le comportement de prise de boisson (Casamassima *et al.*, 2001 ; Caroprese *et al.*, 2009b). De plus, selon Caroprese (2008) et Caroprese *et al.* (2009b), les brebis ayant accès à la pâture produisent un lait moins riche en cellules somatiques et plus riches en protéines, donc de meilleure qualité. Il faut cependant noter une diminution transitoire de la production laitière et de la qualité du lait en été, en raison de l'augmentation du métabolisme musculaire due à la locomotion et à l'énergie nécessaire pour la thermorégulation (Caroprese, 2008). Ceci explique également la plus faible glycémie et la plus forte créatininémie chez les brebis ayant accès à l'extérieur, comparativement à celles n'ayant pas accès à l'extérieur (Casamassima *et al.*, 2001). Enfin, la réponse immunitaire cellulaire est plus performante chez les brebis ayant accès à l'extérieur (Caroprese *et al.*, 2009b).

La législation européenne impose aux éleveurs biologiques un accès permanent à des espaces de plein air, de préférence à la pâture sous réserve que les conditions climatiques et l'état du sol le permettent (Conseil Européen, 2007).

Comment évaluer l'indicateur ?

Seuls les protocoles italien et EBBEL s'intéressent à l'accès à la pâture et plus précisément au temps passé en pâture. Le protocole italien donne un score selon ce temps : 3,5 si plus de 7 mois ; 2,5 si entre 1 et 6 mois ; 0 si 0 mois (Napolitano *et al.*, 2009) quand, dans le protocole EBBEL, l'évaluateur interroge simplement l'éleveur (protocole EBBEL, données non publiées).

L'accès à la pâture permet l'expression de comportements normaux chez les brebis, comme le comportement d'exploration. De plus, l'accès à la pâture améliore le bien-être des brebis laitières ainsi que leur production. Cet indicateur n'est pas validé scientifiquement pour l'évaluation du bien-être des ovins et on ne connaît pas sa fiabilité.

b. Liberté de mouvement

Les ovins peuvent présenter jusqu'à 43 comportements d'entretien différents, répartis dans les domaines suivants : comportements réactionnels, ingestion, exploration, mouvements, association, soins du corps, territorialité et repos (Fraser, 1983). Pour certains comportements normaux, comme l'exploration ou l'association, l'attache des animaux rend impossible leur réalisation.

Cet indicateur est très peu cité dans la littérature, on ne connaît pas sa répétabilité ni sa reproductibilité. Seul le protocole EBBEL s'intéresse à cet indicateur pour l'évaluation du bien-être des ovins et relève l'absence ou la présence, régulière ou exceptionnelle, d'animaux attachés (protocole EBBEL, données non publiées).

L'union Européenne interdit aux élevages biologiques d'attacher ou d'isoler des animaux d'élevage, à moins que ces mesures ne concernent des animaux individuels pendant une durée limitée et qu'elles soient justifiées par des raisons de sécurité, de bien-être ou vétérinaires (Conseil Européen, 2007). Par ailleurs la législation européenne, à travers la Directive 98/58/CE du Conseil du 20 juillet 1998 concernant la protection des animaux dans les élevages, impose aux États membres que « *la liberté de mouvement propre à l'animal, compte tenu de son espèce et conformément à l'expérience acquise et aux connaissances scientifiques, ne doit pas être entravée de telle manière que cela lui cause des souffrances ou des dommages inutiles* » (Conseil Européen, 1998).

c. Qualitative Behavioural Assessment (QBA)

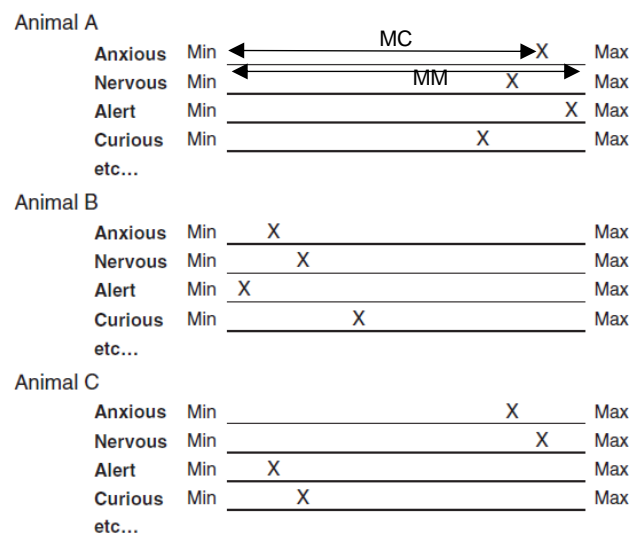
Le QBA, Qualitative Behavioural Assessment, est un outil méthodologique pour évaluer l'état mental (affectif et émotionnel) d'un groupe d'animaux. Il est basé sur l'observation de ce groupe dans son ensemble, sans se concentrer sur une partie du corps, par un ou plusieurs observateurs humains qui doivent quantifier l'intensité d'un comportement, décrit par des adjectifs qualitatifs. Le but n'est pas de décrire ce que fait l'animal mais comment il le fait. Si le QBA ne permet pas de savoir ce que ressent l'animal, il permet de détecter sa réponse à son environnement et est assez sensible pour détecter de subtiles variations de réponses (Wemelsfelder *et al.*, 2000 ; Wemelsfelder, 2007 ; Wickham *et al.*, 2015 ; Fleming *et al.*, 2016).

Le QBA a été développé par Wemelsfelder (1997, 2007) et Wemelsfelder *et al.* (2000). Leur postulat initial est qu'un observateur humain est capable d'intégrer des détails ou des signaux comportementaux pour juger d'une expression comportementale de l'animal, en utilisant des adjectifs qualitatifs qui reflètent le statut émotionnel de l'animal. Ils ont testé la reproductibilité de leur technique chez plusieurs espèces (notamment le porc).

Le QBA est basé sur des observations, des adjectifs qualitatifs et des tests statistiques. Le prérequis est d'avoir une liste d'adjectifs qualitatifs fixés au préalable par une équipe d'experts ou

par les évaluateurs eux-mêmes (Free Choice Profiling). À chacun des adjectifs est associée une échelle visuelle analogique allant de « minimum » (comportement absent) à « maximum » (comportement qui ne peut être plus présent) (cf. Figure 7). La distance entre ces points extrêmes, MM, est mesurée. Une fois cela mis en place, les évaluateurs observent les animaux, sur le terrain ou en vidéo. Chacun évalue l'intensité de chaque adjectif (anxieux par exemple), en plaçant une croix sur l'échelle visuelle analogique. S'il y a plusieurs groupes d'animaux, on côtoie chacun d'entre eux. La distance entre « minimum » et la croix, MC, est mesurée pour chaque adjectif, pour chaque évaluateur et pour chaque groupe d'animaux permettant d'établir un score : $\frac{MC}{MM}$. Les scores de tous les évaluateurs, de tous les groupes d'animaux et de tous les adjectifs sont insérés dans un modèle statistique : GPA (Generalised Procruste Analysis) ou ACP (Analyse en Composantes Principales). Ces modèles statistiques détectent les tendances des scores et les regroupent en dimensions de consensus (appelées simplement dimensions ou composantes), qui sont représentées par des axes. Chez les brebis, comme chez les autres animaux testés pour le QBA, les dimensions détectées sont l'humeur et la réactivité ou état d'éveil. L'humeur comprend des adjectifs comme déprimé, angoissé, content ; tandis que la réactivité comprend des adjectifs comme faible, agité, détendu, vigoureux (cf. Figure 8). Les groupes d'animaux obtiennent un score sur chaque dimension (humeur et réactivité), le score de QBA. Ces scores peuvent ensuite être utilisés pour interpréter l'état émotionnel des animaux observés. Attention cependant, les données du QBA ne peuvent pas être interprétées telles quelles, sauf par des experts. Il faut toujours considérer d'autres mesures pertinentes pour interpréter un QBA. Le QBA n'est donc pas un outil qui s'utilise seul mais se conçoit comme un élément complémentaire d'autres mesures (Fleming *et al.*, 2016).

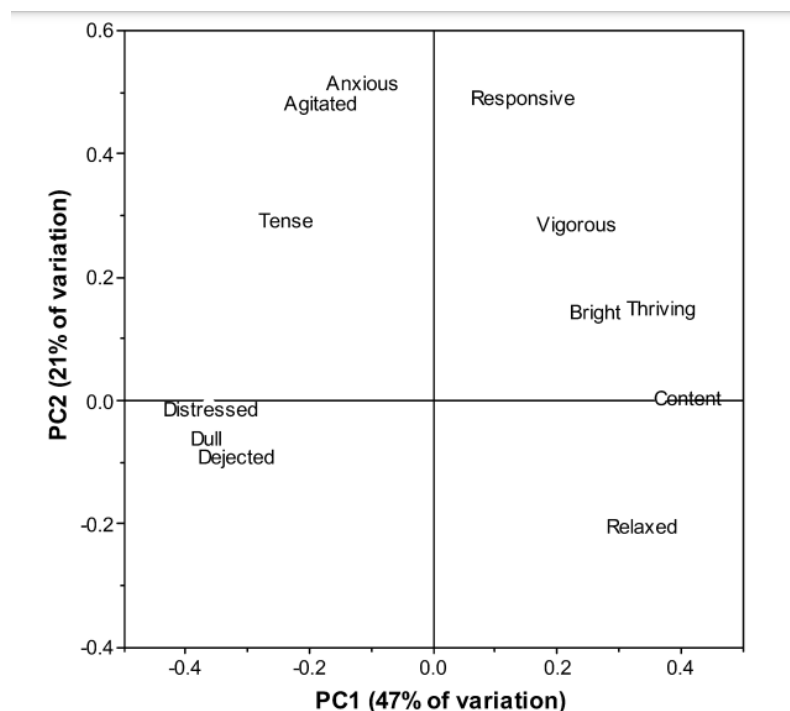
Figure 7. Exemple de feuille de QBA (évaluation qualitative du comportement) pour l'évaluation de trois animaux A, B et C avec quatre adjectifs. La mesure de la distance MM et MC permet de attribuer un score à chaque adjectif pour chaque animal (Fleming *et al.*, 2016).



Phythian *et al.* (2016) ont étudié des brebis allaitantes au Royaume-Uni dans l'objectif d'appliquer le QBA de manière répétée, à l'échelle du troupeau sur un an. Ils ont montré une stabilité de la composante PC1, l'humeur, tout au long de l'année. En revanche, ils ont trouvé une variation significative de la composante PC2, la réactivité : les moutons semblent plus détendus et moins agités pendant les périodes d'agnelages et post-agnelages. Les auteurs avancent l'hypothèse de

l'effet du changement physiologique que produit l'arrivée des agneaux, notamment lors de la mise en place du comportement maternel chez les brebis. Par ailleurs, les auteurs mettent en évidence des corrélations entre les termes « angoissé », « faible » et « déprimé » avec les boiteries et avec un comportement léthargique, suggérant que les boiteries impactent l'état émotionnel des moutons. Cet exemple permet de comprendre l'apport du QBA dans une évaluation du bien-être animal. Effectivement, le QBA aborde la question du bien-être animal sous un autre angle, celui de l'état mental et apporte des informations complémentaires contribuant à interpréter l'impact des problèmes de santé sur le BEA (Phythian *et al.*, 2016). De plus, le QBA est le seul indicateur d'évaluation du bien-être animal prenant en compte l'aspect positif du bien-être ; il pourrait être utilisé à des fins de communication avec les consommateurs (Phythian *et al.*, 2016 ; Fleming *et al.*, 2016).

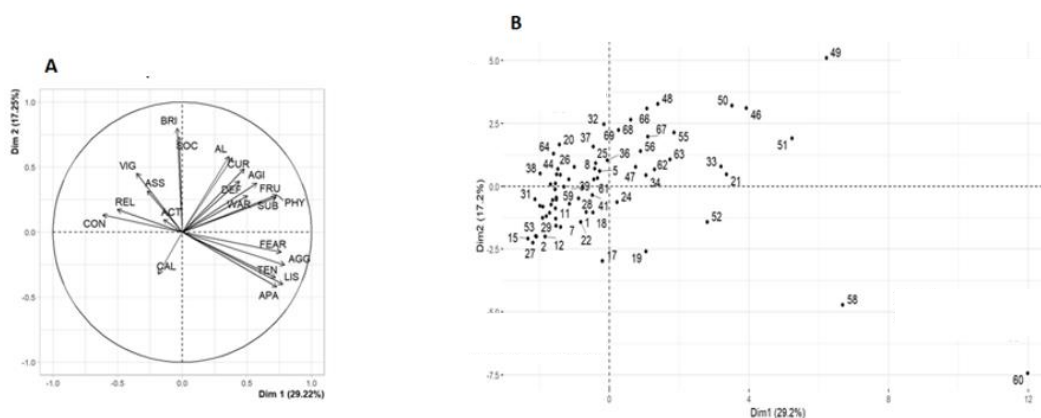
Figure 8. Exemple de modèle statistique d'Analyse en Composantes Principales pour 12 adjectifs chargés sur les dimensions PC1, humeur, et PC2, réactivité (Phythian *et al.*, 2016).



Comme pour toutes mesures, se pose la question de la fiabilité du QBA Si le QBA fonctionne mieux si les évaluateurs sont formés, la connaissance de l'espèce observée n'est pas un prérequis. En effet, on demande aux évaluateurs d'observer un groupe d'animaux en particulier et de détecter des variations dans l'intensité de leur comportement par rapport à celui visualisé lors de l'entraînement. La méconnaissance de l'espèce observée n'annule pas la capacité de l'humain à détecter ces variations d'intensité de comportement. Les données sont ensuite insérées dans un modèle statistique qui n'a rien de subjectif (Fleming *et al.*, 2016). En ce qui concerne l'évaluation des moutons, la reproductibilité et la répétabilité du QBA semblent être correctes à variables selon les dimensions. En effet, en Norvège, Diaz-Lundahl *et al.* (2019) montrent une excellente reproductibilité et une bonne répétabilité pour la composante PC1, l'humeur, tandis que la reproductibilité et la répétabilité de la composante PC2, la réactivité, sont variables. Au contraire, Phythian *et al.* (2013) obtiennent une bonne répétabilité au QBA mais une excellente reproductibilité, pour les deux composantes. Par ailleurs, le QBA a été jugé valide dans l'évaluation du bien-être des ovins (Wemelsfelder, 2007 ; Phythian *et al.*, 2011).

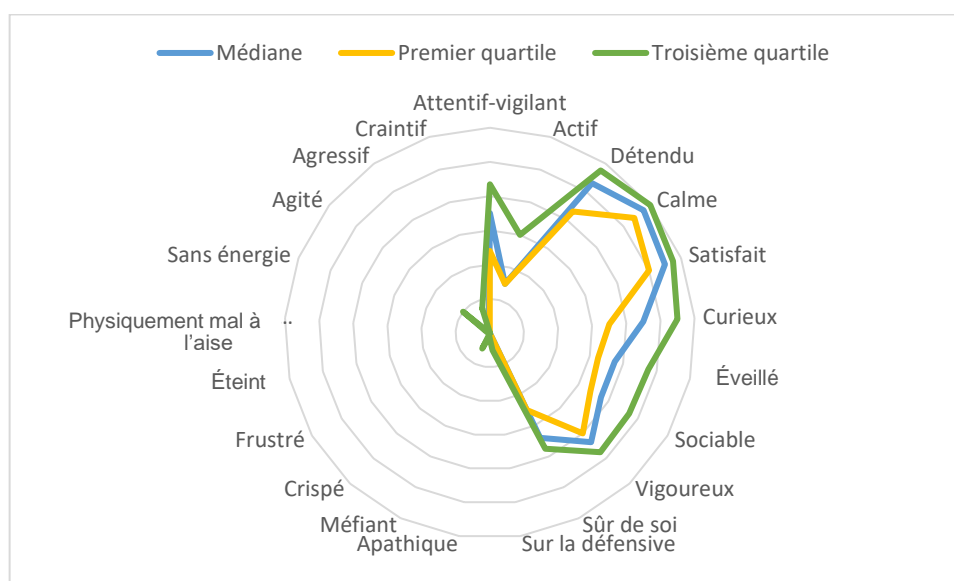
Le QBA est utilisé par plusieurs protocoles d'évaluation du bien-être des ovins s'intéressant à leur état mental (AWIN, 2015 ; IDELE, 2015 ; Jolly, 2020). Les protocoles AWIN, IDELE et EBBEL évaluent 21 adjectifs. Les adjectifs évalués par le protocole EBBEL sont les suivants : attentif, actif, détendu, craintif, calme, satisfait, agité, agressif, vigoureux, frustré, physiquement mal à l'aise, sans énergie, éteint, curieux, éveillé, méfiant, crispé, sociable, apathique, sûr de soi et sur la défensive. L'évaluateur observe la moitié d'un enclos durant 10 minutes et attribue une note de 0 (absent) à 125 (très présent) à chacun des 21 adjectifs. Plus l'adjectif décrit correctement le troupeau, plus sa note est élevée, indépendamment de son aspect positif ou négatif. La particularité du protocole EBBEL est de fournir une présentation sous forme de diagramme araignée, en plus de l'ACP. Cette présentation très visuelle des résultats permet à l'éleveur de situer rapidement l'état mental de ses animaux et de positionner son élevage par rapport à l'objectif de l'indicateur (état émotionnel positif). Les résultats du QBA de la base de données EBBEL sont présentés dans la Figure 9 et le diagramme araignée sur la Figure 10. Ils témoignent d'un bon état mental dans la majorité des élevages évalués.

Figure 9. Analyse des Composantes Principales du QBA (évaluation qualitative du comportement) réalisée dans les 81 élevages de brebis laitières du Roquefort évalués dans le cadre de l'élaboration du protocole EBBEL. A : graphe des variables (adjectifs) B : distribution des élevages (protocole EBBEL, données non publiées).



ACT : actif ; AGC : agressif ; AGI : agité ; AL : attentif-vigilant ; APA : apathique ; ASS : sûr de soi ; BRI : éveillé ; CAL : calme ; CON : satisfait ; CUR : curieux ; DEF : sur la défensive ; FEAR : craintif ; FRU : frustré ; LIS : sans énergie ; PHY : physiquement mal à l'aise ; REL : détendu ; SOC : sociable ; TEN : crispé ; VIG : vigoureux ; WAR : méfiant ; SUB : éteint

Figure 10. Médiane, premier et troisième quartiles des résultats, pour chaque adjectif, des évaluations du QBA (évaluation qualitative du comportement) des 81 élevages de brebis laitières dans le bassin du Roquefort, selon le protocole EBBEL (protocole EBBEL, données non publiées).



Le QBA est un outil méthodologique pour évaluer l'état mental (affectif et émotionnel) d'un animal ou d'un groupe d'animaux. Il allie observations des animaux pour détecter des intensités de comportements et techniques statistiques, pour détecter des tendances. La fiabilité de cet indicateur ne fait pas consensus et des études complémentaires sont nécessaires pour standardiser la technique mais le QBA a été jugé valide dans l'évaluation du bien-être des ovins par un groupe d'experts.

E. Indicateurs évaluant la liberté « Absence de peur ou de stress »

a. Animaux élevés individuellement

Les ovins sont une espèce sociale et sont très motivés pour rester au sein du groupe (Richmond *et al.*, 2017). Ces animaux grégaires interagissent et établissent des relations sociales (Silk, 2007). Historiquement, le regroupement et les comportements sociaux sont associés à une meilleure survie et une meilleure réussite de la reproduction. Par exemple, vivre en groupe permet de mieux repérer la nourriture, détecter plus précocement les prédateurs, augmenter les chances d'échapper au prédateur, par dilution, et former des systèmes d'inter-parentalité pour veiller sur les petits (Keeling, 2001 ; Estevez *et al.*, 2007 ; Silk, 2007). Dans un contexte d'élevage, notamment en système intensif et semi-intensif, les animaux utilisent les informations de leurs partenaires sociaux pour gérer des événements non sociaux, comme le comportement d'exploration, la réactivité à des événements stressants, les préférences alimentaires et l'apprentissage des comportements liés à la production, par exemple la traite (Veissier *et al.*, 1998). Ainsi, vivre en groupe permet de diminuer la peur des

stimuli non douloureux et des nouvelles situations et la séparation du troupeau provoque un stress intense, particulièrement chez les ovins (Estevez *et al.*, 2007)

Le lien social entre les brebis est dynamique et fluctuant. Les brebis étant capables de reconnaître les brebis qui leur sont familières de celles qui ne le sont pas, les interactions sociales sont plus fréquentes et plus intimes entre brebis qui se connaissent (Jensen, 2009 ; Keller *et al.*, 2011 ; Ozella *et al.*, 2020). Cette reconnaissance est basée sur la vue et sur l'odorat (Jensen, 2009). De plus, un âge similaire favorise les relations de proximité entre les ovins (Ozella *et al.*, 2020). Il semblerait que les contacts sociaux varient à l'échelle de la journée : dans leur étude en Angleterre, sur des brebis de race à viande et laine élevées en plein-air, Ozella *et al.* (2020) décrivent un pic d'interactions sociales en fin de matinée et en début d'après-midi. Ces mêmes auteurs mettent en évidence une majorité de contacts sociaux courts (48 secondes en moyenne) et seulement 1 % de contacts excédant cinq minutes.

Comment évaluer l'indicateur ?

Cet indicateur n'est évalué que dans le protocole EBBEL : la question est posée aux éleveurs lors de l'évaluation du bien-être dans un élevage. Sur les 81 élevages évalués pour la base de données, aucun ne présentait des brebis élevées seules (protocole EBBEL, données non publiées).

Les ovins sont une espèce sociale et grégaire, aussi supportent-ils très mal l'isolement qui provoque un stress et une peur intenses. Seul le protocole EBBEL propose d'évaluer la présence d'animaux élevés individuellement.

b. Relation Homme-Animal

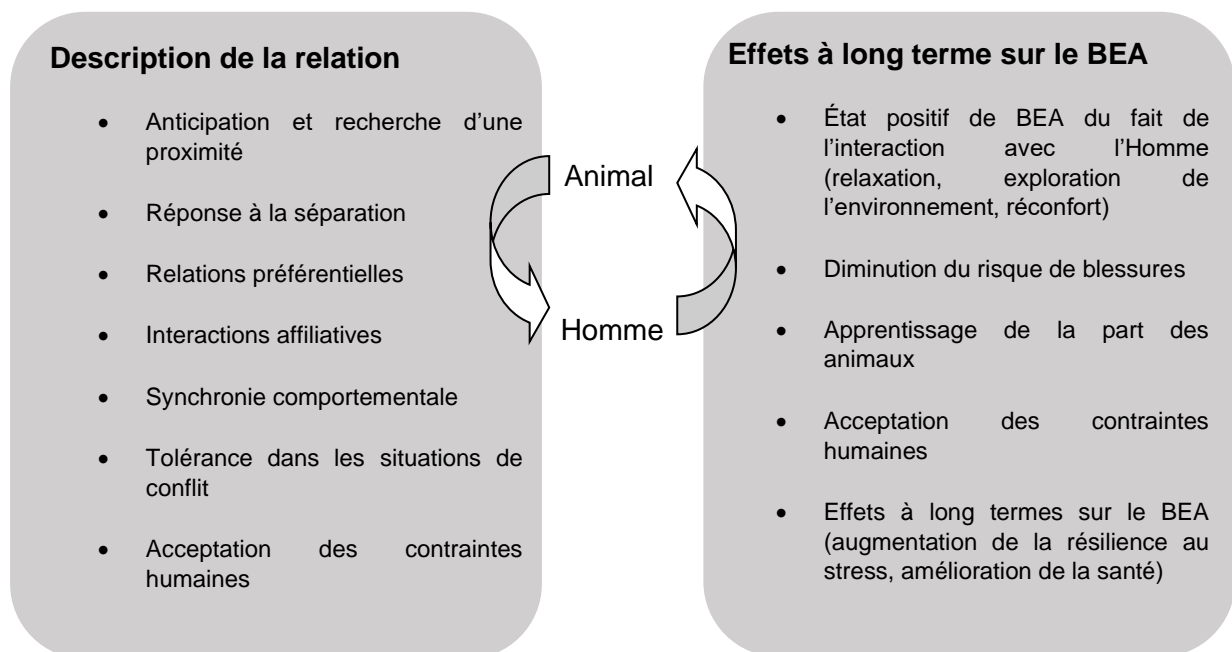
La relation Homme-Animal est un processus dynamique qui peut être défini comme « le degré de proximité ou la distance entre l'animal et l'humain, c'est-à-dire la perception mutuelle qui se développe et s'exprime dans leurs comportements mutuels » (Waiblinger *et al.*, 2006). Cette relation Homme-Animal est basée sur de multiples interactions entre l'Homme et l'animal et leur perception par l'animal : positive, négative ou neutre. Cette perception des interactions dépend elle-même de la qualité de la relation qu'entretient l'animal avec l'Homme. La perception de l'Homme par l'animal est l'équilibre entre les interactions perçues comme positives négatives (Waiblinger *et al.*, 2006 ; Rault *et al.*, 2020).

La qualité de la relation Homme-Animal est un reflet de la peur des animaux d'élevage car les événements potentiellement les plus effrayants sont le contact avec les humains et les variations soudaines de leur environnement social et physique. À moins qu'ils aient été habitués à des interactions neutres ou positives, la réaction prédominante des animaux face à l'humain est la peur : la plupart des interactions avec l'Homme sont négatives (traitements vétérinaires, ré-allottements, réformes ...). Ceci est exacerbé par l'automatisation, si l'Homme intervient moins auprès du troupeau (Waiblinger *et al.*, 2006).

Une relation Homme-Animal de bonne qualité est particulièrement nécessaire pour les brebis laitières lors de la traite (Caroprese *et al.*, 2009a). Chez les brebis, l'agressivité est un comportement

anormal et traduit souvent une gestion du troupeau stressante (Caroprese *et al.*, 2009a). Une mauvaise relation Homme-Animal complique les manipulations, qui peuvent alors causer des blessures, et rend difficile l'inspection des animaux (Waiblinger *et al.*, 2006 ; AWIN, 2015). Au contraire, une relation Homme-Animal de bonne qualité est bénéfique ; par exemple les animaux peuvent être calmés par la présence d'un Homme qu'ils apprécient, ce qui réduit le stress et le risque de blessures, aussi bien pour les animaux que pour l'Homme ; la manipulation et la contention des animaux en sont facilitées (Waiblinger *et al.*, 2006 ; Rault *et al.*, 2020). Une relation Homme-Animal de bonne qualité est définie comme étant la perception positive de l'Homme par l'animal. Cette définition est conceptuelle et il est difficile de mesurer cette perception. On peut donc également définir une relation positive par une approche volontaire de l'Homme par l'animal, une recherche de proximité spatiale avec lui et des signes de plaisir, de relaxation de la part des animaux à son contact. Ainsi, la proximité spatiale est souvent un indicateur d'une bonne relation Homme-Animal (Rault *et al.*, 2020). Les différentes dimensions d'une bonne relation Homme-Animal pour l'animal sont schématisées dans la Figure 11.

Figure 11. Les différentes dimensions d'une bonne relation Homme-Animal. Les flèches symbolisent les interactions entre les animaux et l'Homme (Rault *et al.*, 2020).



La réaction des animaux face à l'Homme est déterminée par le comportement de l'éleveur mais également par les traits de personnalité des animaux (Waiblinger *et al.*, 2006 ; Destrez *et al.*, 2013). Par exemple, un animal craintif/peureux fuit davantage l'Homme (Waiblinger *et al.*, 2006). Contrairement à d'autres espèces comme les veaux laitiers ou les poulains, des interactions positives dès le plus jeune âge des moutons semblent porter des effets à long termes (Waiblinger *et al.*, 2006).

Par ailleurs, pour qu'une relation se mette en place, les individus doivent se reconnaître mutuellement. Les brebis sont capables d'utiliser des indices visuels et auditifs pour distinguer un Homme d'un ovin voire dans une moindre mesure, faire la différence entre deux personnes (Vandenheede et Bouissou, 1994 ; Kendrick *et al.*, 1995 ; Waiblinger *et al.*, 2006).

Comment évaluer l'indicateur ?

Mesurer la réaction des animaux face à l'Homme permettrait de déterminer comment ils perçoivent la personne ou l'Homme de manière générale (Waiblinger *et al.*, 2006). Ainsi, le but des tests effectués est de refléter la peur de l'animal, facteur de stress qui réduit le bien-être de l'animal (Stubsjøen *et al.*, 2011). La relation Homme-Animal peut être évaluée de plusieurs manières. Les trois grandes catégories d'évaluation de cette relation sont (Waiblinger *et al.*, 2006) :

- La réaction de l'animal à un Homme stationnaire.
- La réaction de l'animal à un Homme en mouvement.
- La réaction de l'animal à la manipulation.

Les tests reflètent l'équilibre entre la volonté de s'enfuir (peur) et la volonté de s'approcher (faim ou curiosité) (Stubsjøen *et al.*, 2011). Ainsi, plusieurs paramètres peuvent influencer le résultat. Par exemple, la localisation du test, familial ou non, peut très fortement influencer le résultat de ce dernier. Le test peut être perturbé par un stimulus qui distrait l'animal ou par le souvenir d'une contention (Waiblinger *et al.*, 2006 ; Rault *et al.*, 2020). Les protocoles norvégien et français proposent d'évaluer la réaction des brebis face à un individu inconnu (Stubsjøen *et al.*, 2011 ; IDELE, 2015). Par exemple, dans le protocole norvégien, l'évaluateur et l'éleveur approchent les brebis. Dans un premier temps, l'évaluateur donne des concentrés aux brebis en marchant le long de l'aire d'alimentation, puis, il marche calmement vers les brebis. S'il y parvient, il marque l'animal à la tête puis sur le dos et enfin sur la croupe. Les animaux qui ont trois marques sont les moins craintifs/peureux et ceux qui n'en ont aucune sont les plus craintifs/peureux. (Stubsjøen *et al.*, 2011). Au contraire, les protocoles AWIN et EBBEL proposent d'évaluer la réaction des brebis face à une personne connue. Lors d'une évaluation selon EBBEL, l'évaluateur reste à quelques mètres de l'enclos afin de perturber le moins possible les brebis qui pourraient se méfier d'un intervenant étranger à l'élevage. L'éleveur entre dans l'enclos par sa largeur puis, il s'approche d'une brebis ciblée comme il le ferait habituellement pour l'attraper ou pour prodiguer un soin, par exemple. L'expérience s'arrête lorsque la brebis commence à fuir. L'évaluateur note si la brebis ne fuit pas (0) ou si elle fuit calmement, en marchant (1) ou en courant (2). L'évaluateur détermine également la distance à laquelle l'éleveur a pu s'approcher. La brebis ciblée initialement sert d'étalon pour déterminer la facilité avec laquelle l'éleveur peut s'approcher du troupeau. En effet, la brebis cible donne un objectif à l'éleveur, mais en réalité, c'est l'ensemble du troupeau qui est observé. Le protocole EBBEL considère que l'acceptation de l'Homme augmente avec la réduction de la distance de fuite. Bien que la fuite soit un comportement naturel chez la brebis, le protocole considère qu'une fuite calme, en marchant, témoigne d'animaux peu inquiets de la présence de l'éleveur. Cela suggère également que l'éleveur a moins de difficultés à attraper et manipuler ses animaux (protocole EBBEL, données non publiées).

La vivacité de la réaction de la brebis à l'approche humaine a été validée par un consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011). Cependant, la répétabilité du test d'approche est plus faible lorsque les animaux sont en groupe (Richmond *et al.*, 2017). Certains auteurs estiment que le manque d'uniformité et de standardisation de ces tests justifie que l'on ne les utilise pas dans une évaluation du bien-être des ovins tandis que d'autres pensent qu'ils apportent de précieuses informations (Richmond *et al.*, 2017).

Une relation Homme-Animal de bonne qualité, définie comme étant la perception positive de l'Homme par l'animal, a un impact positif important et de longue durée sur le bien-être des animaux. Elle permet de réduire le stress et la peur des animaux et facilite la gestion du troupeau. La vivacité de la réaction de la brebis à l'approche humaine est validée par un consensus d'experts. En revanche, le manque de précision et de standardisation des tests évaluant la relation Homme-Animal incite certains auteurs à ne pas les utiliser dans un protocole d'évaluation du bien-être. Au contraire, d'autres estiment que les informations ainsi recueillies sont tout de même très intéressantes à exploiter.

F. Indicateurs évaluant plusieurs libertés

a. Nombre de brebis/UMO

Une UMO, signifiant Unité de Main d'Œuvre, correspond au travail fourni par une personne occupée à temps complet sur l'exploitation pendant une année. Elle traduit une capacité de travail disponible et permet d'évaluer le volume de main-d'œuvre utilisée dans une exploitation agricole (IDELE, 2012).

L'inspection et l'attention que portent les éleveurs à leurs animaux sont nécessaires pour détecter des maladies, des problèmes sur les animaux ou dans l'environnement. La charge de travail est importante pour maintenir un bon statut de santé. Par exemple, il faut nettoyer l'hébergement et désinfecter les enclos dès qu'ils sont vidés, avant que d'autres animaux n'arrivent (Caroprese *et al.*, 2009a ; Conington *et al.*, 2010). Les éleveurs doivent disposer de temps pour effectuer ou assumer toutes ces tâches chronophages. Aussi la taille du troupeau doit-elle être en adéquation avec l'effectif de personnels dans l'exploitation. Il a été prouvé que diminuer le nombre d'éleveurs par animaux ou augmenter le nombre d'animaux par éleveurs diminuent le bien-être des animaux (Waterhouse, 1996 ; Nicolussi *et al.*, 2009 ; Conington *et al.*, 2010 ; Vosough Ahmadi *et al.*, 2010). En effet, lorsque le ratio Homme/Animal est élevé, les éleveurs sont en capacité de prendre soin quasi individuellement des animaux (Ferguson *et al.*, 2017). Réduire la main d'œuvre fait courir le risque de réduire le bien-être (Kirwan, 2010). Cependant, aucun ratio idéal entre main d'œuvre et nombre de brebis n'est disponible dans la littérature.

D'un point de vue réglementaire, la législation européenne, à travers la Directive 98/58/CE du Conseil du 20 juillet 1998 concernant la protection des animaux dans les élevages, impose aux États membres que « les animaux sont soignés par un personnel suffisamment nombreux possédant les aptitudes, les connaissances et les capacités professionnelles appropriées » (Conseil Européen, 1998). Cependant, cette Directive ne précise pas de ratio main d'œuvre/Animal à respecter pour satisfaire cette exigence.

Comment évaluer l'indicateur ?

Peu de protocoles d'évaluation du bien-être des ovins prennent en considération l'indicateur « main d'œuvre ». Le protocole EBBEL prend en compte le nombre de brebis par UMO (protocole EBBEL, données non publiées). Aucune donnée sur la répétabilité ou la reproductibilité de cet indicateur n'est disponible dans la littérature. Aussi, les auteurs et le comité de pilotage de l'étude EBBEL sont conscients de la fragilité de cet indicateur. En élevage, tous les UMO ne sont pas équivalents ; de

plus, selon le nombre d'activités annexes à l'élevage, la disponibilité des personnes pour les animaux peut varier. C'est pour cette raison, que l'indicateur a été maintenu dans le protocole mais seulement à titre indicatif (protocole EBEL, données non publiées).

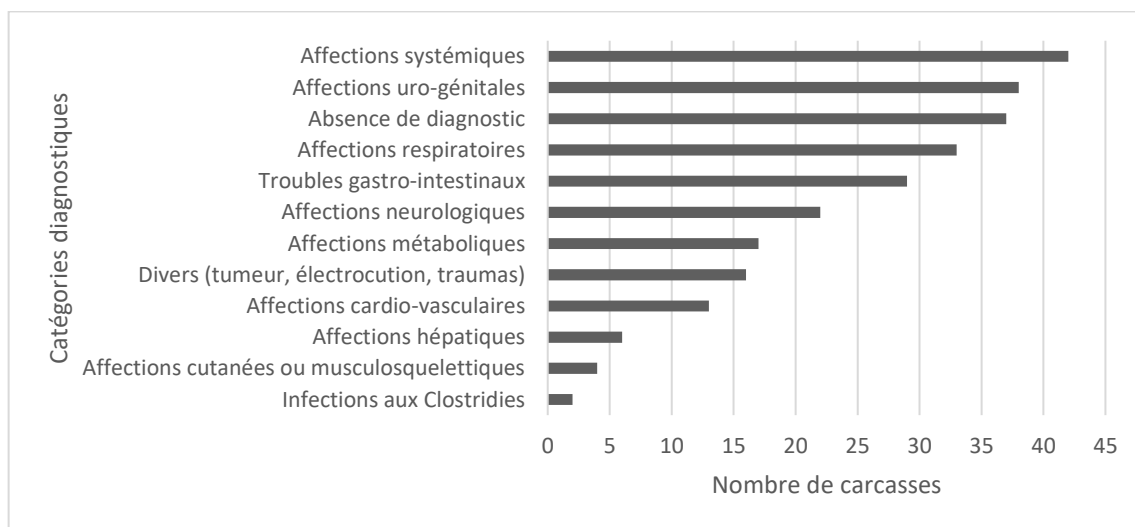
Dans une exploitation, l'adéquation entre les effectifs de personnels et la taille du troupeau est importante pour le bien-être des animaux car il permet aux éleveurs de se répartir la charge de travail et de porter une attention toute particulière aux animaux. Cependant, il est difficile de définir le ratio idéal. Peu de protocoles d'évaluation du bien-être des ovins prennent en compte cet indicateur dont la répétabilité ni la reproductibilité ne sont pas connues.

b. Mortalité des brebis

La mortalité est définie comme le « phénomène de la mort, considéré du point de vue du nombre ; c'est le rapport entre le nombre de décès et l'effectif moyen de la population, dans un lieu donné et pendant une période déterminée » (Larousse, 2022a).

Il y a très peu d'informations dans la littérature concernant la mortalité des brebis adultes, ses causes et ses facteurs de risque. Un taux annuel de mortalité entre 2 et 3 % est considéré comme acceptable ; des taux plus importants témoignent de problèmes de santé ou de bien-être. Un taux de mortalité des brebis adultes élevé peut rendre compte de nutrition sub-optimale voire de sous-nutrition (Phythian *et al.*, 2014). Une étude réalisée en Irlande s'est intéressée aux causes de mortalité chez les ovins : Murray *et al.* (2019) ont demandé à 33 élevages sentinelles d'envoyer leurs ovins décédés à des centres régionaux vétérinaires, sur une durée d'un an, afin qu'un examen post-mortem complet soit réalisé. En tout, 259 ovins adultes ont été étudiés. La Figure 12 résume les résultats de l'étude anatomopathologiques : les affections systémiques, comprenant les septicémies, les entérotoxémies, les péritonites et les mammites, sont les causes les plus fréquentes de mortalité des ovins adultes en Irlande.

Figure 12. Causes de mortalité des ovins adultes soumis à un examen post-mortem en Irlande Murray *et al.* (2019).



Comment évaluer l'indicateur ?

Si la mortalité des adultes est un indicateur validé par un consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011) et considéré comme essentiel à renseigner en élevage (Phythian *et al.*, 2014), elle n'est pas souvent utilisée dans les protocoles d'évaluation du bien-être des ovins. Le protocole EBBEL est le seul à prendre en compte cet indicateur (Jolly, 2020). La mortalité des adultes est comptée à partir de la mise-bas, à partir de la mise à la lutte ou du sevrage. Elle est évaluée en regardant les registres d'élevage et en comptabilisant les brebis mortes au cours de l'année précédant la visite (protocole EBBEL, données non publiées). Il n'y a pas d'information sur sa fiabilité (reproductibilité et répétabilité) dans la littérature.

Il y a peu d'informations dans la littérature sur la mortalité des brebis adultes, ses causes et ses facteurs de risque. Une mortalité de 2-3% est considérée comme acceptable, des taux plus élevés signant des problèmes de santé ou de bien-être des brebis. Bien que validé par un groupe d'experts, cet indicateur est très peu utilisé dans les protocoles d'évaluation du bien-être des ovins.

c. Mortalité des agneaux

La mortalité des agneaux est un sujet complexe car il est multifactoriel (Sagot, 2017). La définition peut même varier, on la décrit généralement selon plusieurs classes d'âge. Ainsi, on peut considérer la mortalité embryonnaire et fœtale, qu'on nomme mortalité prénatale et qui se confond souvent avec infertilité et avortement ; la mortalité pendant la mise-bas est qualifiée de mortinatalité et les agneaux sont appelés des « mort-nés » ; la mortalité post-natale immédiate tient compte des agneaux morts dans les 48 premières heures de vie ; la mortalité post-natale intermédiaire prend en compte les agneaux morts entre 48 heures de vie et une semaine d'âge ; enfin la mortalité post-natale tardive prend en compte les agneaux morts entre une semaine et un mois d'âge ou le sevrage (Gautier et Corbière, 2011).

La mortalité des agneaux est un indicateur de bien-être des brebis car une mortalité élevée des agneaux peut traduire un problème au niveau de leur mère. En effet, la malnutrition des brebis augmente la mortalité des agneaux car un mauvais état corporel réduit la production de colostrum et de lait et induit un comportement maternel plus distant. De plus, des brebis trop maigres produisent des agneaux de faible poids et qui ont des difficultés pour thermoréguler correctement (AWIN, 2015 ; Richmond *et al.*, 2017). La mortalité des agneaux peut également être imputée à un mauvais état de santé de sa mère, un stress maternel, une densité animale trop importante et la gestion défectueuse du troupeau. Pour toutes ces raisons, cet indicateur recoupe plusieurs libertés du bien-être des brebis (Richmond *et al.*, 2017).

Dans les pays arides, les facteurs de risque de décès des agneaux sont une naissance à la saison sèche, un poids de naissance trop faible et le fait d'être un mâle (Turkson et Sualisu, 2005 ; Khan *et al.*, 2006). Dans les pays tempérés, le risque de mortalité des agneaux à viande, dans les systèmes intensifs ou semi-intensifs, est corrélé à l'alimentation des brebis en fin de gestation, la gestion des réformes, la surveillance des agnelages et de la prise colostrale ainsi que le taux d'immunoglobulines de l'agneau, le poids de naissance de l'agneau, le nombre d'agneaux par brebis

ainsi que la taille du troupeau, le sexe, la race et l'ambiance des bergeries (Huffman *et al.*, 1985 ; Yapi *et al.*, 1990 ; Nash *et al.*, 1997 ; Binns *et al.*, 2002 ; Christley *et al.*, 2003 ; Gautier et Corbière, 2011 ; Holmøy *et al.*, 2012 ; Corbière *et al.*, 2013 ; Flinn *et al.*, 2020). Dans les élevages d'ovins à viande, en système extensif, la race, le sexe (1,3 fois plus de risques de mortalité chez les mâles), le poids à la naissance, les difficultés à l'agnelage, les quadruplets et l'âge des brebis constituent des facteurs de risque de mortalité des agneaux avant le sevrage (Speijers *et al.*, 2010 ; McHugh *et al.*, 2016).

Dans leur suivi sur deux ans de 54 élevages ovins allaitants dans le Massif Central, Corbière *et al.* (2013) ont montré que la mortalité précoce était principalement liée au manque de vigueur des agneaux tandis que les causes infectieuses sont majoritairement responsables de la mortalité des agneaux de plus de 10 jours. Ces auteurs ont également relevé un taux de mortalité médian, jusqu'au sevrage, de 15 % sur la première année (2011), avec un taux de mortalité dans les 48 premières heures de vie représentant 52 % de la mortalité totale. De manière globale, les causes de mortalité des agneaux regroupent des causes infectieuses (pneumonies, septicémies ou troubles gastro-intestinaux) et non infectieuses (troubles métaboliques ou nutritionnels, syndrome hypothermie-inanition ou traumatismes) (Yapi *et al.*, 1990 ; Gautier et Corbière, 2011 ; Corbière *et al.*, 2013 ; Holmøy *et al.*, 2017). La littérature fait état d'un taux de mortalité des agneaux dans les pays développés oscillant entre 15 et 20 % depuis quelques années (Gautier et Corbière, 2011 ; Corbière *et al.*, 2013 ; Flinn *et al.*, 2020).

Par ailleurs, il semblerait que, si les systèmes intensifs d'élevage des ovins sont associés à des mortalités périnatale et post-natale des agneaux plus importantes, ces systèmes sont également associés à une plus faible proportion de mort-nés (Binns *et al.*, 2002).

Comment évaluer l'indicateur ?

La tenue rigoureuse et détaillée d'un registre par les éleveurs est essentielle pour apprécier correctement cet indicateur ; en pratique, les informations manquent parfois, ce qui rend son évaluation parfois difficile (Gautier et Corbière, 2011 ; EFSA, 2014 ; Richmond *et al.*, 2017 ; Sagot, 2017). Un registre correct de la mortalité des agneaux rend compte de la mortalité néo-natale (avortements et mort-nés) et du nombre d'agneaux perdus avant le sevrage. Il est également intéressant de noter la cause probable ou suspectée de la mort (AWIN, 2015 ; Sagot, 2017). Ceci permet d'affiner l'analyse des données et d'identifier les marges de progrès et les leviers à mettre en œuvre pour améliorer les résultats (Sagot, 2017).

Si la mortalité des agneaux est un indicateur qui a été validé par un consensus d'experts (Phythian *et al.*, 2011), seuls deux protocoles l'intègrent pour évaluer le bien-être des ovins (AWIN, 2015 ; Jolly, 2020). La répétabilité et la reproductibilité de cet indicateur n'ont pas été évaluées.

En France, la mortalité des agneaux varie entre 15 et 20 % ces dernières années. Si les causes de mortalité des agneaux sont infectieuses et non infectieuses, les facteurs de risque comprennent des facteurs maternels, d'environnement ou liés à l'agneau. Ces causes multifactorielles complexifient l'interprétation de la mortalité des agneaux surtout si les registres ne sont pas tenus rigoureusement. C'est un indicateur qui a été validé par un groupe d'experts dans le cadre du bien-être des ovins mais sa fiabilité (reproductibilité et répétabilité) n'a pas été étudiée.

G. Conclusion sur les indicateurs de bien-être animal

Selon la littérature, les boiteries, la diarrhée et les altérations cutanées impactent fortement le bien-être des ovins (van den Broek et Huntley, 2003 ; Winter, 2004 ; Williams et Palmer, 2012 ; Caroprese *et al.*, 2016). Par ailleurs, selon les 300 experts dans le domaine ovin enquêtés par Caroprese *et al.* (2016), les cinq problèmes majeurs du bien-être des brebis sont les boiteries, l'inconfort thermique, les entérites, les mammites et les problèmes de peau. Selon ces auteurs, les problèmes de santé sont donc la source principale d'altération du BEA. De plus en plus de scientifiques s'intéressent à « l'état mental » des brebis pour caractériser le bien-être. Cela pose un problème d'évaluation car on n'est actuellement pas capable de le mesurer. Des indicateurs, comme le QBA tentent de l'estimer, mais ils manquent de validité, de fiabilité et de standardisation.

Sur les 26 indicateurs inclus dans le protocole EBBEL et présentés ci-dessus, 13 sont validés par la littérature. Il s'agit de l'intégrité de la peau, de la capacité d'abreuvement en bergerie, de la surface disponible en bergerie, de la mortalité des agneaux, de l'état corporel, de l'abreuvement en pâture, de la locomotion, de la propreté du pourtour anal, de la mortalité des brebis, des sécrétions nasales, de la couverture de laine, du QBA et de la présence d'ombre en pâture. Ces indicateurs validés se retrouvent dans quatre des cinq libertés.

Le protocole EBBEL est novateur en incluant certains indicateurs qui ne sont évalués par aucun autre protocole d'évaluation du bien-être des ovins. Il s'agit de l'intégrité des trayons, de la liberté de mouvement, des animaux élevés individuellement, du nombre de brebis/UMO et de la propreté du dos. Notons également que le protocole EBBEL est le seul à découpler les zones pour l'évaluation de la propreté afin d'éviter qu'une zone ne puisse lisser le résultat d'une autre.

Finalement, le protocole EBBEL se démarque des autres par sa volonté de représenter toutes les libertés du bien-être (propriété partagée avec le protocole IDELE et AWIN), par l'inclusion de nouveaux indicateurs de bien-être des ovins et par le fait qu'il est destiné exclusivement aux brebis laitières (propriété partagée avec le protocole de Marcone *et al.* (2021)).

Deuxième partie : création d'un score reflétant le niveau global de bien-être des brebis laitières évalué par le protocole EBBEL et application dans le bassin du Roquefort

1. Introduction

Dans les protocoles d'évaluation du bien-être des animaux (BEA), les indicateurs sont évalués et renseignent sur des points précis de BEA. Cela permet aux éleveurs d'identifier les points à travailler pour améliorer le bien-être de leurs brebis. Cependant, cela ne permet pas de connaître le niveau global de bien-être des animaux ni de comparer les élevages entre eux. Certains protocoles d'évaluation du bien-être des ovins, tels que ceux publiés par Napolitano *et al.* (2009) et Marcone *et al.* (2022), proposent un système de score global du bien-être, comme le fait le Welfare Quality® Protocol chez les bovins (Welfare Quality®, 2009), qui lui, permet de comparer les élevages. Le but de cette étude est de proposer un système de notation globale du bien-être des brebis laitières à l'échelle de l'élevage, qui permette de comparer des élevages et qui vienne compléter le protocole EBBEL. Pour illustrer la situation et fonder la réflexion, nous disposons de la banque de données construite lors d'une évaluation du bien-être selon le protocole EBBEL développé en France dans la région du Roquefort (protocole EBBEL, données non publiées). Puisque l'objectif du protocole EBBEL est de contribuer à optimiser le bien-être des animaux des élevages (un système avec un impact positif), la réflexion s'est portée sur l'élevage idéal.

2. Matériels et méthodes

Un comité d'experts s'est réuni pour établir un système de notation globale du bien-être des brebis laitières, à partir des données de la base de données EBBEL et de l'identification, pour chacun des 26 indicateurs, de l'objectif (résultats contenus dans le quartile supérieur de la population) et des seuils d'alerte (résultats autour de la médiane de cette population) et d'alarme (résultats contenus dans le quartile inférieur de cette population). Ces objectifs, seuils d'alerte et seuils d'alarme sont présentés dans l'Annexe 1. Le comité d'experts était composé de neuf personnes : un vétérinaire de terrain, une vétérinaire de l'EnvA, une étudiante en dernière année d'études vétérinaires de l'EnvA, une représentante d'une laiterie et cinq éleveurs d'ovins laitiers de la région du Roquefort.

Au préalable, le comité de pilotage (un vétérinaire de terrain, une vétérinaire de l'EnvA, une étudiante vétérinaire de l'EnvA en dernière année et une représentante d'une laiterie), a défini que le système de notation serait basé sur une classification et une pondération des indicateurs. En effet, tous les indicateurs ne reflètent pas le même degré d'atteinte du bien-être et tous ne sont pas validés scientifiquement pour l'évaluation du bien-être des ovins. Par ailleurs, s'il faut trouver un système de

notation juste, il ne faut pas non plus décourager les éleveurs dans l'amélioration du bien-être de leurs animaux. Ainsi, la réflexion et la discussion entre experts ont porté sur les questions suivantes :

- Quels sont les indicateurs dont on veut une maîtrise absolue (c'est-à-dire que l'objectif doit être atteint) ? Ces indicateurs sont qualifiés de « primordiaux » ;
- Quels sont ceux pour lesquels on tolère une non maîtrise (c'est-à-dire qu'on tolère que l'indicateur soit sous le seuil d'alarme) ? Ces indicateurs sont qualifiés d'« utiles » ;
- Enfin, quels sont les indicateurs pour lesquels on tolère une petite marge d'erreur (c'est-à-dire qu'on tolère que l'indicateur soit dans le seuil d'alerte) ? Ces indicateurs sont qualifiés de « nécessaires ».

Le déroulé de la discussion, ayant pour but la classification des 26 indicateurs du protocole EBBEL en trois catégories (primordiale, nécessaire et utile), est présenté en Figure 13. Pendant la phase de synthèse, les indicateurs qui avaient une majorité de votes ($\geq 2/3$ voix) pour une catégorie (primordiale, nécessaire ou utile) étaient d'emblée classés dans cette catégorie. Les indicateurs qui n'avaient pas cette majorité faisaient l'objet d'une discussion.

Figure 13. Déroulé de la discussion entre experts au sujet du classement hiérarchisé des 26 indicateurs du protocole EBBEL.



À partir du consensus obtenu à la fin de la discussion entre experts, a été créé un système de notation basé sur un système de points et de bonus/malus. Notre objectif est de trouver une méthode qui permette :

- 1) de donner plus d'importance aux indicateurs classés comme « primordiaux » et moins d'importance aux indicateurs classés « nécessaire » ou « utiles » ;
- 2) d'éviter au maximum les phénomènes de compensation.

Le système de notation a été testé sur les 81 élevages de brebis Lacaune constituant la base de données EBBEL, présentée dans le chapitre dédié en première partie de cette thèse. Les élevages avaient été tirés au sort parmi ceux qui vendaient leur lait à une même laiterie et étaient représentatifs de la région.

3. Résultats

A. Classification des indicateurs du protocole EBEL

À la fin de la phase de réflexion, 18 indicateurs ont eu une majorité de votes pour leur classification dans une des trois catégories (primordiale, nécessaire ou utile). Les indicateurs ayant fait l'objet d'une discussion complémentaire étaient : l'abreuvement en pâture, la longueur des onglons, l'intégrité de la peau, la propreté du pourtour anal, la présence d'ombre sur les parcelles, la distance de fuite, le nombre de brebis/UMO et la mortalité des adultes. Finalement, neuf indicateurs ont été inclus dans la catégorie « indicateurs primordiaux », 13 dans la catégorie « indicateurs nécessaires » et quatre dans la catégorie « indicateurs utiles ». Le classement de ces indicateurs est présenté dans le Tableau 30.

Tableau 30. Classement des 26 indicateurs du protocole EBEL en trois catégories (indicateurs primordiaux, nécessaires ou utiles) par le groupe d'experts.

Indicateurs primordiaux	Indicateurs nécessaires	Indicateurs utiles
Bon état corporel	Longueur des onglons	Abreuvement en pâture
Capacité d'abreuvement en bergerie	Intégrité de la peau	Présence d'ombre dans les parcelles
Bonne locomotion	Sécrétions nasales	Distance de fuite
Intégrité de la mamelle	Propreté du dos	Type de fuite
Intégrité des trayons	Propreté des pattes	
Surface disponible par animal en bergerie	Propreté de la mamelle	
Accès à la pâture	Propreté du pourtour anal	
Liberté de mouvement	Couverture de laine	
Absence d'animaux élevés individuellement	Humidité de la laine	
	QBA	
	Nombre de brebis/UMO	
	Mortalité des brebis adultes	
	Mortalité des agneaux	

B. Système de notation globale du bien-être pour compléter le protocole EBEL

La figure 14 récapitule les différentes étapes pour parvenir au score de bien-être. Un système de points et de bonus/malus a été mis en place. Les deux grands axes de la notation étaient :

- donner des points à chaque indicateur individuellement ;
- par catégorie d'indicateurs (primordiale, nécessaire ou utile), attribuer des bonus ou des malus.

a. Axe 1 : noter individuellement les indicateurs

Chaque indicateur recevait des points, positifs ou négatifs. Ces points dépendaient de deux aspects :

- l'importance accordée à l'indicateur, i.e. sa catégorie (primordiale, nécessaire ou utile) ;
- le résultat de l'indicateur : est-ce qu'il atteint l'objectif ? est-ce qu'il se situe dans le seuil d'alerte ? est-ce qu'il est sous le seuil d'alarme ?

Ainsi, plus les indicateurs ont été jugés importants, plus les « bons » résultats étaient récompensés et valorisés et plus les « mauvais » résultats étaient pénalisés.

Finalement, pour un indicateur primordial, si l'objectif était atteint, l'indicateur recevait 5 points ; s'il était dans le seuil d'alerte, il perdait 1 point et s'il était sous le seuil d'alarme, il perdait 5 points. Pour un indicateur nécessaire, si l'objectif était atteint, l'indicateur recevait 4 points ; s'il était dans le seuil d'alerte, il recevait 0 point et s'il était sous le seuil d'alarme, il perdait 4 points. Enfin, pour un indicateur utile, si l'objectif était atteint, l'indicateur recevait 3 points ; s'il était dans le seuil d'alerte il recevait 1 point et s'il était sous le seuil d'alarme, il n'en recevait pas.

b. Axe 2 : attribuer des bonus/malus aux catégories d'indicateurs

Dans cet axe, nous avons raisonné par catégorie d'indicateurs (primordiale, nécessaire et utile). Les bonus et malus dépendaient de :

- la catégorie : les bonus et malus étaient plus importants pour la catégorie « primordiale » que dans la catégorie « nécessaire », elle-même gratifiée de bonus/malus plus importants que la catégorie « utile » ;
- le niveau de tolérance : pour la catégorie « primordiale », on tolérait un indicateur dans le seuil d'alerte ; pour la catégorie « nécessaire », on tolérait jusqu'à deux indicateurs sous le seuil d'alarme ; pour la catégorie « utile », le seuil d'alarme était toléré pour tous les indicateurs.

Dans tous les cas, on souhaitait récompenser les élevages dont les indicateurs d'une catégorie atteignaient tous leur objectif.

Ainsi, pour les indicateurs primordiaux : si tous les indicateurs (n = 9) atteignaient leur objectif, un bonus de 15 points était accordé ; si tous les indicateurs sauf un (n = 8) atteignaient leur objectif, un bonus de 10 points était accordé, à condition que l'indicateur n'était pas sous le seuil d'alarme (tolérance minimale pour les indicateurs primordiaux). Si au moins un indicateur primordial était sous le seuil d'alarme, un malus de 15 points était attribué. Dans les autres situations (i.e. aucun indicateur sous le seuil d'alarme mais plus d'un indicateur dans le seuil d'alerte), un malus de 10 points était attribué.

Pour les indicateurs nécessaires : si tous les indicateurs (n = 13) atteignaient leur objectif, un bonus de 7 points était accordé. Si trois indicateurs ou plus étaient sous le seuil d'alarme, un malus de 5 points était appliqué. Un bonus de 5 points était accordé dans les autres situations (tolérance de deux indicateurs sous le seuil d'alarme).

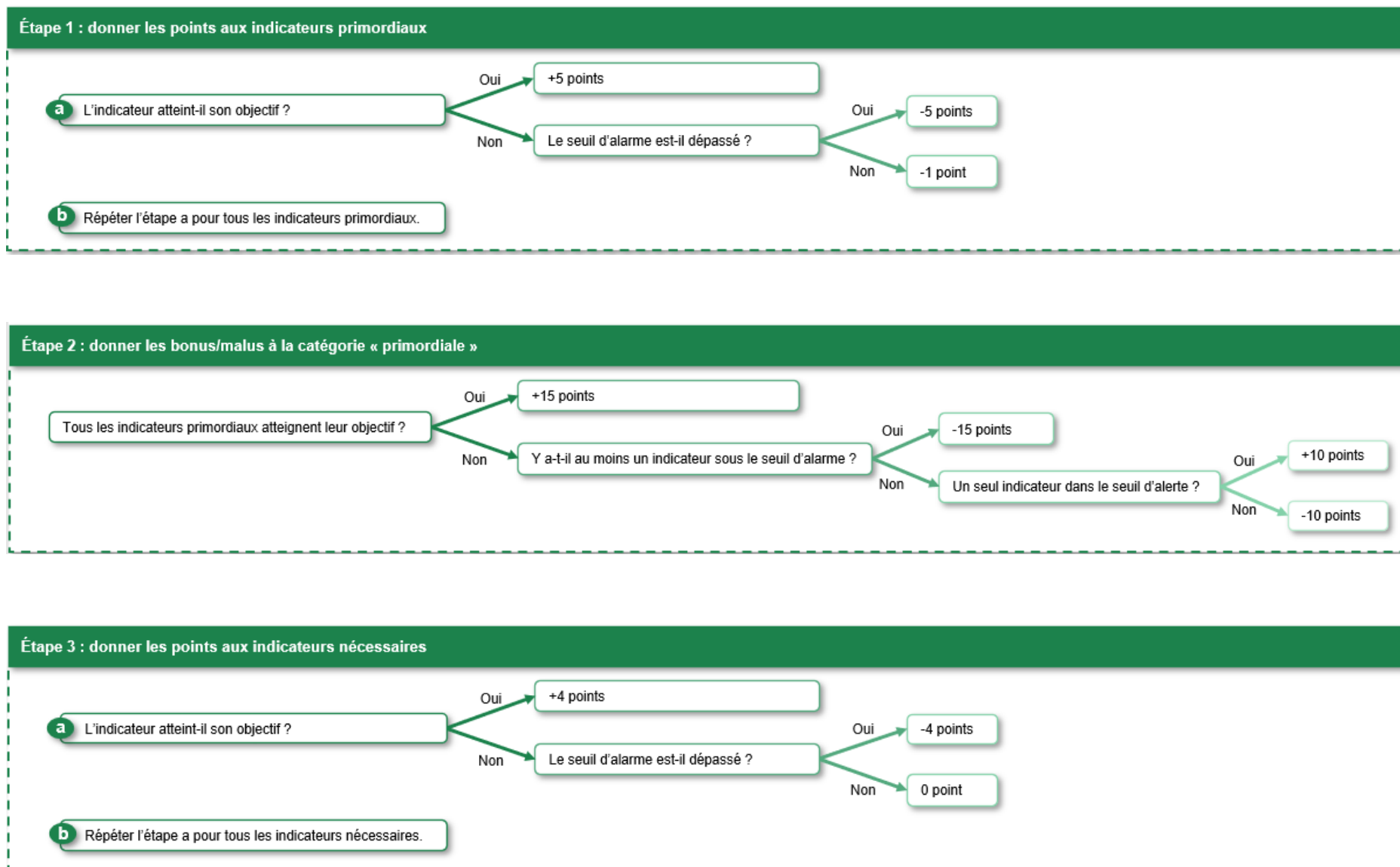
Pour les indicateurs utiles : si tous les indicateurs (n = 4) atteignaient leur objectif, un bonus de 3 points était accordé. Cela valorisait les élevages qui obtenaient de bons résultats sur ces indicateurs, sans pénaliser les moins bons résultats puisque la tolérance pour cette catégorie était forte.

c. Calcul du score

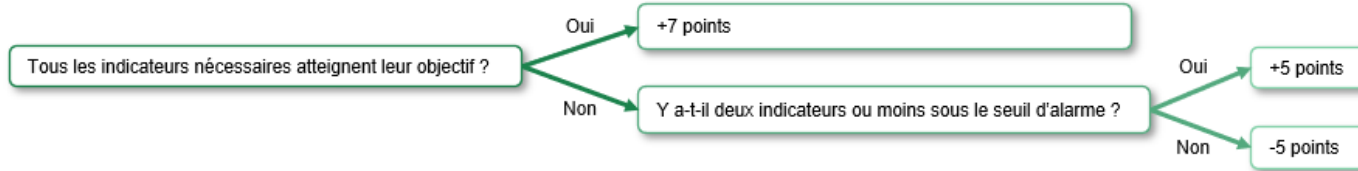
Le score reflétant le niveau global de bien-être des brebis laitières d'un élevage se calculait comme suit :

$$\frac{\sum \text{points des indicateurs} + \text{bonus} + \text{malus}}{\text{nombre d'indicateurs évalués}} \times 10$$

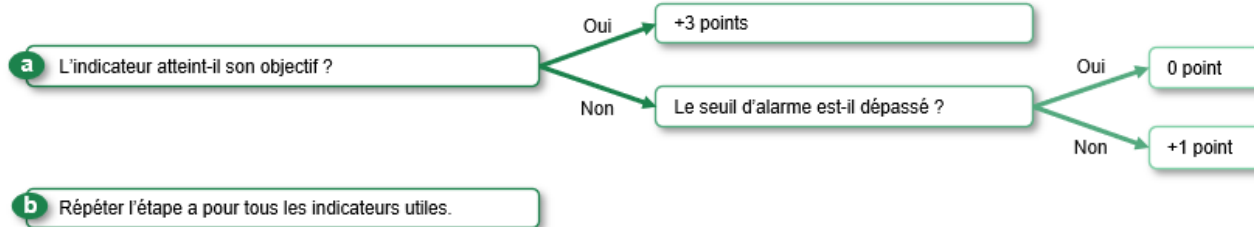
Figure 14. Arbre de décision pour la notation du niveau global de bien-être des brebis laitières dans les élevages du Roquefort évalué par le protocole EBEL.



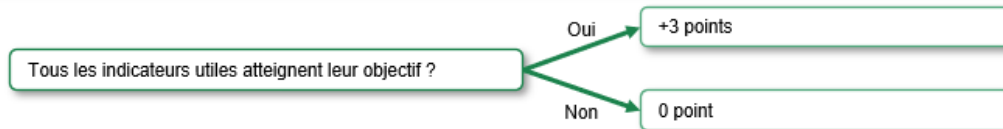
Étape 4 : donner les bonus/malus à la catégorie « nécessaire »



Étape 5 : donner les points aux indicateurs utiles



Étape 6 : donner les bonus/malus à la catégorie « utile »



$$\text{Score global de l'élevage} = \frac{\sum \text{points} + \text{bonus} + \text{malus}}{\text{nombre d'indicateurs évalués}} \times 10$$

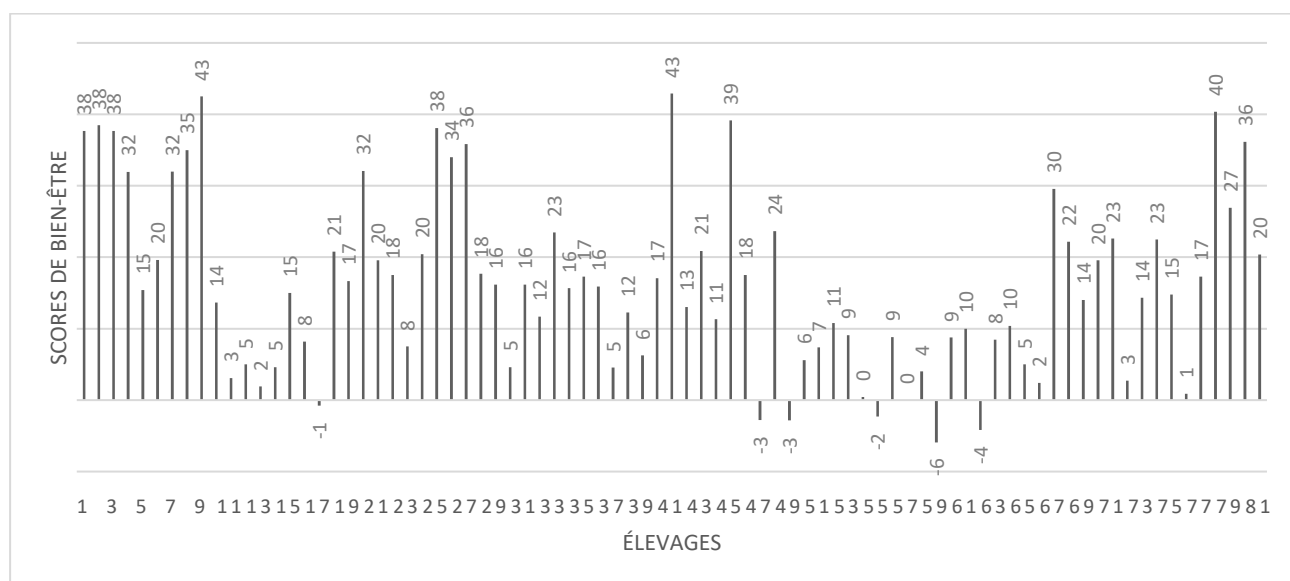
Sous l'hypothèse qu'aucune donnée n'est manquante, le score de bien-être pouvait donc varier de -45 à $+52$, sachant que plus la valeur était élevée, plus l'élevage était proche de l'idéal de bien-être des brebis laitières.

C. Système de notation appliqué à la base de données EBBEL

Dans les 81 élevages de brebis laitières de la région du Roquefort évalués par le protocole EBBEL (données internes au projet), le score global de bien-être a varié entre -6 et $+43$. La médiane des scores était de 15, le premier quartile de 6,25 et le troisième quartile de 22,5. De plus, 84 % des élevages se situaient dans la moitié supérieure des scores possibles et 20 % se situaient dans le quart supérieur. Aucun élevage n'a obtenu un score situé dans le quart inférieur des scores possibles.

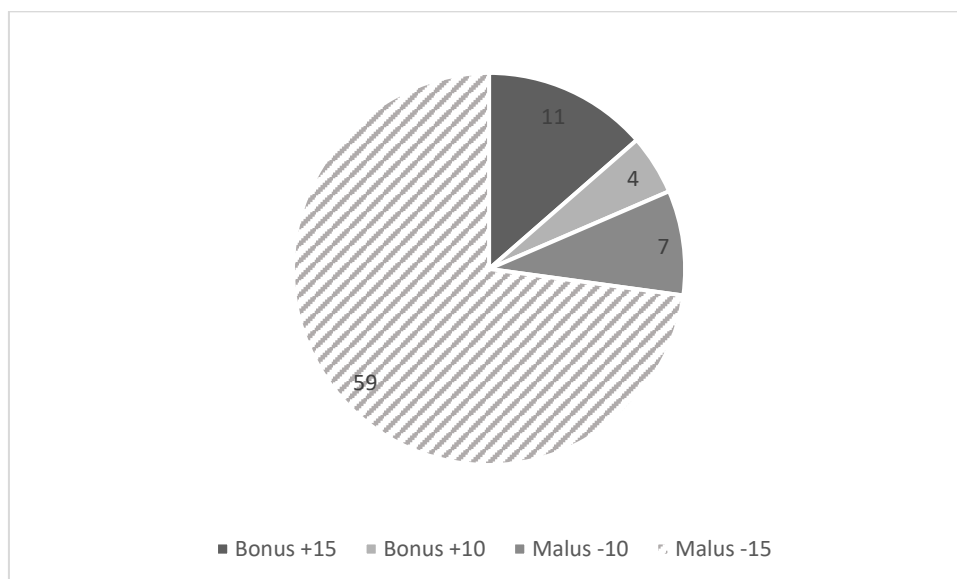
La Figure 15 représente les scores obtenus par chaque élevage de la base de données EBBEL ($n = 81$).

Figure 15. Scores globaux de bien-être des 81 élevages de brebis laitières de la région du Roquefort constituant la base de données EBBEL.



Parmi les 81 élevages de la base de données EBBEL, 15 ont obtenu des bonus (+15 ou +10) pour les indicateurs primordiaux dont quatre qui ont obtenu le bonus maximal (+15). Soixante-six élevages ont reçu des malus (-15 ou -10) dont 59 qui ont reçu le malus maximal (-15). Le nombre d'élevages ayant reçu les bonus et malus pour la catégorie primordiale est représenté dans la Figure 16. Par ailleurs, les indicateurs primordiaux « absence d'animaux élevés individuellement » et « liberté de mouvement » étaient ceux qui ont rapporté le plus de points (100 % des élevages ont obtenu 5 points pour ces indicateurs). Au contraire, l'indicateur primordial « intégrité de la mamelle » était celui qui a rapporté le moins de points (seul 32 % des élevages ont obtenu les 5 points pour cet indicateur).

Figure 16. Nombre d'élevages de la base de données EBBEL ayant obtenu des bonus ou malus pour les indicateurs primordiaux selon le système de notation proposé.



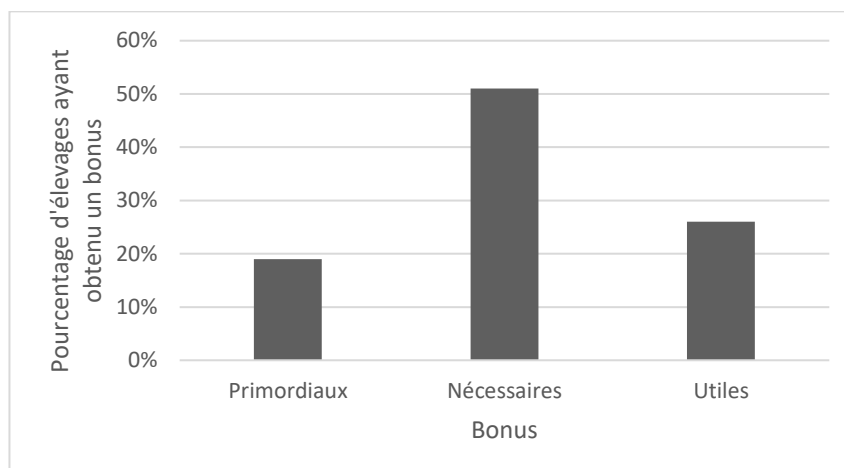
En ce qui concerne les indicateurs nécessaires, parmi les 81 élevages de la base de données EBBEL, 41 (51 %) ont obtenu un bonus +5, aucun n'a obtenu le bonus maximal +7 et 40 élevages ont obtenu un malus (-5). L'indicateur nécessaire « propreté du dos » était celui qui a rapporté le plus de points (89 % des élevages ont obtenu 4 points pour cet indicateur). Au contraire, l'indicateur nécessaire « longueur des onglons » était celui qui a rapporté le moins de points (9 % des élevages ont obtenu 4 points pour cet indicateur).

Enfin, à propos des indicateurs utiles, 21 sur les 81 élevages ont obtenu un bonus (+3). L'indicateur utile « présence d'ombre dans les parcelles » était celui qui a rapporté le plus de points (65 % des élevages ont obtenu 3 points pour cet indicateur) et l'indicateur utile « type de fuite » était celui qui a rapporté le moins de points (50 % des élevages pour lesquels cet indicateur a été évalué ont obtenu 3 points pour cet indicateur).

Un seul élevage a obtenu les bonus pour toutes les catégories d'indicateurs tandis que 27 élevages ont reçu des malus pour toutes les catégories d'indicateurs.

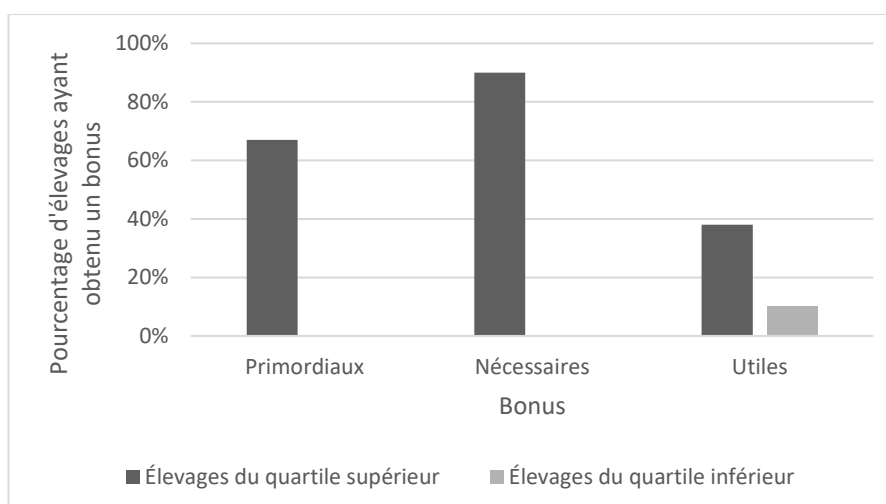
Ainsi, comme le montre la Figure 17, les bonus les plus fréquemment distribués concernaient les indicateurs nécessaires. Cependant, il est intéressant de relever que les bonus maximaux (c'est-à-dire ceux attribués si tous les indicateurs de la catégorie atteignaient leur objectif) concernaient plus fréquemment les indicateurs utiles.

Figure 17. Pourcentage d'élevages ayant reçu un bonus (maximal ou minimal), par catégorie d'indicateurs (primordiaux, nécessaires et utiles).



Parmi les élevages situés dans le quartile inférieur, 38 % (n = 8) ont été évalués l'été (juillet et août 2020). En comparaison, 57 % des élevages situés dans le quartile supérieur (n = 12), ont été évalués l'été. Par ailleurs, aucun élevage du quartile inférieur n'a obtenu de bonus pour les indicateurs primordiaux ; au contraire, ils ont tous reçu le malus maximal (-15). En comparaison, 14 des 21 élevages du quartile supérieur ont obtenu des bonus (+10 ou +15) pour les indicateurs primordiaux dont quatre élevages qui ont obtenu le bonus maximal pour cette catégorie (+15). Aucun élevage du quartile inférieur n'a obtenu de bonus pour la catégorie « nécessaire » tandis que 19 élevages du quartile supérieur qui ont obtenu le bonus +5. Enfin, deux des 21 élevages du quartile inférieur ont obtenu le bonus pour les indicateurs utiles. En comparaison, huit (38 %) élevages du quartile supérieur ont obtenu le bonus de la catégorie « utile ». Ces résultats montrent une meilleure maîtrise de l'ensemble des indicateurs du bien-être dans les élevages du quartile supérieur. La comparaison entre les élevages du quartile inférieur et supérieur est présentée dans la Figure 18.

Figure 18. Pourcentage d'élevages des quartiles inférieur et supérieur ayant obtenu un bonus (maximal ou minimal) par catégorie d'indicateurs (indicateurs primordiaux, nécessaires et utiles).



4. Discussion

A. Classement des indicateurs du protocole EBEL en trois catégories

Le classement des indicateurs du protocole EBEL était un prérequis fixé par le comité de pilotage pour obtenir un système de notation du BEA afin, entre autres, de pouvoir comparer les élevages du bassin du Roquefort entre eux et mieux les comprendre. Le raisonnement a porté sur la question de l'élevage idéal, en termes de bien-être, pour mettre en avant une communication positive et faire du bien-être des brebis, non pas un objet de déclassement d'un élevage, mais de marge de progrès. Le but n'est pas que le bien-être animal soit perçu comme une corvée mais, au contraire, qu'il soit stimulant et motivant pour les éleveurs. Ainsi, la volonté au-delà de ce classement d'indicateurs est de mettre l'accent sur des indicateurs jugés plus importants et de tolérer une marge d'erreur plus ou moins importante sur des indicateurs jugés moins importants ou avec une moindre validation scientifique. Le fait d'accepter que certains indicateurs soient en dessous du seuil d'alarme n'indique donc pas qu'ils sont inutiles : selon les experts, ils ont tous leur place dans le protocole. Nous avons fait le choix de leur accorder moins de poids dans l'attente d'une validation ultérieure ou de la collecte d'observations formelles supplémentaires dans ce domaine.

Le groupe d'experts a été organisé de façon à avoir différents points de vue, connaissances et expériences : une représentante d'une laiterie pour l'apport de la connaissance sur la gestion du lait et du cahier des charges de production ; les vétérinaires pour l'apport de connaissances théoriques et pratiques dans les domaines de la santé animale, du bien-être et de l'éthologie ; des éleveurs de brebis laitières pour leur apport de connaissances (connaissances pratiques de leurs animaux et pour l'expérience au quotidien de l'élevage) mais aussi parce qu'ils sont essentiels pour le bien-être de leurs animaux, comme l'a expliqué Dockes *et al.* (2007). Leur vision d'un élevage idéal est également précieuse.

Dès le premier tour de vote, la majorité des indicateurs classés comme primordiaux (indicateurs dont on veut une maîtrise absolue avec une très faible tolérance) ont eu la majorité absolue en termes de voix et peu de discussions ont été nécessaires pour décider de leur classement. Seuls trois de ces indicateurs ont fait l'unanimité. Il s'agit des indicateurs « intégrité de la mamelle », « bon état corporel » et « bonne locomotion ». Ces résultats sont cohérents avec ceux de Marcone *et al.* (2022), qui ont montré que les éleveurs accordent le plus de pertinence aux indicateurs évaluant les mammites puis la maigreur puis les boiteries. Nos résultats concordent également avec ceux de Caroprese *et al.* (2016) : selon un questionnaire appliqué à 300 experts dans le domaine ovin, les boiteries et les mammites figurent parmi les cinq problèmes majeurs du bien-être des brebis (toutes productions confondues) avec les problèmes de peau, les entérites et le stress thermique. Par ailleurs, quatre des neuf indicateurs classés en « indicateurs primordiaux » sont aussi des indicateurs scientifiquement validés pour l'évaluation du bien-être des brebis : bon état corporel, abreuvement en bergerie, bonne locomotion, surface disponible par animal en bergerie (Phythian *et al.*, 2011). Parmi les cinq autres indicateurs primordiaux non validés scientifiquement pour l'évaluation du bien-être des brebis, l'intégrité de la mamelle et l'intégrité des trayons ont été néanmoins jugés importantes pour le bien-être de brebis laitières. En effet, les mammites et autres affections mammaires sont une problématique fréquente, comme le montrent de Cremoux *et al.* (2018). La liberté de mouvement, l'accès à la pâture et l'absence d'animaux élevés seuls ont été jugés primordiaux pour des animaux grégaires aux nombreux comportements d'exploration (Caroprese, 2008 ; Richmond *et al.*, 2017). Il importe de souligner que les cinq libertés du bien-être sont représentées dans cette catégorie « primordiale ». Ceci suggère que les éleveurs de la région du Roquefort se préoccupent du bien-être de leurs animaux et qu'ils englobent tous les aspects du

bien-être dans leur approche, sans se limiter à quelques aspects réducteurs tels que la santé ou la production.

En ce qui concerne les 13 indicateurs classés « nécessaires » (indicateurs dont on souhaite une bonne maîtrise avec une tolérance modérée), un a été validé par Wemelsfelder (2007) (le QBA) et six ont été validés scientifiquement pour l'évaluation du bien-être des brebis par Phythian *et al.* (2011) : mortalité des agneaux, mortalité des brebis, propreté du pourtour anal, sécrétions nasales, couverture de laine et intégrité de la peau. Très peu de discussions ont été nécessaires pour classer cinq indicateurs dans cette catégorie et ils ont fait l'objet d'un consensus rapide : sécrétions nasales, propreté du dos, humidité de la laine, QBA et mortalité des agneaux. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Marcone *et al.* (2022), qui ont montré que les éleveurs italiens accordent moins de pertinence à la longueur des onglons, la propreté et l'état de la toison et les lésions. Cependant, ces résultats sont en contradiction avec la réflexion de 300 experts dans le domaine ovin, sondés par questionnaire par Caroprese *et al.* (2016), qui considèrent que les troubles cutanés et les entérites constituent l'un des problèmes principaux du bien-être des brebis (toutes productions confondues). Les experts de notre étude, eux, ont considéré qu'il faut accorder une tolérance modérée à l'intégrité de la peau et la propreté du pourtour anal. Ils évoquent un possible biais en ce qui concerne la propreté du pourtour anal, puisque la mise à l'herbe est une cause fréquente de souillures périanales et que celles-ci sont sans réelle conséquence.

Enfin, en ce qui concerne les quatre indicateurs classés « utiles » (indicateur dont on souhaite une bonne maîtrise mais avec une forte tolérance), un n'a pas nécessité de discussions approfondies et il a obtenu une majorité de voix pour son classement en indicateur utile : type de fuite (en marchant ou en courant). Deux indicateurs ont été validés scientifiquement pour l'évaluation du bien-être des brebis par Phythian *et al.* (2011) : abreuvement en pâture et présence d'ombre. Nos résultats sont contradictoires avec ceux de Caroprese *et al.* (2016) qui montrent que 300 experts dans le domaine ovins, sondés par questionnaire, considéraient le stress thermique comme un problème majeur du bien-être des brebis (toutes production confondues). Or, les experts ayant participé à la présente étude, considèrent que la présence d'ombre sur les parcelles nécessite une forte tolérance. Ils ont avancé qu'en cas d'absence d'ombre, l'éleveur peut adapter la gestion du troupeau, notamment en aménageant les horaires de sortie au pré, pour éviter le stress thermique. De plus, ils considèrent cet indicateur comme peu fiable puisque son évaluation se base sur une question posée à l'éleveur, et non sur une vérification faite par l'évaluateur. Ces différences d'appréciations pourraient s'expliquer par le contexte d'élevage : le climat en France est plus doux qu'en Italie, les éleveurs italiens pourraient donc être davantage sensibilisés à la problématique du stress thermique que les éleveurs français. D'autre part, les élevages du bassin du Roquefort sont des systèmes semi-intensifs où une gestion adaptée de la sortie au pré, notamment tôt le matin et tard le soir, est tout à fait envisageable. Un questionnaire appliqué à 21 éleveurs du bassin du Roquefort, par Jolly (2020), rapporte que la majorité des éleveurs de la région affirment adapter leurs pratiques aux conditions climatiques. Ce type d'aménagement est plus difficile à réaliser en système extensif, voire dans les élevages en estives. Ce résultat met en évidence la nécessité de sensibiliser les éleveurs français à ces problématiques de stress thermique. Cela est d'autant plus impérieux qu'on assiste aux premières conséquences du dérèglement climatique. Il s'agit là d'un enjeu majeur à faire évoluer à l'avenir.

Enfin, onze indicateurs ont fait l'objet de discussions plus longues avant de parvenir à un consensus sur leur classement. Par exemple, l'abreuvement en pâture a été difficile à classer. Certains experts avançaient l'importance de l'eau en pâture, au même titre qu'en bergerie, quand d'autres indiquaient des pratiques d'adaptation de gestion du troupeau en cas d'absence d'eau sur

les parcelles. Certains mettaient en avant le fort taux d'humidité de l'herbe et d'autres soulignaient que l'indicateur était insuffisant car il n'incluait pas le bon fonctionnement du système d'approvisionnement en eau. Au vu de ces résultats et en raison des bouleversements climatiques à venir, il semble capital de sensibiliser les éleveurs français à la problématique de l'accès à l'eau au pâturage, au même titre que le stress thermique, et de faire évoluer l'importance accordée à cet indicateur.

B. Système de notation globale du bien-être des brebis laitières

Pour établir notre système de notation du bien-être des brebis laitières à l'échelle de l'élevage, nos objectifs sont 1) de trouver un système simple à mettre en place, 2) de donner davantage de poids à certains indicateurs considérés comme plus importants ou mieux validés, et 3) d'éviter les phénomènes de compensation. Pour satisfaire le premier objectif, un système de notation à base d'une somme de points est choisi. Le deuxième objectif est atteint par le classement des indicateurs, ce qui permet de les pondérer : de bons résultats aux indicateurs primordiaux apportent plus de points que de bons résultats aux indicateurs nécessaires qui eux-mêmes apportent plus de points que les bons résultats aux indicateurs utiles. Le dernier objectif a été le plus difficile à satisfaire et n'est pas parfaitement respecté. En effet, aucun système ne permet d'éviter complètement les compensations. Nous avons considéré qu'il devait être plus difficile de compenser des mauvais résultats aux indicateurs primordiaux. Ce choix est motivé par une meilleure validation scientifique de ces indicateurs et par le fait que tout manquement à ces derniers se traduit par un impact direct plus important sur les animaux. Ainsi, logiquement, de mauvais résultats aux indicateurs primordiaux sont plus pénalisants que de mauvais résultats aux indicateurs nécessaires, eux-mêmes plus pénalisants que de mauvais résultats pour les indicateurs utiles. Par ailleurs, un système de bonus et malus est mis en place pour que de mauvais résultats au sein d'une catégorie ne soient pas compensés par de bons résultats dans cette même catégorie.

Le système de notation proposé est basé sur le respect d'objectifs pour les indicateurs et donc sur des seuils. Différents auteurs, dont Courboulay *et al.* (2012), s'accordent sur le fait qu'un système de seuils (Oui/Non) n'est pas forcément pertinent pour juger d'un niveau de bien-être car il ne prend pas en compte le gradient d'évolution d'un caractère. Cependant, le système de seuils à trois niveaux (objectif, seuil d'alerte et seuil d'alarme) utilisé dans le protocole EBBEL appréhende mieux les écarts, plus ou moins importants, par rapport à l'objectif. L'autre avantage du système d'évaluation proposé dans EBBEL est que ces seuils et objectifs ont été choisis en se basant sur des références formalisées basées sur l'étude de la population. Nous avons donc la certitude que les objectifs fixés sont réalisables et que les seuils d'alerte et d'alarme sont raisonnables, car ils tiennent compte de la variabilité au sein de la population, ce qui permet d'éviter de pénaliser injustement les petits écarts à l'objectif, sans être laxiste en acceptant de trop grands écarts à l'objectif.

Cette étude n'est pas la première à utiliser un score global de bien-être des brebis. En Italie, Napolitano *et al.* (2009) donnent également des notes à chacun des indicateurs inclus dans leur protocole, en font la somme et calculent un score global de bien-être, nommé ANI score. Tout comme notre système de notation, un ANI score élevé indique un bon niveau de bien-être des brebis. Très récemment, toujours en Italie, Marcone *et al.* (2022) incluent également un score global dans leur protocole d'évaluation du bien-être des ovins. Si la méthode de calcul de leur score diffère de la nôtre, ils se fondent sur l'avis d'experts qui, comme nous l'avons dit dans cette discussion, est assez proche de celui des experts ayant participé à notre groupe de travail. Comme pour notre

score, les indicateurs sont pondérés. Cependant, à la différence du système de notation proposé dans cette étude et de celui de Napolitano *et al.* (2009), dans le système de notation proposé par Marcone *et al.* (2022), plus le score est élevé, moins bon est le bien-être.

Si attribuer un score global de bien-être à un élevage permet de connaître le niveau global de bien-être des animaux, convient de considérer et étudier le détail de l'évaluation, indicateur par indicateur. En effet, cela permet d'identifier les points à améliorer en matière de bien-être. Un score global donne donc une information complémentaire aux résultats bruts mais il ne s'y substitue pas.

C. Système de notation appliqué à la base de données EBBEL

Les systèmes de notation étant différents et les protocoles n'évaluant pas les mêmes indicateurs, il est difficile de comparer le bien-être des brebis dans des élevages évalués par des protocoles différents. Néanmoins, Napolitano *et al.* (2009) décrivent un bon niveau global de bien-être chez les brebis allaitantes du sud de l'Italie, ce qui semble également être le cas des brebis laitières du bassin du Roquefort puisque nos résultats montrent que 84 % des élevages se situent dans la moitié supérieure des résultats possibles et se rapprochent donc de l'élevage idéal, sans toutefois l'atteindre. Plus récemment, dans la même région italienne, Marcone *et al.* (2022) rapportent une forte variabilité des scores globaux de bien-être des ovins laitiers et mixtes (laitiers-allaitants), ce qui n'est pas le cas de notre étude dans le bassin du Roquefort puisque tous les scores obtenus sont contenus dans un intervalle restreint de scores. Nous n'avons pas défini ce qu'est un « mauvais » élevage en matière de bien-être ni ce qu'est un niveau « acceptable » ou « non acceptable » de bien-être, contrairement au Welfare Quality® Protocol (Welfare Quality®, 2009). En effet, EBBEL est conçu comme un outil permettant à l'éleveur de se comparer aux autres et à l'élevage idéal (celui ayant le meilleur score possible) et pour réévaluer un même élevage d'une année à l'autre ou après des changements importants de conduite. Ces comparaisons visent à motiver les éleveurs afin qu'ils élaborent des pistes d'amélioration en fonction des marges de progression mises en évidence par le protocole et le système de notation. En aucun cas le système de notation proposé dans cette étude ne doit être utilisé comme un outil de jugement « bon ou pas bon », comme c'est le cas pour le Welfare Quality® Protocol (Welfare Quality®, 2009). Si les acteurs de la filière le souhaitent, un système de classement en niveau « acceptable » et « non acceptable » de bien-être pourrait faire l'objet d'un autre sujet d'étude.

Les résultats obtenus dans notre étude suggèrent que l'objectif du système de notation proposé ici a été atteint puisque lorsqu'on compare les quartiles supérieur et inférieur, on remarque que les bonus pour les indicateurs primordiaux et nécessaires n'ont été accordés qu'aux élevages du quartile supérieur. Cela signifie que seuls les élevages du quartile supérieur n'ont pas dépassé le niveau de tolérance (plus ou moins important selon la catégorie) établi par le groupe de travail. Il semble donc que notre système de notation reflète effectivement le niveau global de bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort tel que décrit par le groupe de travail.

5. Conclusion de la deuxième partie

En synthèse, cette étude vient compléter le protocole EBBEL en proposant un score qui permet de comparer les élevages entre eux et de positionner rapidement un élevage sur une échelle de bien-être, en identifiant la marge de progression par rapport à l'élevage idéal.

Les avantages de notre méthode de notation sont qu'elle est facile à mettre en place ; qu'elle définit un élevage idéal et donc communique positivement avec l'éleveur, qu'elle se fonde sur l'étude d'une population et est donc réaliste et qu'elle introduit une pondération des indicateurs, ce qui permet de mettre en avant les indicateurs qui ont un fort impact sur les animaux ou qui sont mieux validés scientifiquement pour l'évaluation du BEA des ovins.

Les inconvénients de notre méthode de notation sont que les phénomènes de compensation ne sont pas totalement éliminés et qu'elle ne permet pas de qualifier le bien-être (bon ou mauvais ; satisfaisant ou non satisfaisant...), mais seulement de comparer les élevages entre eux et à l'élevage idéal.

Enfin, le classement des indicateurs en groupes d'importance et de tolérance est basé sur les connaissances scientifiques actuelles et sur la sensibilité des éleveurs à certains aspects. Ces deux points pourraient évoluer à l'avenir, notamment, nous espérons sensibiliser les éleveurs français sur les problématiques du stress thermique et de l'accès à l'eau en pâture. Le classement des indicateurs du protocole EBBEL réalisé dans cette étude pourrait être amené à évoluer à l'avenir, à la faveur des évolutions environnementales. Le système de notation proposé dans cette étude étant simple, toutes modifications souhaitées sera facile à intégrer dans les futures versions qui intégreront les avancées scientifiques et l'évolution des préoccupations des éleveurs.

Troisième partie : étude de la relation entre le niveau global de bien-être des brebis laitières de la région du Roquefort et la qualité du lait de tank

Le lait de brebis est principalement utilisé pour la fabrication de fromage. En France, les deux types principaux de fromage de brebis sont les fromages à pâte pressée non cuite, comme l'Ossau Iraty, et les fromages à pâte persillée, comme le Roquefort (Idele, 2021), produit dans la région française de même nom. Le Roquefort est un fromage bénéficiant d'une Appellation d'Origine Protégée (AOP) qui exige l'utilisation de lait cru (INAO, 2022). Ainsi, le lait de brebis utilisé pour la fabrication du Roquefort doit être de bonne qualité pour des questions de santé publique, de propriété de coagulation et de goût. Par ailleurs, la qualité du lait impacte directement l'éleveur puisqu'en France, elle conditionne le paiement du lait par les laiteries (Pirisi *et al.*, 2007). Cette qualité du lait s'évalue selon plusieurs paramètres, comme le taux de cellules somatiques, la présence de salmonelles ou le taux de staphylocoques, *etc.* Dans la littérature, plusieurs auteurs s'intéressent au lien entre certains indicateurs de bien-être des brebis et certains paramètres de la qualité du lait. Par exemple, on sait que les mammites détériorent la qualité du lait sur les paramètres des cellules somatiques et des bactéries (staphylocoques principalement) (Caroprese *et al.*, 2016 ; de Cremoux *et al.*, 2018 ; Alba *et al.*, 2019). Cependant, aucune étude ne s'intéresse au lien entre le niveau global de bien-être des brebis et la qualité du lait de tank. Quelques études concernent ce lien chez les bovins laitiers, mais principalement dans le but d'utiliser la qualité du lait comme marqueur de bien-être. De plus, les informations fournies par le peu d'études réalisées sont contradictoires : certains auteurs concluent que la qualité du lait n'apporte pas d'informations pertinentes sur le niveau de bien-être des bovins (Ginestreti *et al.*, 2020) tandis que d'autres démontrent au contraire, que les Comptages Cellulaires du lait de Tank (CCT) sont corrélés à un bon niveau de bien-être (Fusi *et al.*, 2018). L'objectif de notre étude était donc d'étudier la relation entre le niveau global de bien-être des brebis laitières de la région du Roquefort et la qualité du lait de tank afin de déterminer si, dans la réalité de la région, un meilleur niveau de bien-être des brebis laitières à l'échelle du troupeau améliore la qualité du lait de tank.

1. Matériels et méthodes

A. Données d'évaluation du bien-être et de la qualité du lait de tank

Cette étude utilise, d'une part, les données issues de la base EBBEL pour le bien-être des brebis largement développées ci-dessus et, d'autre part, la base de données d'une laiterie partenaire du projet pour les paramètres de la qualité du lait.

La base de données EBBEL est composée des résultats d'évaluation du bien-être des brebis laitières de 81 élevages de la région du Roquefort, tirés au sort parmi les élevages qui vendaient leur lait à la laiterie partenaire. Ces données ont été collectées par deux évaluateurs différents, en juillet et août 2020 (n = 40) et en février et mars 2021 (n = 41). Les élevages de l'échantillon

possédaient entre 60 et 1 040 brebis laitières en lactation, avec une moyenne de 349 brebis par troupeau. Toutes les brebis étaient de race Lacaune (protocole EBBEL, données non publiées).

Les données de qualité de lait utilisées dans l'étude étaient :

- CCT : cellules/mL ;
- spores butyriques : spores/L ;
- coliformes : UFC/mL ;
- staphylocoques : UFC/mL ;
- *Salmonella spp* : présence ou absence ;
- *Listeria spp* : présence ou absence ;
- *Listeria monocytogenes* : présence ou absence.

Elles ont été fournies par la laiterie partenaire du projet EBBEL.

Sept élevages de la base de données EBBEL n'avaient pas de données de qualité de lait de tank, et ont donc été retirés de l'étude. Pour les élevages dont l'évaluation du BEA a été réalisée en été, les données quantitatives de la qualité de lait incluses dans l'étude correspondaient à la moyenne des données pour les mois de juillet et août 2020 (n = 34) et pour ceux dont l'évaluation du BEA a été réalisée en hiver, ces données étaient la moyenne des données pour les mois de février et mars 2021 (n = 40). En ce qui concerne les données qualitatives de la qualité du lait, la « présence » ou l'« absence » sur les mois d'évaluation (juillet et août 2020 ou février et mars 2021) a été relevée.

Par ailleurs, la qualité du lait étant définie par le CNIEL comme « *un lait apte à la consommation et à la transformation, qui répond aux normes d'hygiène européennes* » (CNIEL, 2016), les données brutes de la qualité du lait ont été adaptées pour devenir des données qualitatives : respect ou non d'un seuil. Ces seuils se basaient sur la réglementation française ou européenne lorsqu'elles existaient, sur des données scientifiques ou sur des recommandations professionnelles. Les normes utilisées dans cette étude sont présentées dans le Tableau 31.

Tableau 31. Seuils utilisés pour qualifier chaque paramètre de la qualité du lait de tank inclus dans l'étude.

Paramètres de qualité de lait	Seuils	Sources
Coliformes	100 UFC/mL	Arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine
Staphylocoques	50 UFC/mL	Règlement de la laiterie partenaire du projet (2020)
CCT	700 000 cellules/mL	(Lianou <i>et al.</i> , 2021b)
Spores butyriques	700 spores/L	Règlement de la laiterie partenaire du projet (2020)
Salmonelles	Absence	Arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine (Afssa, 2008)
<i>Listeria spp</i>	Absence	Règlement de la laiterie partenaire du projet (2020)
<i>Listeria monocytogenes</i>	Absence	Règlement de la laiterie partenaire du projet (2020)

Le score global de bien-être des élevages de l'échantillon (n = 74) a été obtenu comme décrit en deuxième partie de cette thèse.

B. Étape préalable aux analyses statistiques

Pour éviter le biais de tests statistiques multiples, la qualité du lait a été divisée en paramètre principal, celui qui représente au mieux la qualité du lait, et paramètres secondaires. Une concertation du comité de pilotage (un vétérinaire local, un vétérinaire de l'EnvA, une étudiante vétérinaire en dernière année à l'EnvA et une représentante de la laiterie partenaire) a défini quel paramètre serait le principal et quels paramètres seraient secondaires. La réflexion du comité de pilotage a porté sur l'impact des paramètres de qualité de lait sur la santé humaine, sur la part que représente le paramètre dans les finances de l'éleveur, sur la fréquence d'anomalie, sur l'impact du paramètre sur la possibilité de faire du Roquefort à partir du lait et sur le fait d'être un marqueur d'environnement ou de santé animale.

C. Analyses statistiques

Nous avons comparé la qualité du lait de tank provenant des élevages du quartile supérieur (HIGH) à celui issu des élevages du quartile inférieur (LOW) en termes de bien-être animal, sur les 74 élevages de la base de données EBBEL inclus dans l'étude. Pour rappel, le groupe HIGH comprenait les élevages dont le score global de bien-être était supérieur strictement au 3^e quartile (n = 18) et le groupe LOW regroupait ceux dont le score global de bien-être était inférieur strictement au 1^{er} quartile (n = 18). Un élevage du groupe HIGH n'avait pas de données sur les salmonelles, il a donc été supprimé de l'étude pour ce paramètre.

Les analyses statistiques ont été conduites à l'aide du logiciel Epi Info version 7.2.5.0. Pour étudier l'association entre le niveau global de bien-être et chaque paramètre de qualité du lait, cinq régressions logistiques multivariées ont été utilisées, selon le modèle suivant :

$$\text{Logit}(P_{ijk}) = \beta_1 + \beta_2 \text{SCORE}_i + \beta_3 \text{SAISON}_j + \beta_4 \text{EFFECTIF}_k$$

Avec P_{ijk} la probabilité de dépasser le seuil pour le paramètre de qualité du lait

β_n les coefficients du modèle

SCORE_i l'effet du niveau global de bien-être des brebis laitières (LOW ou HIGH)

SAISON_j l'effet de la saison (hiver ou été)

EFFECTIF_k l'effet de l'effectif des brebis (données quantitatives)

La linéarité de l'association entre les paramètres de la qualité du lait (salmonelles, CCT, coliformes, staphylocoques et spores butyriques) et l'effectif a été testée au préalable et est présentée en Annexe 2.

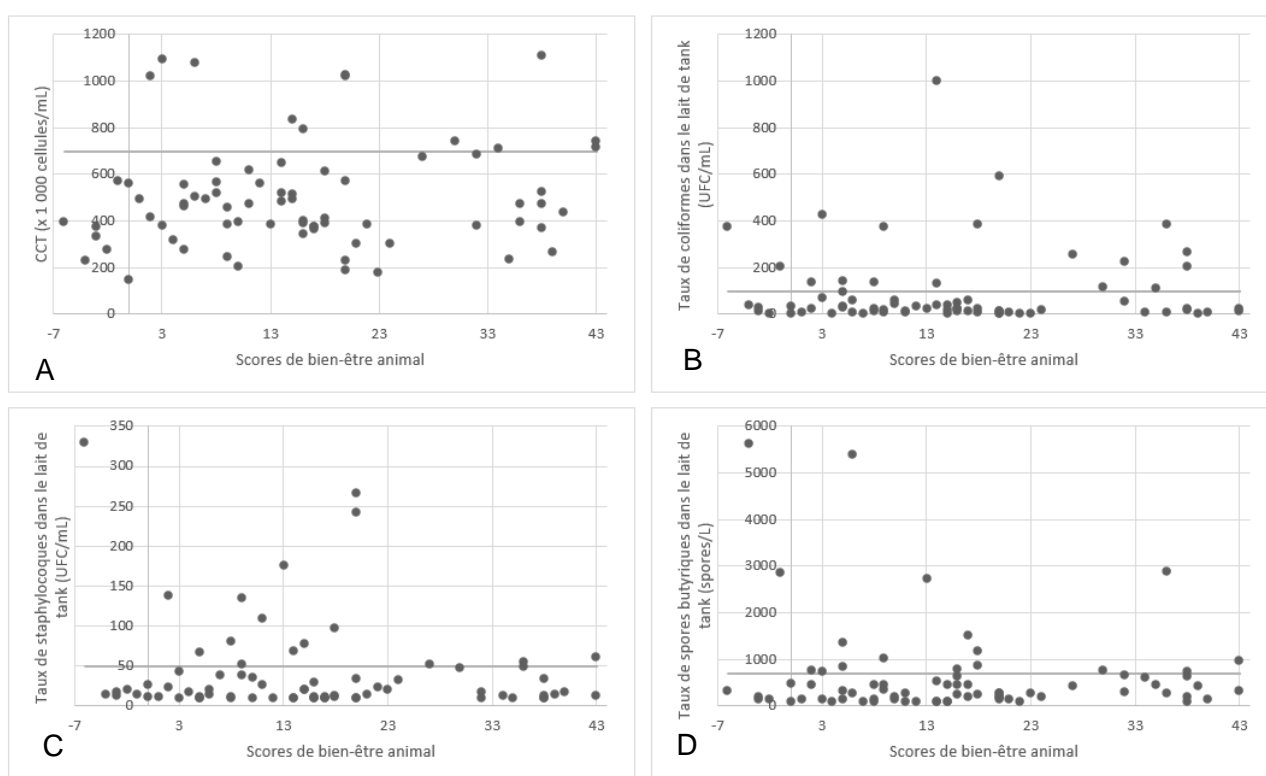
Le risque d'erreur de première espèce, α , a été fixé à 5 % et les associations testées ont donc été considérées comme significatives si la valeur de p était inférieure ou égale à 0,05.

2. Résultats

A. Qualité du lait et score global de bien-être animal de l'échantillon (n = 74)

La qualité du lait de tank était globalement bien maîtrisée dans l'échantillon sur tous les critères. Les résultats des données initialement quantitatives de la qualité du lait sont présentés dans la Figure 19, en fonction du score de bien-être, et dans le Tableau 32, tandis que les résultats des données initialement qualitatives sont présentés dans la Figure 20. Les paramètres les mieux maîtrisés dans l'échantillon étaient *Listeria spp* et *Listeria monocytogenes*. D'ailleurs, en raison du très faible nombre de laits de tank positifs pour ces paramètres, ces deux paramètres furent supprimés de l'étude statistique. *A contrario*, le critère le moins bien maîtrisé était la présence de salmonelles.

Figure 19. Comptages cellulaires de tank (CCT), taux de coliformes, taux de staphylocoques et taux de spores butyriques dans le lait de tank des élevages de l'échantillon du programme EBBEL (n = 74) (données quantitatives brutes) en fonction du score de bien-être animal (BEA).



Les lignes horizontales grises correspondent aux seuils fixés pour chaque paramètre dans cette étude (données qualitatives).

A : CCT, en 1 000 cellules/mL, en fonction du score de BEA dans l'échantillon.

B : taux de coliformes dans les laits de tank, en UFC/mL en fonction du score de BEA dans l'échantillon.

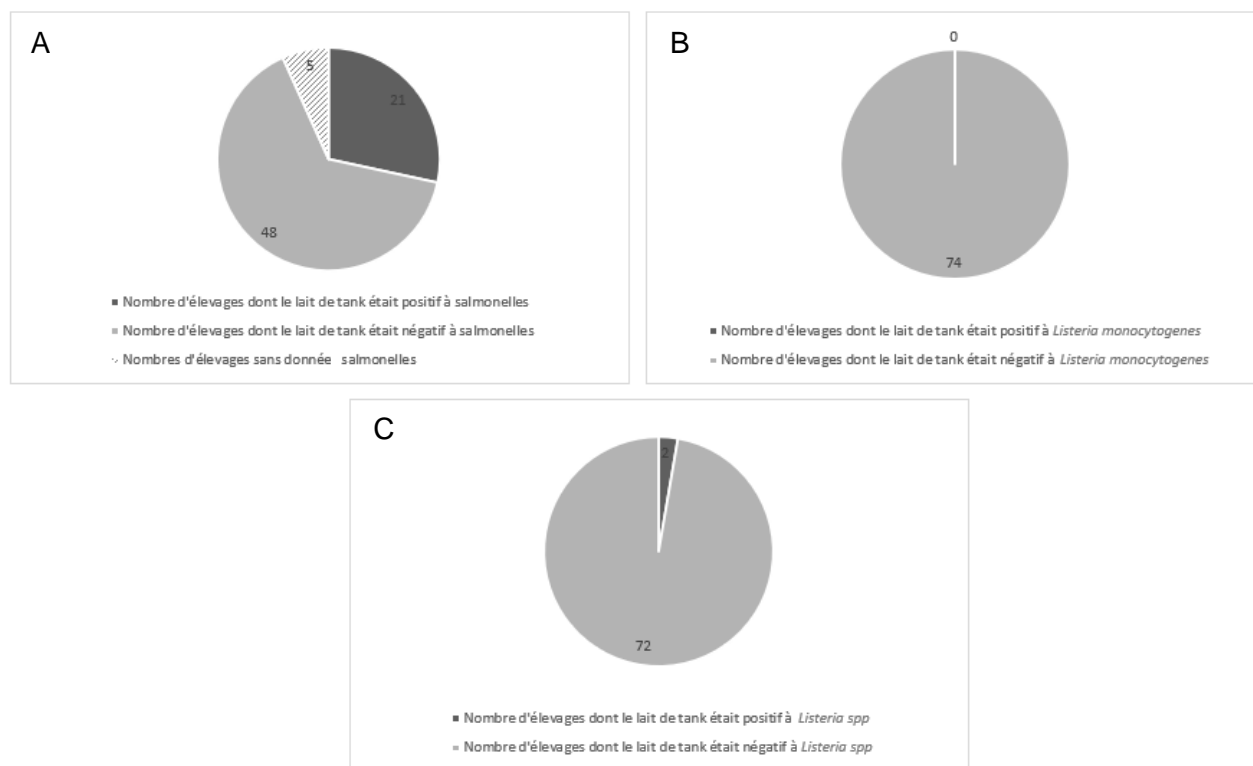
C : taux de staphylocoques dans les laits de tank, en UFC/mL, en fonction du score de BEA dans l'échantillon.

D : taux de spores butyriques dans les laits de tank, en spores/L, en fonction du score de BEA dans l'échantillon.

Tableau 32. Moyennes, moyennes géométriques, médianes et valeurs extrêmes, dans l'échantillon (n = 74), des paramètres quantitatifs de la qualité du lait retenus pour cette étude (comptage cellulaire de tank (CCT), taux de coliformes, taux de staphylocoques et taux de spores butyriques).

Paramètres quantitatifs de la qualité du lait	Moyenne	Moyenne géométrique	Médiane	Extrêmes
CCT (x10 ³ cellules/mL)	500	455	466	150 – 1 111
Taux de coliformes (UFC/mL)	123	30	22,5	1 – 2 493
Taux de staphylocoques (UFC/mL)	41	24	17	10 – 330
Taux de spores butyriques (spores/L)	622	328	285	80 – 5 625

Figure 20. Nombre d'élevages de l'échantillon du programme EBEL (n = 74) dont le lait de tank était positif ou négatif à salmonelles, *Listeria spp* et *Listeria monocytogenes* (données qualitatives).



*A : nombre d'élevages dont le lait de tank était positif ou négatif aux salmonelles.
 B : nombre d'élevages dont le lait de tank était positif ou négatif à *Listeria monocytogenes*.
 C : nombre d'élevages dont le lait de tank était positif ou négatif à *Listeria spp*.*

Puisque sept élevages de la base de données EBEL ont été supprimés par manque de données de qualité de lait, les résultats concernant les scores globaux de BEA sont discrètement différents de ceux de la deuxième partie de cette thèse. Ainsi, le 1^{er} quartile, utilisé pour définir le groupe LOW, était de 5,7 et le 3^e quartile, utilisé pour définir le groupe HIGH, était de 21,8 (versus 6,25 et 22,5 dans la deuxième partie, respectivement). Les scores maximal et minimal étaient cependant les mêmes que dans la deuxième partie de cette thèse (43 et – 6 respectivement).

B. Étape préalable aux analyses statistiques

Après concertation du comité de pilotage, il a été décidé que les salmonelles seraient le paramètre principal de la qualité du lait. En effet, ce paramètre est fréquemment anormal, c'est un bon marqueur d'environnement, il impacte fortement les finances de l'éleveur ainsi que la santé humaine et il interdit la production de Roquefort. Le Tableau 33 résume les réflexions sur le thème des paramètres de la qualité du lait dans le but de définir le paramètre principal et les paramètres secondaires.

Tableau 33. Critères de décision du paramètre principal et des paramètres secondaires de la qualité du lait de tank.

	Paramètres de la qualité du lait	Fabrication de Roquefort si paramètre anormal	Impact sur la santé humaine	Marqueur de la santé animale	Marqueur d'environnement	Prévalence	Finances de l'éleveur
Paramètre principal	Salmonelles	Interdite	++	+/-	++	++	++
Paramètres secondaires	Coliformes	Possible	Dépend de la souche	+	++	+	+
	Cellules somatiques	Possible	+/-	++	-	+	+
	Spores butyriques	Possible	-	-	++	+/-	+/-
	Staphylocoques	Possible	++	++	-	+	+
	Listeria	Interdite	++	+/-	+	--	++

++ : fort impact ou marqueur très important ou fréquence élevée ; + : impact important ou marqueur important ou fréquence importante ; +/- : impact ou fréquence moyenne ; - faible impact ; -- : fréquence très faible

C. Analyses statistiques

Le Tableau 34 détaille le nombre d'élevages dont le lait de tank respecte ou non les seuils de qualité du lait, fixés dans cette étude, parmi les élevages du groupe HIGH et du groupe LOW. Le Tableau 35 détaille les résultats des régressions logistiques. Dans cette étude, indépendamment de la saison et de l'effectif, il n'existait pas d'association significative entre les paramètres de la qualité de lait étudiés (salmonelles, CCT, coliformes, staphylocoques et spores butyriques) et le niveau global de bien-être ($p = 0,98$; $p = 0,71$; $p = 0,95$; $p = 0,66$; $p = 0,07$, respectivement).

Par ailleurs, dans l'échantillon, indépendamment du niveau global de bien-être des brebis et de l'effectif, il n'existait pas d'association significative entre certains paramètres de la qualité du lait (salmonelles, CCT, coliformes et staphylocoques) et la saison ($p = 0,95$; $p = 0,21$; $p = 0,15$; $p = 0,15$, respectivement). Au contraire, indépendamment du niveau global de bien-être des brebis et de l'effectif, il existait une corrélation entre les spores butyriques et la saison ($p = 0,02$), le taux de spores butyriques ayant dépassé plus fréquemment le seuil en été.

Enfin, dans l'échantillon, indépendamment du niveau global de bien-être des brebis et de la saison, aucune association significative n'a été mise en évidence entre les paramètres de qualité de lait (salmonelles, CCT, coliformes, staphylocoques et spores butyriques) et l'effectif des brebis dans le troupeau ($p = 0,55$; $p = 0,13$; $p = 0,87$; $p = 0,78$; $p = 0,44$, respectivement).

Tableau 34. Nombre d'élevages dont le lait de tank respecte ou non les seuils de qualité du lait, fixés dans cette étude, parmi les groupes LOW (quartile inférieur) et HIGH (quartile supérieur).

			Niveau global de bien-être des brebis laitières	
			HIGH	LOW
Qualité du lait	Salmonelles	Respect	12 ^a	12 ^a
		Non-respect	5 ^a	6 ^a
	CCT	Respect	14 ^a	16 ^a
		Non-respect	4 ^a	2 ^a
	Coliformes	Respect	12 ^a	13 ^a
		Non-respect	6 ^a	5 ^a
	Staphylocoques	Respect	15 ^a	15 ^a
		Non-respect	3 ^a	3 ^a
	Spores butyriques	Respect	15 ^a	12 ^a
		Non-respect	3 ^a	6 ^a

^a des lettres différentes entre deux colonnes indiquent une différence significative entre les groupes dans l'échantillon

Tableau 35. Quantification des effets du niveau global de bien-être des brebis (OR_{SCORE}), de l'effectif ($OR_{EFFECTIF}$) et de la saison (OR_{SAISON}) sur les paramètres de la qualité du lait de tank, ajustée sur les autres expositions (bien-être, saison ou effectif).

Paramètres qualité du lait	OR_{SCORE}	OR_{SAISON}	$OR_{EFFECTIF}$
Salmonelles	1,03 [0,19 ; 5,51] _{95 %}	0,95 [0,20 ; 4,49] _{95 %}	1,00 [0,99 ; 1,00] _{95 %}
CCT	0,65 [0,07 ; 6,37] _{95 %}	0,27 [0,03 ; 2,13] _{95 %}	0,99 [0,98 ; 1,00] _{95 %}
Coliformes	0,95 [0,17 ; 5,36] _{95 %}	0,31 [0,06 ; 1,51] _{95 %}	1,00 [0,99 ; 1,00] _{95 %}
Staphylocoques	1,60 [0,19 ; 13,36] _{95 %}	5,92 [0,52 ; 66,95] _{95 %}	1,00 [0,99 ; 1,00] _{95 %}
Spores butyriques	0,09 [0,01 ; 1,24] _{95 %} ^a	0,05 [0,00 ; 0,58] _{95 %} [*]	1,00 [0,99 ; 1,00] _{95 %}

^{*} $p < 0,05$

^a $0,05 < p < 0,10$

3. Discussion

La qualité du lait étant définie comme un lait apte à la consommation et à la transformation et qui répond aux normes d'hygiène (CNIEL, 2016), nous avons jugé intéressant d'utiliser des seuils qui correspondraient à ces « normes d'hygiène » pour les paramètres de la qualité plutôt que d'utiliser les données quantitatives brutes lorsqu'elles existent. En ce qui concerne les salmonelles, la réglementation française impose l'absence de salmonelles dans l'arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine. De plus, dans la région du Roquefort, un lait de tank positif aux salmonelles n'est pas apte à être transformé en Roquefort, et l'éleveur est fortement pénalisé financièrement. C'est pour ces raisons que l'absence ou la présence de salmonelles dans le lait de tank a été étudiée. De même, l'arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine impose un taux de coliformes dans le lait, à la livraison, inférieur à 100 UFC/mL. Cette valeur a été retenue pour constituer le seuil du taux de coliformes dans le lait de tank. En ce qui concerne les CCT et les staphylocoques, les réglementations française et européenne ne définissent pas de normes ni de seuils à ne pas dépasser pour le lait de brebis. Nous n'avons donc pas pu nous baser sur la réglementation. Cependant, plusieurs auteurs, dont Sevi *et al.* (1999a) et Lianou *et al.* (2021b) s'accordent à dire qu'un lait de tank de bonne qualité microbiologique ne dépasse pas 700 000 cellules/mL. Nous avons donc choisi de travailler avec ce seuil de 700 000 cellules/mL pour les CCT. Quant aux staphylocoques, la Confédération Nationale de Roquefort a fixé un seuil de 500 UFC/g dans le lait de tank avant de déclencher un plan d'hygiène de correction (Poncelet, 2007). Nous aurions pu utiliser ce seuil mais il ne reflète pas du tout la réalité du terrain, puisque les niveaux locaux varient autour 10 – 60 UFC/mL dans la plupart des élevages. Nous avons donc préféré nous baser sur la réglementation interne de la laiterie et choisi le seuil de pénalité : 50 UFC/mL. De même, le taux de spores butyriques n'est pas réglementé, ni à l'échelle nationale ni à l'échelon européen, et les scientifiques peinent à établir un taux limite décrivant une bonne qualité de lait puisque le taux de spores butyriques fluctue grandement selon la technique de comptage utilisée, comme le soulignent Brändle *et al.* (2016). C'est pourquoi nous avons également choisi de nous baser sur la réglementation interne de la laiterie en conservant le seuil de pénalité propre à celle-ci comme seuil pour ce travail, soit 700 spores/L. Enfin, la réglementation européenne impose un taux maximal de 100 UFC/g dans les produits permettant le développement de *Listeria spp*, dont fait partie le lait. Cependant nous n'avons pas accès aux données quantitatives pour *Listeria spp* et *Listeria monocytogenes*. Par ailleurs, un lait de tank positif à *Listeria spp* ou *Listeria monocytogenes* n'est pas apte à être transformé en Roquefort et l'éleveur est fortement pénalisé. Nous avons donc décidé de nous limiter à observer l'absence ou la présence de ces pathogènes dans les laits de tank.

D'un point de vue réglementaire, les résultats montrent une bonne maîtrise de la qualité du lait de tank des brebis laitières dans l'échantillon d'élevages du bassin du Roquefort inclus dans cette étude. Le paramètre le moins bien maîtrisé est la présence de salmonelles puisque 30 % des laits de tank de notre échantillon y sont positifs, ce qui signifie que 30 % des laits de tank sont inaptes à être utilisés pour la fabrication de Roquefort. Ainsi, 30 % des éleveurs de notre échantillon, ont été fortement pénalisés à la livraison de leur lait à la laiterie. Par ailleurs, la présence de salmonelles dans le lait de tank traduit un problème d'hygiène puisque, comme l'a montré Kousta *et al.* (2010), la contamination du lait de tank par ces bactéries se fait par l'environnement. Il semblerait donc que 30 % des élevages de notre échantillon aient des problèmes d'hygiène. Cela est conforté par le constat que 43 % des élevages dont le lait de tank est positif à salmonelles ont des indicateurs

« propreté de la mamelle » et « propreté des pattes » qui ne respectent pas leur objectif lors de l'évaluation du bien-être selon le protocole EBBEL. Par ailleurs, il est possible que des diarrhées soient à l'origine de cette contamination dans l'un des élevages dont le lait est revenu positif à salmonelles car seulement 91 % des brebis évaluées dans cet élevage ont obtenu de bonnes notes pour la propreté du pourtour anal (minimum de la base de données). Cela ne semble pas être le cas pour les autres élevages dont le lait a été testé positif à salmonelles, puisque tous ont eu 100 % de leurs brebis évaluées, avec de bonnes notes pour cet indicateur. Ces résultats concernant les salmonelles sont moins bons que ceux rapportés par Gonzales-Barron *et al.* (2017), à l'échelle internationale dans une méta-analyse de quatre études qui calcule une prévalence de 1,4 % de salmonelle dans les laits de tank. Par ailleurs, aux États-Unis, D'Amico et Donnelly (2010) n'ont pas mis en évidence de salmonelles dans les laits de tank des brebis, cependant, leur échantillon est plus restreint que le nôtre puisque seules quatre exploitations ovines ont été incluses.

En ce qui concerne les coliformes, 26 % des élevages de notre échantillon ne respectent pas la réglementation française qui impose un taux dans le lait de tank inférieur à 100 UFC/mL. Ces élevages ont été pénalisés par la laiterie dans la période étudiée et deux ont subi la pénalité maximale. Les résultats de notre échantillon d'élevages sont meilleurs que ceux obtenus par Salmerón *et al.* (2002) en Espagne et ceux d'Alexopoulos *et al.* (2011) en Grèce. En revanche, ils sont moins bons que ceux obtenus par D'Amico et Donnelly (2010) aux États-Unis, qui n'analysent que quatre élevages ovins. Gonzales-Barron *et al.* (2017) ont montré que la contamination du lait de tank par les coliformes diminue lorsque les mamelles sont propres de matières fécales. Cependant, seulement 37 % des élevages qui ne respectent pas la réglementation n'atteignent pas l'objectif pour l'indicateur « propreté de la mamelle » lors de l'évaluation EBBEL. Il semble donc que la propreté de la mamelle ne suffise pas à elle seule à limiter le taux de coliformes du lait. D'autres facteurs peuvent contribuer à la contamination du lait comme, par exemple, la contamination de la main de l'éleveur si les bonnes pratiques d'hygiène ne sont pas respectées.

En ce qui concerne les spores butyriques, 21 % des élevages de l'échantillon ont reçu des pénalités financières dont cinq élevages qui ont reçu la pénalité maximale. Si Arias *et al.* (2013) ont montré que les facteurs de risque de contamination du lait par les spores butyriques sont l'alimentation et la poussière dans la salle de traite, Doyle (2015) souligne que, chez les vaches, le nettoyage des mamelles permet de réduire ce risque de contamination. Ceci ne semble pas s'appliquer à notre échantillon puisque seulement 35 % des élevages qui ont reçu des pénalités n'atteignent pas l'objectif pour l'indicateur « propreté de la mamelle », lors de l'évaluation par le protocole EBBEL. Par ailleurs, la maîtrise de ce paramètre est meilleure que celle observée par Arias *et al.* (2013) en Espagne, avec des brebis de race Manchega ou que celle relevée par Garde *et al.* (2011) dans le même pays, avec la même race de brebis et qui répertorient 51 % des élevages avec un taux de spores butyriques compris entre 1 000 et 10 000 spores/L tandis que 87 % de nos élevages ont un taux inférieur à 1 000 spores/L. Cependant, il est difficile de comparer des valeurs obtenues dans des études différentes car, comme préciser plus haut, Brändle *et al.* (2016) affirment que la technique utilisée pour quantifier le taux de spores butyriques peut grandement faire varier les résultats (parfois du simple au double).

En ce qui concerne les bactéries de la famille des *Listeria*, les résultats de l'échantillon sont excellents puisqu'aucun élevage de l'échantillon n'est positif pour *Listeria monocytogenes* et que seuls deux élevages sont positifs pour *Listeria spp.* Cela signifie néanmoins que deux élevages ont produit un lait de tank inapte à la fabrication du Roquefort et donc que deux éleveurs ont été fortement pénalisés financièrement. Nous rappelons que l'Union Européenne recommande un taux de *Listeria spp* inférieur à 100 UFC/g dans tous les produits propices à son développement, dont le

lait de brebis fait partie. Or nous ne connaissons pas le taux de *Listeria spp* dans les laits de tank, nous ne pouvons donc pas conclure si les deux élevages de l'échantillon positifs pour *Listeria spp* respectent ou non cette recommandation. Par ailleurs, les résultats de qualité de lait en ce qui concerne *Listeria spp* sont meilleurs que ceux obtenus au Caire par Osman *et al.* (2014) et en Espagne par Rodriguez *et al.* (1994) et sont similaires à ceux de D'Amico et Donnelly (2010) aux États-Unis.

En ce qui concerne les CCT, selon les critères de Leitner *et al.* (2016), 90 % des élevages de notre échantillon ont un lait de tank de bonne qualité (moins de 800 000 cellules/mL). Les 10 % restants produisent un lait de tank de qualité moyenne (moins de 1,5 million de cellules/mL) mais aucun n'est impropre à la consommation humaine (plus de 2,5 millions de cellules/mL). De même, selon les critères de Lianou *et al.* (2021b), 84 % des élevages de l'échantillon garantissent des laits assurant de faibles charges microbiennes (laits à moins de 700 000 cellules/mL). Par ailleurs, la maîtrise de ce paramètre dans notre échantillon est meilleure que celle observée par Gonzalo *et al.*, (2010), en Espagne, sur des brebis de race Assaf dans la région de Castille-et-León. Elle est également meilleure que celle observée par Alexopoulos *et al.* (2011), en Grèce, ou par D'Amico et Donnelly (2010), aux États-Unis. Cependant, elle est similaire à celle observée par Lianou *et al.* (2021a et b), en Grèce, avec des brebis Lacaune. De plus, en appliquant la relation linéaire entre le CCT annuel et l'incidence des mammites subcliniques établie par Berthelot *et al.* (2006), il semble que seulement 16 % des élevages de notre échantillon aient une prévalence de mammites subcliniques supérieure à 15 %. Dans l'élevage avec le CCT le plus élevé de notre échantillon, la prévalence des mammites subcliniques est estimée à environ 25 % selon cette relation. Il existe plusieurs facteurs de risque pour les mammites. Mavrogianni *et al.* (2006) ont montré que les lésions des trayons, facteur directement observable sur les animaux, ont un lien avec les mammites. Cependant, parmi les élevages de notre échantillon dont le CCT est supérieur à 700 000 cellules/mL, seuls 38 % n'atteignent pas l'objectif pour l'indicateur « intégrité des trayons », c'est-à-dire que moins de 96 % des brebis évaluées par le protocole EBBEL ont de bonnes notes pour cet indicateur. Ceci n'est pas surprenant puisque les mammites sont d'origines multifactorielles et que les lésions des trayons n'en sont pas les seules causes.

En ce qui concerne le taux de staphylocoques, aucun lait de tank des élevages de notre échantillon n'est à risque pour la santé humaine. En effet, ils contiennent tous moins de 10^5 UFC/mL, qui est le seuil de production de toxines par les staphylocoques et qui est donc dangereux lors de la consommation, comme le souligne Cerf (2002). De plus, seulement 16 % des éleveurs de notre échantillon ont été pénalisés pour le taux de staphylocoques et par des pénalités minimales uniquement. Poncelet (2007) a montré que les staphylocoques sont excrétés dans le lait lors de mammites, cliniques comme subcliniques. De même, l'auteur souligne le fait que *Staphylococcus aureus* peut être à l'origine de mammites gangréneuses, or c'est également l'espèce de staphylocoques la plus fréquemment incriminée dans les mammites. Ainsi, un fort taux de staphylocoques dans le lait de tank doit faire rechercher la présence de mammites, cliniques comme subcliniques. Les résultats de notre échantillon sont moins bons que ceux obtenus par Linage *et al.* (2012), en Espagne car tous leurs échantillons contenaient moins de 50 UFC/mL tandis que 22 % des élevages de notre échantillon ont un taux supérieur à 50 UFC/mL. Cependant, nos résultats sont meilleurs que ceux obtenus par Salmerón *et al.* (2002) et de Garnica *et al.* (2013b), en Espagne et ceux d'Alexopoulos *et al.* (2011), en Grèce. Par ailleurs, parmi les élevages qui ont été pénalisés pour leur taux de staphylocoques dans le lait de tank, 63 % n'atteignent pas l'objectif pour l'indicateur « intégrité de la mamelle » lors de l'évaluation EBBEL, c'est-à-dire que moins de 99 % des brebis évaluées par le protocole EBBEL ont de bonnes notes pour cet indicateur.

Le BEA est un concept multifactoriel résultant de la combinaison de plusieurs indicateurs, de la même façon, la qualité du lait se mesure selon différents paramètres souvent indépendants. L'étude du lien entre le BEA et la qualité du lait doit être réfléchi de façon à limiter de fausses inférences. Comme le décrivent Bender et Lange (2001), dans le cadre de tests statistiques multiples, le risque est élevé trouver une association statistique alors qu'en réalité il n'y en a pas. Pour limiter ce risque, nous avons décomposé la qualité du lait de tank en paramètre principal et paramètres secondaires. Bender et Lange (2001) précisent qu'alors l'inférence des résultats est différente entre le paramètre principal et les paramètres secondaires : la conclusion des tests incluant les paramètres secondaires doit être précautionneuse. *A posteriori*, nous avons constaté que cette précaution est inutile puisque dans notre échantillon, aucun paramètre de la qualité du lait de tank n'est associé au niveau global de bien-être des brebis laitières, nous ne pouvions donc de toute façon pas conclure avec certitude.

En effet, notre étude ne montre pas d'association entre la qualité du lait (salmonelles, CCT, coliformes, staphylocoques et spores butyriques) et le niveau global de bien-être des brebis laitières de la région du Roquefort. Cependant, les modèles de régression logistique ne prennent en compte que le niveau global de BEA, l'effectif et la saison (hiver ou été). Certains facteurs tels que l'antibiothérapie au tarissement, les programmes de vaccination ou l'âge des éleveurs, n'ont pas pu être inclus car les données manquent et pour ne pas diminuer la précision des modèles multivariés, comme l'a expliqué Desquilbet (2022). Ainsi, on ne peut pas exclure des biais dans notre étude : biais de confusion induit par des facteurs de confusion non pris en compte dans les modèles. Par exemple, bien que tous les élevages soient en production semi-intensive, certains nourrissent les brebis avec de l'ensilage tandis que d'autres non ; or Schoder *et al.* (2011) ont montré une plus forte prévalence de *Listeria spp* et *L. monocytogenes* dans les fèces et dans l'environnement des élevages où de l'ensilage est distribué tout au long de l'année comparativement à ceux qui n'en donnent pas ou qui n'en donnent que l'hiver. Ce paramètre de gestion aurait donc pu être un facteur de confusion si les analyses statistiques avec *Listeria spp* et *Listeria monocytogenes* avaient été menées. Cependant, dans notre étude, le biais de confusion est limité par une certaine comparabilité épidémiologique entre les groupes LOW et HIGH puisque tous les élevages sont composés de brebis de même race (Lacaune), avec le même type de production (laitier) et de système de production (semi-intensif). De même, tous les élevages possèdent une salle de traite avec une machine à traire, vendent leur lait à la même laiterie (le système de transport et d'analyse du lait sont donc comparables) et aucun éleveur ne réalise de pré-trempage des trayons. Toutes ces expositions n'ont donc pas pu biaiser le résultat.

Il est possible que nos résultats soient biaisés par le biais de classement non différentiel. Ainsi, il est possible qu'en réalité, certaines associations statistiques entre le niveau global de bien-être et les paramètres de la qualité du lait de tank soient significatives. Cependant, ce biais est minimisé en traitant les données automatiquement par des fonctions d'Excel et elles ont été vérifiées plusieurs fois. Les erreurs de classement sont donc très peu probables.

Il est maintenant prouvé que certains problèmes spécifiques du bien-être, comme les mammites, diminuent la qualité du lait des brebis. Par ailleurs, il semble cohérent de penser que meilleur est le bien-être, meilleure serait la qualité du lait. Ainsi, si nous n'avons pas mis en évidence d'association statistique entre le niveau global de bien-être et la qualité du lait de tank dans notre étude, sous l'hypothèse d'absence de biais, est-ce parce qu'il y a un effet de dilution ? Nous n'avons pas réalisé l'analyse statistique des différents indicateurs individuellement afin d'éliminer le risque

de mettre en évidence des associations liées au hasard, comme expliqué ci-dessus. Par ailleurs, notre objectif est d'étudier la relation entre la qualité du lait de tank et le niveau global de bien-être et non avec tel ou tel indicateur. Par conséquent, nous avons étudié l'impact de la combinaison des indicateurs (une note globale) sur la qualité du lait de tank des brebis (respect des normes en vigueur, soit dans la législation, soit dans la laiterie).

De plus, notre système de notation n'éliminant pas complètement les phénomènes de compensation, il est possible que le niveau global de bien-être apparaisse « bon », alors que certains indicateurs spécifiques – dont ceux associés à la qualité du lait – n'atteignent pas un niveau complètement satisfaisant. Aurions-nous obtenu un autre résultat avec un autre système de notation globale du bien-être des brebis ? Cela semble peu probable car aucun protocole d'évaluation du bien-être des ovins incluant un score global, n'exclut totalement les phénomènes de compensation entre indicateurs. Ainsi, peu importe la façon de noter le bien-être si un indicateur influençant la qualité du lait est peu maîtrisé et qu'il est compensé par une bonne maîtrise d'un autre indicateur n'influencant pas la qualité du lait, la note globale de BEA n'influencerait pas la qualité du lait. Ainsi, si compensations il y a avec notre protocole, le plus probable est que ces compensations se retrouvent avec les autres systèmes de notation globale décrits dans la littérature. Cependant, on trouve peu d'études publiées concernant notre problématique, il n'est donc pas facile de comparer nos résultats. Plusieurs études, dont celles d'Oltenu et Broom (2010) et de Coignard *et al.* (2014), réalisées chez les bovins laitiers, montrent que l'augmentation de la production laitière entraîne une diminution du bien-être global des vaches laitières. Cependant, ces études ne concernent pas la qualité du lait, ni les ovins laitiers. Les études qui s'intéressent à la qualité du lait et au bien-être, le font dans l'objectif d'utiliser la qualité du lait comme indicateur de bien-être chez les bovins laitiers et non dans l'objectif de montrer qu'un meilleur BEA entraîne une meilleure qualité du lait (Fusi *et al.*, 2018 ; Ginestreti *et al.*, 2020).

Il est également possible que nous n'ayons pas réussi à montrer une association entre le niveau global de bien-être des brebis et la qualité du lait de tank par manque de puissance statistique. Ceci est notamment vrai pour les spores butyriques, qui ont montré une tendance à dépasser le seuil de 700 spores/L plus fréquemment dans le groupe LOW. Dans notre échantillon, une faible proportion d'élevages a une mauvaise qualité du lait. C'est d'ailleurs pour cette raison que *Listeria spp* et *Listeria monocytogenes* ont été supprimées de l'étude. Il serait donc intéressant, à l'avenir, d'inclure un plus grand nombre d'élevages ayant une mauvaise qualité de lait, s'ils existent, dans une étude de type cas/témoins. Cela permettrait également d'inclure plus de paramètres dans les modèles multivariés, sans diminuer la précision de ces modèles (Desquilbet, 2022). Théoriquement, on pourrait également réaliser une enquête de type exposés/non exposés mais cela signifierait imposer un mauvais niveau de bien-être à certaines brebis laitières, ce qui n'est pas éthiquement envisageable. Nous avons cependant voulu nous rapprocher de cette théorie en comparant les meilleurs élevages aux moins bons en matière de bien-être des brebis laitières. C'est pourquoi nous avons choisi de comparer le quartile supérieur au quartile inférieur. De fait, le nombre d'élevages finalement inclus dans les modèles statistiques est moindre, ce qui a pu contribuer à diminuer la puissance statistique des tests.

Nous pouvons également envisager qu'il n'y ait pas d'association entre le niveau global de bien-être des brebis laitières et la qualité du lait. Par exemple, en ce qui concerne les salmonelles, Kousta *et al.* (2010) ont montré que la contamination du lait de tank par ces bactéries provient de l'environnement : la brebis excrète la bactérie dans les fèces qui peuvent se déposer sur la mamelle et la contamination du lait se produit lors de la traite. Or les brebis excrètent la bactérie même si elles sont porteuses saines. La présence de salmonelles dans le lait n'est donc pas liée au niveau

global de bien-être des brebis. Cependant, si la proportion de porteuses saines est élevée, le risque de contamination des jeunes qui sont plus susceptibles d'exprimer la maladie est plus important et pourrait poser un problème de bien-être sur ces animaux.

Notre étude montre une association statistique entre la qualité du lait, à travers les spores butyriques, et la saison. Ainsi, le taux de spores butyriques dépasse plus fréquemment le seuil en été. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Turchi *et al.* (2016) qui ont montré, qu'en Toscane, les taux de spores butyriques sont significativement plus importants en été. En Espagne, Garde *et al.* (2011) ont trouvé des résultats similaires avec des brebis Manchega. Cependant, ceci est contradictoire avec les connaissances que nous avons chez les bovins puisque les taux de spores butyriques sont plus élevés en hiver et sont corrélés à l'alimentation par ensilage (notamment de maïs), principale source de contamination du lait chez les bovins, comme le décrit Vissers *et al.* (2007a). Au vu de nos résultats et de ceux obtenus par Garde *et al.* (2011) et Turchi *et al.* (2016), il semblerait que la contamination du lait de brebis suive un schéma différent de celui des bovins. D'autres études sont nécessaires pour approfondir ce sujet puisque certains auteurs, comme Salmerón *et al.* (2002), ont identifié un taux de spores butyriques dans les laits de tank de brebis significativement plus élevé en hiver. Précisons tout de même que Salmerón *et al.* (2002), contrairement aux autres études, ne recherchaient que les spores de *Clostridium tyrobutyricum*, certaines souches, comme *C. butyricum* ou *C. beijerinckii*, n'ont donc pas été prises en compte et leurs résultats ne sont pas directement comparables.

Par ailleurs, nous n'avons pas observé d'association significative entre les autres paramètres de la qualité du lait inclus dans notre étude (salmonelles, CCT, coliformes et staphylocoques) et la saison. Si ces résultats sont cohérents avec ceux de Salmerón *et al.* (2002) qui n'objectivent pas d'association entre la saison et les coliformes, ils sont contradictoires avec les résultats obtenus par de Garnica *et al.* (2013b) : ils ont mis en évidence un effet saison pour les coliformes et les staphylocoques, leur taux étant significativement plus élevés en hiver. De même, Arias *et al.* (2012) ont montré que les CCT sont plus élevés en hiver. Cependant, le but de notre étude n'est pas d'étudier l'effet de la saison sur la qualité du lait, ce paramètre n'a été inclus dans le modèle que comme facteur de confusion ; l'étude n'est donc pas adaptée à prouver une association entre la qualité du lait et la saison.

Enfin, notre étude ne montre pas d'association significative entre la qualité du lait (salmonelles, CCT, coliformes, staphylocoques et spores butyriques) et l'effectif des brebis. Ces résultats sont similaires à ceux d'Alexopoulos *et al.* (2011) qui, en Grèce, n'ont pas trouvé d'association significative entre l'effectif du troupeau et le taux de coliformes ou de staphylocoques dans le lait de tank. Cependant, ces auteurs ont trouvé que l'effectif du troupeau influence significativement le CCT. De même, en Espagne, Gonzalo *et al.* (2019), ont trouvé que les CCT sont significativement plus faibles dans les troupeaux ayant plus de 500 brebis. Nos résultats diffèrent de ceux de Arias *et al.* (2013), qui ont montré une contamination du lait par les spores butyriques plus importante dans les élevages de plus de 1 500 brebis. Il faut souligner que les élevages de notre étude ne comprennent, au maximum, que 1 040 brebis. Cependant, comme expliqué pour la saison, notre but n'est pas d'étudier la relation entre la qualité du lait et l'effectif ainsi ce dernier n'a été inclus que comme facteur de confusion.

4. Conclusion de la troisième partie

Le but de cette étude est de rechercher un lien entre le niveau de bien-être des brebis laitières du bassin du Roquefort et la qualité du lait de tank. En effet, il existe un débat sur le lien entre le bien-être animal et la production : certains auteurs trouvent un lien et d'autres ne le retrouvent pas. La perspective de valorisation de ce travail est de formuler un argumentaire scientifique fondé, pour éclairer les éleveurs de la région sur ce lien entre BEA et qualité du lait. Si un tel lien était observé, ce serait un argument positif permettant de convaincre les éleveurs septiques de prendre mieux en compte le bien-être de leurs animaux et d'inciter ceux qui prennent déjà en compte le bien-être de leurs animaux, à poursuivre leurs efforts.

Cette étude est la première à aborder la question de l'impact du bien-être animal à l'échelle du troupeau sur la qualité de leur lait sous l'angle du bien-être global. Elle ne permet pas d'affirmer l'existence d'un lien entre le bien-être animal et la qualité de la production dans le bassin du Roquefort. Cependant, plusieurs limites de l'étude rendent impossible une conclusion définitive sur la question. En effet, il s'agit là d'une étude de terrain, réalisée dans une région où les élevages doivent respecter un cahier des charges précis et qui présentent une bonne maîtrise de la qualité du lait et une bonne maîtrise du bien-être animal. Ainsi, l'échantillon, bien que représentatif de la population, est composé d'élevages avec un niveau de maîtrise assez peu variable aussi bien en matière de qualité de lait que de bien-être animal. De plus, les effectifs des groupes extrêmes en matière de BEA, HIGH et LOW, sont insuffisants. On ne peut donc pas exclure que notre étude ait manqué de puissance, aussi bien en termes de variabilité qu'en termes d'effectifs dans les groupes. En particulier, on ne peut pas exclure que les spores butyriques soient associées statistiquement au niveau global de bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort. Par conséquent, de nouvelles études sur le même sujet mais intégrant une plus grande variabilité de maîtrise sont nécessaires avant de trancher la question du niveau global de bien-être et de son éventuel impact sur la qualité du lait de tank. Ce que l'on peut dire à l'issue de ce travail, c'est que, dans ce groupe d'élevages, il n'est pas recommandé d'utiliser le lien entre bien-être global des brebis laitières et qualité du lait de tank comme argument pour inciter les éleveurs à prendre en compte le BEA dans sa globalité, malgré l'existence de liens entre certains aspects du BEA et la qualité du lait. Il incite à considérer, outre le score global, les indicateurs individuellement.

Conclusion générale

Cette thèse comprend deux parties expérimentales différentes basées sur deux questions différentes. Premièrement, avec un comité de pilotage et des experts dans le domaine ovin, nous avons élaboré un système de notation globale du bien-être des brebis laitières de la région du Roquefort. La réflexion a été menée pour compléter le protocole EBBEL en intégrant un score de bien-être qui permette de comparer les élevages entre eux et à l'élevage idéal en termes de bien-être animal. Ce système de notation permettrait de communiquer positivement et d'inciter les éleveurs à améliorer le bien-être de leurs brebis sans les décourager. En effet, ce score montre la marge de progression d'un élevage par rapport à l'élevage idéalisé par les experts, plutôt qu'un déclassement. La méthodologie de ce travail a inclus une étape préalable qui a consisté à classer les 26 indicateurs du protocole EBBEL en trois catégories, selon l'importance accordée à l'indicateur. Cette importance prend en compte la validation scientifique de l'indicateur dans l'évaluation du bien-être des brebis ainsi que l'impact direct d'un défaut de l'indicateur sur l'animal. Finalement le système de notation proposé se fonde sur un système de points et de bonus/malus en deux axes. Appliqué à la base de données EBBEL, il révèle une bonne maîtrise du bien-être animal et une faible variabilité au sein de l'échantillon puisque que 84 % des élevages de l'échantillon sont dans la moitié supérieure des scores possibles. Ce système de notation ne permet cependant pas de juger d'un « bon » ou « mauvais » élevage en termes de bien-être. Si les acteurs de la filière le souhaitent des études complémentaires pourraient être menées afin de définir ce qu'est un élevage acceptable (non idéal) et un élevage non acceptable.

Deuxièmement, notre réflexion a porté sur l'impact du niveau global de bien-être des brebis laitières du bassin du Roquefort sur la qualité du lait de tank. Plusieurs paramètres sont pris en compte dans la qualité du lait, comme le taux de coliformes ou les CCT. Ces paramètres donnent lieu à des critères qui définissent la rémunération du lait à l'éleveur. Ainsi, meilleure est la qualité de lait, meilleure sera la rémunération par les laiteries. Si plusieurs études s'intéressent à l'impact de certains aspects du bien-être des brebis sur la qualité du lait, très peu concernent l'impact du niveau global de bien-être à l'échelle du troupeau sur la qualité du lait de tank dans les élevages de brebis laitières. Le but de ce travail est donc d'étudier cet impact, et c'est 74 élevages de la base de données EBBEL qui ont été inclus dans l'étude. Finalement, l'étude n'a pas permis de démontrer une corrélation entre le niveau global de bien-être des brebis laitières et la qualité du lait de tank ; elle ne permet donc pas de conclure avec certitude. En effet, on ne peut pas exclure l'existence de biais ou un défaut de puissance. Cette fragilité est fréquemment rencontrée dans des études de terrain. Par ailleurs, notre échantillon a montré que la qualité du lait de tank est plutôt bonne, il serait donc intéressant de réaliser une enquête de type cas/témoins pour recruter davantage d'élevages dont la qualité du lait serait médiocre. Ceci permettrait d'inclure plus de variables dans les modèles multivariés et donc de mieux prendre en compte les éventuels facteurs de confusion.

Enfin, nos résultats ne plaident pas pour l'utilisation du lien entre le niveau global de bien-être des brebis laitières et la qualité de la production laitière comme argument pour inciter les éleveurs de la région du Roquefort à prendre en compte globalement le bien-être animal dans leurs pratiques d'élevage.

Liste des références bibliographiques

- AFSSA (2008) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur un projet d'arrêté relatif aux conditions de production et de mise sur le marché de lait cru et de la crème crue de bufflonnes, de petits ruminants et de solipèdes domestiques destinés à la consommation humaine. *In Anses*. [<https://www.anses.fr/fr/system/files/MIC2007sa0160.pdf>] (consulté le 19/09/2021)
- ALBA D.F., DA ROSA G., HANAUER D., *et al.* (2019) Subclinical mastitis in Lacaune sheep: Causative agents, impacts on milk production, milk quality, oxidative profiles and treatment efficacy of ceftiofur. *Microbial Pathogenesis* vol. 137, p.e103732. [<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103732>]
- ALBENZIO M., TAIBI L., MUSCIO A., SEVI A. (2002) Prevalence and etiology of subclinical mastitis in intensively managed flocks and related changes in the yield and quality of ewe milk. *Small Ruminant Research* vol.43, n°3, p.219-226. [[https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00022-6)]
- ALBENZIO M., SANTILLO A., CAROPRESE M., *et al.* (2011) Composition, indigenous proteolytic enzymes and coagulating behaviour of ewe milk as affected by somatic cell count. *Journal of Dairy Research* vol.78, n°4, p.442-447. [<https://doi.org/10.1017/S0022029911000525>]
- ALBENZIO M., SANTILLO A., CAROPRESE M., *et al.* (2012) Immune competence of the mammary gland as affected by somatic cell and pathogenic bacteria in ewes with subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science* vol.95, n°7, p.3877-3887. [<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5357>]
- ALBENZIO M., FIGLIOLA L., CAROPRESE M., *et al.* (2019) Somatic cell count in sheep milk. *Small Ruminant Research* vol.176, p.24-30. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.013>]
- ALEXOPOULOS A., TZATZIMAKIS G., BEZIRTZOGLU E., *et al.* (2011) Microbiological quality and related factors of sheep milk produced in farms of NE Greece. *Anaerobe, Cruising in the Amazing World of Microbial Ecosystems* vol.17, n°6, p.276-279. [<https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.03.011>]
- AMES D.R., NELLOR J.E., ADAMS T. (1971) Energy Balance during Heat Stress in Sheep. *Journal of Animal Science* vol.32, n°4, p.784-788. [<https://doi.org/10.2527/jas1971.324784x>]
- ANDREW S.M., ERDMAN R.A., WALDO D.R. (1995) Prediction of Body Composition of Dairy Cows at Three Physiological Stages from Deuterium Oxide and Urea Dilution. *Journal of Dairy Science* vol.78, n°5, p.1083-1095. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76725-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76725-X)]
- ANGELL J.W., DUNCAN J.S., CARTER S.D., GROVE-WHITE D.H. (2014) Farmer reported prevalence and factors associated with contagious ovine digital dermatitis in Wales: A questionnaire of 511 sheep farmers. *Preventive Veterinary Medicine* vol.113, n°1, p.132-138. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.09.014>]
- ANGELL J.W., CRIPPS P.J., GROVE-WHITE D.H., DUNCAN J.S. (2015) A practical tool for locomotion scoring in sheep: reliability when used by veterinary surgeons and sheep farmers. *Veterinary Records* vol.176, n°20, p.521 [<https://doi.org/10.1136/vr.102882>]
- ANSES (2010) État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage. *In Anses*. [<https://www.anses.fr/fr/system/files/ALAN2008sa0162Ra.pdf>] (consulté le 08/03/2022)
- 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. *In Anses*. [<https://eurl-staphiloccoci.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2019SA0033.pdf>] (consulté le 20/05/2022)
- ARIAS C., OLIE TE B., PÉREZ-GUZMÁN M.D., ARIAS R. (2010) Current situation of the butyric contamination of bulk tank milk of Manchega dairy flocks. *In Congreso de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), Valladolid, Espagne, 22-24 septembre. Valladolid, SEOC, p.56-60.*

- ARIAS R., OLIVETE B., RAMÓN M., *et al.* (2012) Long-term study of environmental effects on test-day somatic cell count and milk yield in Manchega sheep. *Small Ruminant Research* vol.106, n°2, p.92-97. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.03.019>]
- ARIAS C., OLIVETE B., SESEÑA S., *et al.* (2013a) Importance of on-farm management practices on lactate-fermenting *Clostridium* spp. spore contamination of Manchega ewe milk: Determination of risk factors and characterization of *Clostridium* population. *Small Ruminant Research* vol.111, n°1, p.120-128. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.11.030>]
- ARIAS C., OLIVETE B., RAMON M., *et al.* (2013b) Risk factors that lead to an increase the level of butyric contamination milk tank. In *Congreso Nacional y Internacional de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia (SEOC), Málaga, España, 18-20 septembre*. Málaga, SEOC, p.364-371.
- AVERÓS X., LOREA A., DE HEREDIA I.B., *et al.* (2014) The behaviour of gestating dairy ewes under different space allowances. *Applied Animal Behaviour Science* vol.150, p.17-26. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.11.002>]
- AWIN (2015) AWIN welfare assessment protocol for sheep. In *IRIS-AIR Università degli Studi di Milano*. [https://www.doi.org/10.13130/AWIN_sheep_2015] (consulté le 16/11/2020).
- BALIC A., BOWLES V.M., MEEUSEN E.N.T. (2000) The immunobiology of gastrointestinal nematode infections in ruminants. In ROLLINSON D., STOTHARD R., *Advances in Parasitology*. Londres, Academic Press, p.181-241. [[https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(00\)45005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(00)45005-0)]
- BARTUSSEK H., LEEB C., HELD S. (2000) Animal Needs Index for cattle ANI 35 L/2000 - cattle. Irdning, Federal Research Institute for Agriculture in Alpine Regions.
- BAUSSIÉ M. (2021) La Science face à la conscience... animale: Évolution et amélioration du bien-être animal. Paris, Book e-Book.
- BEASLEY A.M., KAHN L.P., WINDON R.G. (2010) The periparturient relaxation of immunity in Merino ewes infected with *Trichostrongylus colubriformis*: Parasitological and immunological responses. *Veterinary Parasitology* vol.168, n°1, p.60-70. [<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.08.028>]
- BENDER R., LANGE S. (2001) Adjusting for multiple testing—when and how? *Journal of Clinical Epidemiology* vol.54, n°4, p.343-349. [[https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(00\)00314-0](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(00)00314-0)]
- BENNETT R., KEHLBACHER A., BALCOMBE K. (2012) A method for the economic valuation of animal welfare benefits using a single welfare score. *Animal Welfare* vol.21, n°1, p.125-130. [<https://doi.org/10.7120/096272812X13345905674006>]
- BENTHAM J. (1781) *An Introduction to the Principles of Morals and Legislation*. Kitchener, Batoche Books.
- BERGONIER D., DE CRÉMOUX R., RUPP R., LAGRIFFOUL G., BERTHELOT X. (2003) Mastitis of dairy small ruminants. *Veterinary Research* vol.34, n°5, p.689-716. [<https://doi.org/10.1051/vetres:2003030>]
- BERGONIER D., BERTHELOT X. (2003) New advances in epizootiology and control of ewe mastitis. *Livestock Production Science* vol.79, n°1, p.1-16. [[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00145-8](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00145-8)]
- BERTHELOT X., LAGRIFFOUL G., CONCORDET D., BARILLET F., BERGONIER D. (2006) Physiological and pathological thresholds of somatic cell counts in ewe milk. *Small Ruminant Research* vol.62, n°1, p.27-31. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.07.047>]
- BERTRANDIAS L., CAZES-VALETTE G., GURVIEZ P. (2021) La préoccupation du bien-être animal, quels effets sur la consommation de viande? *Decisions Marketing* vol.103, n°3, p.83-105.
- BINNS S.H., COX I.J., RIZVI S., GREEN L.E. (2002) Risk factors for lamb mortality on UK sheep farms. *Preventive Veterinary Medicine* vol.52, n°3, p.287-303. [[https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(01\)00255-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(01)00255-0)]
- BIRCH J., SCHNELL A.K., CLAYTON N.S. (2020) Dimensions of Animal Consciousness. *Trends in Cognitive Sciences* vol.24, n°10, p.789-801. [<https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.07.007>]
- BISDORFF B., MILNES A., WALL R. (2006) Prevalence and regional distribution of scab, lice and blowfly strike in Great Britain. *Veterinary Record* vol.158, n°22, p.749-752. [<https://doi.org/10.1136/vr.158.22.749>]

- BLOCHER J.C., BUSTA F.F. (1983) Bacterial spore resistance to acid. *In Bacterial Spore Resistance in Food Systems, Nouvelle-Orléans, Louisiane, 19-22 juin*. Chicago, Institute of Food Technologists, p.87-99.
- BØE K.E., BERG S., ANDERSEN I.L. (2006) Resting behaviour and displacements in ewes—effects of reduced lying space and pen shape. *Applied Animal Behaviour Science* vol.98, n°3, p.249-259. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.10.001>]
- BOISSY A. (2021) Le bien-être des animaux d'élevage : Évaluer le bien-être animal. Versailles, Quae.
- BOULOUIS H.J. (2018) Bactériologie Systématique. Polycopié. Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique d'Infectiologie clinique
- BRÄNDLE J., DOMIG K.J., KNEIFEL W. (2016) Relevance and analysis of butyric acid producing clostridia in milk and cheese. *Food Control* vol.67, p.96-113. [<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.038>]
- BRISABOIS A., LAFARGE V., BROUILLAUD A., *et al.* (1997) Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers : situation en France et en Europe. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)* vol.16, n°1, p.452-471.
- BROOM D.M. (1986) Indicators of poor welfare. *British veterinary journal* vol.142, n°6, p.524-526.
- BROUGHAN J.M., WALL R. (2007) Faecal soiling and gastrointestinal helminth infection in lambs. *International Journal for Parasitology* vol.37, n°11, p.1255-1268. [<https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2007.03.009>]
- BROWN K.L. (2000) Control of bacterial spores. *British Medical Bulletin* vol.56, n°1, p.158-171. [<https://doi.org/10.1258/0007142001902860>]
- BRUGÈRE-PICOUX J. (2004) Maladies des moutons, 2^e éd. Paris, France Agricole Editions.
- BUSIN V. (2018) What's new (and not so new) about sheep scab. *Livestock* vol.23, n°4, p.195-198. [<https://doi.org/10.12968/live.2018.23.4.195>]
- CALDEIRA R.M., BELO A.T., SANTOS C.C., VAZQUES M.I., PORTUGAL A.V. (2007) The effect of body condition score on blood metabolites and hormonal profiles in ewes. *Small Ruminant Research* vol.68, n°3, p.233-241. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.027>]
- CAROPRESE M. (2008) Sheep housing and welfare. *Small Ruminant Research, Special Issue: Current Issues in Sheep Health and Welfare* vol.76, n°1, p.21-25. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.12.015>]
- CAROPRESE M., CASAMASSIMA D., RASSU S.P.G., NAPOLITANO F., SEVI A. (2009a) Monitoring the on-farm welfare of sheep and goats. *Italian Journal of Animal Science* vol.8, n°sup1, p.343-354. [<https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s1.343>]
- CAROPRESE M., ANNICCHIARICO G., SCHENA L., *et al.* (2009b) Influence of space allowance and housing conditions on the welfare, immune response and production performance of dairy ewes. *Journal of Dairy Research* vol.76, n°1, p.66-73. [<https://doi.org/10.1017/S0022029908003683>]
- CAROPRESE M., ALBENZIO M., BRUNO A., *et al.* (2012) Effects of shade and flaxseed supplementation on the welfare of lactating ewes under high ambient temperatures. *Small Ruminant Research* vol.102, n°2, p.177-185. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.07.010>]
- CAROPRESE M., NAPOLITANO F., MATTIELLO S., *et al.* (2016) On-farm welfare monitoring of small ruminants. *Small Ruminant Research* vol.135, p.20-25. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.010>]
- CASAMASSIMA D., SEVI A., PALAZZO M., *et al.* (2001) Effects of two different housing systems on behavior, physiology and milk yield of Comisana ewes. *Small Ruminant Research* vol.41, 2, p.151-161. [[https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00201-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00201-2)]
- CASAMASSIMA D., VIZZARRI F., NARDOIA M., PALAZZO M. (2016) The effect of water-restriction on various physiological variables in intensively reared Lacaune ewes. *Veterinari Medicina* vol.61, n°11, p.623-634. [<https://doi.org/10.17221/144/2015-VETMED>]
- CASAMASSIMA D., PALAZZO M., NARDOIA M., D'ALESSANDRO A.G., VIZZARRI F. (2018) Effect of water restriction on milk yield and quality in Lacaune breed ewes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* vol.102, n°2, p.677-685. [<https://doi.org/10.1111/jpn.12811>]

- CASSIN B., LABARRIÈRE J.-L., DHERBEY G.R. (1997) L'animal dans l'Antiquité. Paris, J. Vrin.
- CERF O. (2002) Risques bactériens liés aux produits laitiers. *Revue Française des Laboratoires* vol.2002, n°348, p.67-69. [[https://doi.org/10.1016/S0338-9898\(02\)80310-9](https://doi.org/10.1016/S0338-9898(02)80310-9)]
- CHAUBEAU-DUFFOUR C. (1992) Toxi-infections alimentaires d'origine staphylococcique. *Le Point vétérinaire : revue d'enseignement post-universitaire et de formation permanente* vol.24, n°148, p.33-40.
- CHEDID M., JABER L.S., GIGER-REVERDIN S., DUVAUX-PONTER C., HAMADEH S.K. (2014) Review: Water stress in sheep raised under arid conditions. *Canadian Journal of Animal Science* vol.94, n°2, p.243-257. [<https://doi.org/10.4141/cjas2013-18>]
- CHRISTLEY R.M., MORGAN K.L., PARKIN T.D.H., FRENCH N.P. (2003) Factors related to the risk of neonatal mortality, birth-weight and serum immunoglobulin concentration in lambs in the UK. *Preventive Veterinary Medicine* vol.57, n°4, p.209-226. [[https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(02\)00235-0](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(02)00235-0)]
- CNIEL (2016) Définition du terme « Qualité du lait » utilisé dans la filière laitière. *In Dico du lait*. [<http://dico-du-lait.fr/q/qualite-du-lait/>] (consulté le 31/07/2022).
- CODE CIVIL (2015) Article 515-14. *In Légifrance*. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000030250342/] (consulté le 07/07/2022).
- CODE RURAL (1976) Article L214-1. *In Légifrance*. [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000022200245/] (consulté le 03/04/2022).
- COIGNARD M., GUATTEO R., VEISSIER I., *et al.* (2014) Does milk yield reflect the level of welfare in dairy herds? *The Veterinary Journal* vol.199, n°1, p.184-187. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.10.011>]
- COMMISSION EUROPÉENNE (2005) Règlement (CE) No 2073/2005 de la Commission du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires. *In EUR-Lex*. [<http://data.europa.eu/eli/reg/2005/2073/oj>] (consulté le 25/08/2021).
- CONINGTON J., COLLINS J., DWYER C. (2010) Selection for easier managed sheep. *Animal Welfare* vol.19, n°2, p.83-92.
- CONSEIL EUROPÉEN (1998) Directive 98/58/CE du Conseil du 20 juillet 1998 concernant la protection des animaux dans les élevages. *In EUR-lex*. [<http://data.europa.eu/eli/dir/1998/58/oj>] (consulté le 24/03/2022).
- CONSEIL EUROPÉEN (2007) Règlement (CE) No 834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) no 2092/91. *In EUR-Lex*. [<http://data.europa.eu/eli/reg/2007/834/oj>] (consulté le 16/03/2022).
- CORBIÈRE F., SAGOT L., GAUTIER J.-M. (2013) Mortalité des agneaux : résultats d'enquêtes en élevages allaitants du Massif Central. *In Journée Nationales des GTV, Nantes, 15-17 mai*. Paris, SNGTV, p.263-268.
- COURBOULAY V., MEUNIER-SALAÜN M.-C., DUBOIS A., CAILLE M.-E., MICHEL V. (2012) Les outils d'évaluation et de gestion du bien-être en élevage : quelles démarches pour quels objectifs ? *In 44e Journée de la recherche Porcine, Paris, 7-8 février*. Paris, IFIP-Institut du Porc, p.253-260.
- D'AMICO D.J., DONNELLY C.W. (2010) Microbiological quality of raw milk used for small-scale artisan cheese production in Vermont: Effect of farm characteristics and practices. *Journal of Dairy Science* vol.93, n°1, p.134-147. [<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2426>]
- DAVIDSON B.S., CHAPLIN S.J., LAIRD C. (2006) Effect of fibre supplementation on dag formation and flystrike in sheep grazing spring pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture* vol.46, n°7, p.783-786. [<https://doi.org/10.1071/EA05353>]
- DAVIES W.M., HOBSON R.P. (1935) Sheep Blowfly Investigations: I : The relationship of humidity to blowfly attack. *Annals of Applied Biology* vol.22, n°2, p.279-293. [<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1935.tb07163.x>]
- DAWKINS M.S. (1983) La souffrance animale ou l'étude objective du bien-être animal. Maisons-Alfort, Éditions du Point Vétérinaire, p. 282-288.

- DE BOYER DES ROCHES A. (2021) Le bien-être des animaux d'élevage : Comprendre le bien-être animal. Versailles, Quae.
- DE CREMOUX R., LAGRIFFOUL G., ALLAIN C., *et al.* (2018) MAMOVICAP -Vers des outils innovants d'intervention et d'aide à la décision pour la maîtrise des mammites en élevage de petits ruminants laitiers. *Innovations Agronomiques* vol.63, p.99-114.
- DE GARNICA M. L., LINAGE B., CARRIEDO J.A., *et al.* (2013a) Relationship among specific bacterial counts and total bacterial and somatic cell counts and factors influencing their variation in ovine bulk tank milk. *Journal of Dairy Science* vol.96, n°2, p.1021-1029. [<https://doi.org/10.3168/jds.2012-5915>]
- DE GARNICA M. Luisa, LINAGE B., CARRIEDO J.A., SANTOS J.A., GONZALO C. (2013b) Staphylococcus aureus and Escherichia coli prevalence in ovine bulk tank milk. *Small Ruminant Research* vol.115, n°1, p.108-112. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.09.001>]
- DE LA FUENTE R., DE LAS HERAS M., TORRIJOS C., *et al.* (2017) Short communication: Isolation frequency of bacteria causing lymphadenitis and abscesses in small ruminants in central Spain. *Small Ruminant Research* vol.154, p.5-8. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.06.022>]
- DE LAS HERAS M., ORTÍN A., COUSENS C., MINGUIJÓN E., SHARP J.M. (2003) Enzootic nasal adenocarcinoma of sheep and goats. *Current Topics in Microbiology and Immunology* vol.275, p.201-223. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-55638-8_8]
- DELMAS G., JOURDAN DA SILVA N., PIHIER N., *et al.* (2010) Les toxi-infections alimentaires collectives en France entre 2006 et 2008. *Bulletin Épidémiologique Hebdomadaire* vol.31-32, p.344-348.
- DESCARTES R. (1637) Cinquième partie : Ordre des questions de physique. *In Discours de la méthode*. [lycee-descartes.ac.ma/medias/rentree2021/Descartes_R_Discours_de_la_methode.pdf] (consulté le 11/05/2022)
- DESQUILBET L. (2022) Épidémiologie clinique. Polycopié. Maisons-Alfort, École nationale vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique de Communication professionnelle, scientifique et interpersonnelle
- DESTREZ A., COULON M., DEISS V., *et al.* (2013) The valence of the long-lasting emotional experiences with various handlers modulates discrimination and generalization of individual humans in sheep. *Journal of Animal Science* vol.91, n°11, p.5418-5426. [<https://doi.org/10.2527/jas.2012-5654>]
- DE VALK H., SILVA N.J.-D., KING L., *et al.* (2012) Les infections d'origine alimentaire en France. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine* vol.196, n°8, p.1645-1657. [[https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)31690-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)31690-5)]
- DGAL (2014) Note de service. *In Bulletin officiel du MASA*. [<https://info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2014-599>] (consulté le 24/07/2021).
- DIAZ-LUNDAHL S., HELLESTVEIT S., STUBSJØEN S.M., *et al.* (2019) Intra- and Inter-Observer Reliability of Qualitative Behaviour Assessments of Housed Sheep in Norway. *Animals* vol.9, n°8, p.569-583. [<https://doi.org/10.3390/ani9080569>]
- DOCKES A.C., KLING-EVEILLARD F., JACQUINOT M., BECHE J.M. (2007) Consumers and cattle farmers face the issue of animal welfare. *In 14^{es} Rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris, 5-6 décembre*. Paris, INRA, p.285-292.
- DOLAN S., FIELD L.C., NOLAN A.M. (2000) The role of nitric oxide and prostaglandin signaling pathways in spinal nociceptive processing in chronic inflammation. *Pain* vol.86, n°3, p.311-320. [[https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(00\)00262-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(00)00262-1)]
- DOYLE C.J., GLEESON D., JORDAN K., *et al.* (2015) Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products. *International Journal of Food Microbiology* vol.197, p.77-87. [<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.12.022>]
- DWYER C.M. (2003) Behavioural development in the neonatal lamb: effect of maternal and birth-related factors. *Theriogenology* vol.59, n°3, p.1027-1050. [[https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(02\)01137-8](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(02)01137-8)]

- EFSA (2014) Scientific Opinion on the welfare risks related to the farming of sheep for wool, meat and milk production. *EFSA Journal* vol.12, n°12. [<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3933>]
- EFSA (2018) The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSA Journal* vol.16, n°12, p.e05500. [<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5500>]
- ESTEVEZ I., ANDERSEN I.-L., NÆVDAL E. (2007) Group size, density and social dynamics in farm animals. *Applied Animal Behaviour Science* vol.103, n°3, p.185-204. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.025>]
- EVERETT-HINCKS J.M., LOPEZ-VILLALOBOS N., BLAIR H.T., STAFFORD K.J. (2005) The effect of ewe maternal behaviour score on lamb and litter survival. *Livestock Production Science, Genetics and Behaviour* vol.93, n°1, p.51-61. [<https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.11.006>]
- EYAL E. (1963) Shorn and unshorn Awassi sheep IV. Skin temperature and changes in temperature and humidity in the fleece and its surface. *The Journal of Agricultural Science* vol.60, n°2, p.183-193. [<https://doi.org/10.1017/S0021859600011448>]
- FAO (2020) Statistiques. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. [<https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>] (consulté le 31/07/2022).
- FAWC (2009) Farm Animal Welfare in Great Britain: Past, Present and Future. London, Farm Animal Welfare Council.
- FERGUSON D., LEE C., FISHER A. (2017) *Advances in Sheep Welfare*. Duxford, Woodhead Publishing.
- FIESELER H., WECK R., KAISER M., *et al.* (2018) Detection and assessment of acute and chronic pain in Meat Merino ewes using ethological parameters. *Tierärztliche Praxis* vol.46, n°4, p.229-240. [<https://doi.org/10.15653/tpg-180029>]
- FINOCCHIARO R., VAN KAAM J.B.C.H.M., PORTOLANO B., MISZTAL I. (2005) Effect of Heat Stress on Production of Mediterranean Dairy Sheep. *Journal of Dairy Science* vol.88, n°5, p.1855-1864. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72860-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72860-5)]
- FISHER M.W. (2007) Shelter and welfare of pastoral animals in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* vol.50, n°3, p.347-359. [<https://doi.org/10.1080/00288230709510303>]
- FLEMING P.A., CLARKE T., WICKHAM S.L., *et al.* (2016) The contribution of qualitative behavioural assessment to appraisal of livestock welfare. *Animal Production Science* vol.56, n°10, p.1569-1578. [<https://doi.org/10.1071/an15101>]
- FLINN T., KLEEMANN D.O., SWINBOURNE A.M., *et al.* (2020) Neonatal lamb mortality: major risk factors and the potential ameliorative role of melatonin. *Journal of Animal Science and Biotechnology* vol.11, n°1, p107-118. [<https://doi.org/10.1186/s40104-020-00510-w>]
- FONTAINE M.C., BAIRD G.J. (2008) Caseous lymphadenitis. *Small Ruminant Research* vol.76, n°1, p.42-48. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.12.025>]
- FOSTER A.P. (2012) Staphylococcal skin disease in livestock. *Veterinary Dermatology* vol.23, n°4, p.342-351. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-3164.2012.01093.x>]
- FRAGKOU I.A., GOUGOULIS D.A., BILLINIS C., *et al.* (2011) Transmission of Mannheimia haemolytica from the tonsils of lambs to the teat of ewes during suckling. *Veterinary Microbiology* vol.148, n°1, p.66-74. [<https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2010.08.008>]
- FRASER A.F. (1983) The behaviour of maintenance and the intensive husbandry of cattle, sheep and pigs. *Agriculture, Ecosystems & Environment* vol.9, n°1, p.1-23. [[https://doi.org/10.1016/0167-8809\(83\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0167-8809(83)90002-6)]
- FRASER D. (1995) Science, Values and Animal Welfare: Exploring the 'Inextricable Connection'. *Animal Welfare Collection* vol.4, n°2, p103-117.
- FRASER D. (2008) Understanding animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica* vol.50, n°1, S1. [<https://doi.org/10.1186/1751-0147-50-S1-S1>]
- FRENCH N.P., WALL R., MORGAN K.L. (1995) The seasonal pattern of sheep blowfly strike in England and Wales. *Medical and Veterinary Entomology* vol.9, n°1, p.1-8. [<https://doi.org/10.1111/j.1365-2915.1995.tb00110.x>]

- FRENCH N.P., BERRIATUA E., KAYA G., MORGAN K.L. (1998) Case control study of diarrhoea and faecal soiling in two to six-month-old lambs. *Veterinary Record* vol.143, n°15, p.408-412. [https://doi.org/10.1136/vr.143.15.408]
- FRIKER B., MORACH M., PÜNTENER S., *et al.* (2020) Assessing the microbiological quality of raw goats' and ewes' tank milk samples in Switzerland. *International Dairy Journal* vol.102, p.104609. [https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.104609]
- FUENTE R.D.L., SUAREZ G. (1985) Respiratory Deficient Staphylococcus aureus as the Aetiological Agent of "Abscess Disease". *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe B* vol.32, n°1-10, p397-406. [https://doi.org/10.1111/j.1439-0450.1985.tb01977.x]
- FUSI F., GINESTRETI J., LORENZI V., *et al.* (2018) Mass milk quality: remote indicator of dairy cattle welfare level. *In Congresso Nazionale SIDiLV, Pérouse, 7-9 Novembre*. Parme SIDiLV, p.284-287.
- GARCIA E., DE PAZ M., RODRIGUEZ J.L., *et al.* (1996) Exogenous Sources of Listeria Contamination in Raw Ewe's Milk. *Journal of Food Protection* vol.59, n°9, p.950-954. [https://doi.org/10.4315/0362-028X-59.9.950]
- GARDE S., ARIAS R., GAYA P., NUÑEZ M. (2011) Occurrence of Clostridium spp. in ovine milk and Manchego cheese with late blowing defect: Identification and characterization of isolates. *International Dairy Journal* vol.21, n°4, p.272-278. [https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.11.003]
- GAUTIER J.-M., CORBIERE F. (2011) La mortalité des agneaux : état des connaissances. *In 18^{es} Rencontres Recherches Ruminants (3 R), Paris, 7-8 décembre*. Toulouse, INRA, p.265-262.
- GAYA P., MEDINA M., NUÑEZ M. (1987) Enterobacteriaceae, coliforms, faecal coliforms and salmonellas in raw ewes' milk. *Journal of Applied Bacteriology* vol.62, n°4, p.321-326. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1987.tb04927.x]
- GELASAKIS A., ARSENOS G., VALERGAKIS G.E., BANOS G. (2015) Association of lameness with milk yield and lactation curves in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Research* vol.82, n°2, p.193-199. [https://doi.org/10.1017/S0022029915000059]
- GELASAKIS A.I., OIKONOMOU G., BICALHO R.C., *et al.* (2017) Clinical characteristics of lameness and potential risk factors in intensive and semi-intensive dairy sheep flocks in Greece. *Journal of the Hellenic Veterinary Medicine Society* vol.64, n°2, p.123-130. [https://doi.org/10.12681/jhvms.15485]
- GELASAKIS A.I., KALOGIANNI A.I., BOSSIS I. (2019) Aetiology, Risk Factors, Diagnosis and Control of Foot-Related Lameness in Dairy Sheep. *Animals (Basel)* vol.9, n°8, p.509-526. [https://doi.org/10.3390/ani9080509]
- GHASSEMI NEJAD J., SUNG K.-I. (2017) Behavioral and physiological changes during heat stress in Corriedale ewes exposed to water deprivation. *Journal of Animal Science and Technology* vol.59, n°1, p.13-19. [https://doi.org/10.1186/s40781-017-0140-x]
- GINESTRETI J., STRANO R.M., LORENZI V., *et al.* (2020) Bulk tank milk quality data is unlikely to give useful information about dairy cow welfare at herd level. *Journal of Dairy Research* vol.87, n°2, p.208-211. [https://doi.org/10.1017/S0022029920000187]
- GIRAULT J.-P., DE CHÉNERILLES F., TURBEAUX S. (2016) Guide abreuvement. *In Herbe et fourrages Centre*. [https://www.herbe-fourrages-centre.fr/fileadmin/user_upload/Centre-Val-de-Loire/155_Eve-Herbe-et-fourrages-centre/Programme/Fichiers/Publications/2-Guides_techniques/Guide_abreuvement_HDbasedef.pdf] (consulté le 08/03/2022)
- GOMBAS D.E. (1983) Bacterial spore resistance to heat. *Food Technology* vol.37, n°11, p.105-110.
- GONZALES-BARRON U., GONÇALVES-TENÓRIO A., RODRIGUES V., CADAVEZ V. (2017) Foodborne pathogens in raw milk and cheese of sheep and goat origin: a meta-analysis approach. *Current Opinion in Food Science* vol.18, p.7-13. [https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.10.002]
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ M.C., GONZALO C., SAN PRIMITIVO F., CÁRMENES P. (1995) Relationship between somatic cell count and intramammary infection of the half udder in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* vol.78, n°12, p.2753-2759. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76906-5]

- GONZALO C., CARRIEDO J.A., BARO J.A., SAN PRIMITIVO F. (1994) Factors influencing variation of test day milk yield, somatic cell count, fat, and protein in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* vol.77, n°6, p.1537-1542. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77094-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77094-6)]
- GONZALO C., ARIZNABARRETA A., CARRIEDO J.A., SAN PRIMITIVO F. (2002) Mammary pathogens and their relationship to somatic cell count and milk yield losses in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* vol.85, n°6, p.1460-1467. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74214-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74214-8)]
- GONZALO C., CARRIEDO J.A., BLANCO M.A., *et al.* (2005) Factors of variation influencing bulk tank somatic cell count in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* vol.88, n°3, p.969-974. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72764-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72764-8)]
- GONZALO C., LINAGE B., CARRIEDO J.A., *et al.* (2009) Short communication: effect of dry therapy using an intramammary infusion on bulk tank somatic cell count in sheep. *Journal of Dairy Science* vol.92, n°1, p.156-159. [<https://doi.org/10.3168/jds.2008-1403>]
- GONZALO C., CARRIEDO J.A., GARCÍA-JIMENO M.C., PÉREZ-BILBAO M., DE LA FUENTE L.F. (2010) Factors influencing variation of bulk milk antibiotic residue occurrence, somatic cell count, and total bacterial count in dairy sheep flocks. *Journal of Dairy Science* vol.93, n°4, p.1587-1595. [<https://doi.org/10.3168/jds.2009-2838>]
- GONZALO C., JUÁREZ M.T., GARCÍA-JIMENO M.C., DE LA FUENTE L.F. (2019) Bulk tank somatic cell count and total bacterial count are affected by target practices and milking machine features in dairy sheep flocks in Castilla y León region, Spain. *Small Ruminant Research* vol.178, p.22-29. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.07.007>]
- GUILBOT F., CARRABIN P., CROCIANI J., DUFOUR C. (2012) Salmonella : Données françaises et européennes sur les produits alimentaires. *Industries Alimentaires et Agricoles* vol.3, n°4, p.30-39.
- HAMADEH S.K., RAWDA N., JABER L.S., *et al.* (2006) Physiological responses to water restriction in dry and lactating Awassi ewes. *Livestock Science* vol.101, n°1, p.101-109. [<https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.09.016>]
- HARGIS A.M., MYERS S. (2017) The Integument. In J.F. Zachary, *Pathologic Basis of Veterinary Disease*, 6^e éd. St. Louis, Elsevier, p.1009- 1146.
- HART L., HAYSTON J.T., KEAST J.C. (1949) Observations on Contagious Pustular Dermatitis of Sheep. *Australian Veterinary Journal* vol.25, n°3, p.40-45. [<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1949.tb01593.x>]
- HAYMAN R.H. (1953) Studies in fleece-rot of sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* vol.4, n°4, p.430-463. [<https://doi.org/10.1071/AR9530430>]
- HEMPSTEAD M.N., STILWELL G., PLUMMER P.J. (2019) Overview of indicators to assess on-farm welfare of sheep and goats. *American Association of Bovine Practitioners Proceedings of the Annual Conference* vol.52, n°2, p.182-186. [<https://doi.org/10.21423/aabppro20197133>]
- HOLMØY I.H., KIELLAND C., MARIE STUBSJØEN S., HEKTOEN L., WAAGE S. (2012) Housing conditions and management practices associated with neonatal lamb mortality in sheep flocks in Norway. *Preventive Veterinary Medicine* vol.107, n°3, p.231-241. [<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2012.06.007>]
- HOLMØY I.H., WAAGE S., GRANQUIST E.G., *et al.* (2017) Early neonatal lamb mortality: postmortem findings. *Animal* vol.11, n°2, p.295-305. [<https://doi.org/10.1017/S175173111600152X>]
- HOLTER J.B., URBAN W.E. (1992) Water Partitioning and Intake Prediction in Dry and Lactating Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* vol.75, n°6, p.1472-1479. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77904-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77904-1)]
- HUANG C.Y., TAKEDA K.I. (2015) The wool-biting behaviour of sheep: a short review. *Animal Behaviour and Management* vol.51, n°2, p.65-72. [https://doi.org/10.20652/abm.51.2_65]
- HUFFMAN E.M., KIRK J.H., PAPPALANOU M. (1985) Factors associated with neonatal lamb mortality. *Theriogenology* vol.24, n°2, p.163-171. [[https://doi.org/10.1016/0093-691X\(85\)90180-3](https://doi.org/10.1016/0093-691X(85)90180-3)]
- IDELE (2011) Salmonelles dans un produit laitier fermier. In *Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F2b4d0]

b54-6011-4dc8-807e-14325793abfb&cHash=f3062587a758af8578d3a55ac594410b]
(consulté le 15/03/2022)

- IDELE (2012) Glossaire des termes utilisés dans l'approche nationale « Coûts de production ». In *Institut de l'élevage*. [https://www.idele.fr/fileadmin/medias/Documents/Glossaire_methode_CP.pdf] (consulté le 23/03/2022).
- IDELE (2015) BIENE : protocole d'évaluation du bien-être des brebis en condition de pâturage hivernal, test en exploitations d'élevage 2^e année. In *Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/17bc0ddf-37b0-4928-bc5b-a96d41f21db2] (consulté le 15/11/2020).
- IDELE (2021) Les chiffres clés du GEB - Ovins 2021 : Productions lait et viande. In *institut de l'élevage*. [https://idele.fr/detail-article/les-chiffres-cles-du-geb-ovins-2021] (consulté le 25/03/2022).
- INAO (2022) Cahier des charges de l'appellation d'origine protégée « Roquefort ». In *Institut national de l'Origine et de la Qualité*. [https://www.inao.gouv.fr/produit/3291] (consulté le 21/04/2022)
- JABER L.S., HABRE A., RAWDA N., et al. (2004) The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. *Small Ruminant Research* vol.54, n°1, p.115-120 [https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.11.004]
- JABER L., CHEDID M., HAMADEH S. (2013) Water stress in small ruminants. In S. Akinci, *Responses of Organisms to Water Stress*. Rijeka, Intech, p.115-150. [http://dx.doi.org/10.5772/46157]
- JACOBSON C., LARSEN J.W., BESIER R.B., LLOYD J.B., KAHN L.P. (2020) Diarrhoea associated with gastrointestinal parasites in grazing sheep. *Veterinary Parasitology* vol.282, p.109139. [https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109139]
- JEFFERIES BC. (1961) Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture* vol.32, p.19-21.
- JENSEN P. (2009) *The Ethology of Domestic Animals: An Introductory Text*, 2^e éd. Wallingford, CABI.
- JOLLY P. (2020) Bien-être des brebis laitières dans le bassin Roquefort : mise en place d'un protocole d'évaluation et constitution d'une base de référence en vue de la mise en place d'une charte. Thèse de médecine vétérinaire, École nationale vétérinaire d'Alfort
- KALER J., WASSINK G.J., GREEN L.E. (2009) The inter- and intra-observer reliability of a locomotion scoring scale for sheep. *Veterinary Journal* vol.180, n°2, p.189-194. [https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.028]
- KALER J., MEDLEY G.F., GROGONO-THOMAS R., et al. (2010) Factors associated with changes of state of foot conformation and lameness in a flock of sheep. *Preventive Veterinary Medicine* vol.97, n°3, p.237-244. [https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.09.019]
- KEELING J.L. (2001) *Social Behavior in Farm Animals*. Wallingford, CABI
- KELLER M., CORNILLEAU F., ARCHER E., LÉVY F. (2011) Development of social familiarity in ewes. *Physiology & Behavior* vol.104, n°3, p.392-397. [https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.04.030]
- KENDRICK K.M., ATKINS K., HINTON M.R., et al. (1995) Facial and vocal discrimination in sheep. *Animal Behaviour* vol.49, n°6, p.1665-1676. [https://doi.org/10.1016/0003-3472(95)90088-8]
- KENYON P.R., MALONEY S.K., BLACHE D. (2014) Review of sheep body condition score in relation to production characteristics. *New Zealand Journal of Agricultural Research* vol.57, n°1, p.38-64. [https://doi.org/10.1080/00288233.2013.857698]
- KERN G., TRAUlsen I., KEMPER N., KRIETER J. (2013) Analysis of somatic cell counts and risk factors associated with occurrence of bacteria in ewes of different primary purposes. *Livestock Science* vol.157, n°2, p.597-604. [https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.008]
- KHAN A., SULTAN M.A., JALVI M.A., HUSSAIN I. (2006) Risk factors of lamb mortality in Pakistan. *Animal Research* vol.55, n°4, p.301-311. [https://doi.org/10.1051/animres:2006017]
- KIRWAN S. (2010) Best uses of labour for animal welfare and productivity in extensive sheep farming systems in Britain. PhD Thesis, Biological Sciences, University of Aberdeen.

- KOUSTA M., MATARAGAS M., SKANDAMIS P., DROSINOS E.H. (2010) Prevalence and sources of cheese contamination with pathogens at farm and processing levels. *Food Control* vol.21, n°6, p.805-815. [<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.11.015>]
- LAROUSSE (2021a) Définitions : coliforme, colimorphe. In *Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/coliforme/17115>] (consulté le 01/09/2021).
- LAROUSSE (2021b) Définitions : laine. In *Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/laine/45949>] (consulté le 05/06/2021).
- LAROUSSE (2021c) Définitions : onglon. In *Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/onglon/56042>] (consulté le 06/01/2021).
- LAROUSSE (2022a) Définitions : mortalité. In *Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/mortalit%C3%A9/52714>] (consulté le 18/0/2022).
- LAROUSSE (2022b) Définitions : trayon. In *Dictionnaire de français Larousse*. [<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/trayon/79330>] (consulté le 06/01/2022).
- LARRÈRE R. (2007) Justifications éthiques des préoccupations concernant le bien-être animal. *INRAE Productions Animales* vol.20, n°1, p.11-16. [<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2007.20.1.3427>]
- LARSEN J., ANDERSON N., VIZARD A., ANDERSON G., HOSTE H. (1994) Diarrhoea in Merino ewes during winter: association with trichostrongylid larvae. *Australian Veterinary Journal* vol.71, n°11, p.365-372. [<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1994.tb00930.x>]
- LE NEINDRE P. (2009) Douleurs animales : les identifier, les comprendre, les limiter chez les animaux d'élevage. In *HAL open science*. [<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02990906/document>] (consulté le 14/09/2020).
- LE NEINDRE P., BERNARD E., BOISSY A., *et al.* (2017) Animal Consciousness. *EFSA Supporting Publications* vol.14, n°4, p.1196E. [<https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.EN-1196>]
- LEFEBVRE D. (2007) Caudectomie chez le mouton. Évaluation scientifique sur demande du conseil du bien-être animal de Belgique. In *Archief Algemeen*. [[https://archieff-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/230024/Caudotomie%20bij%20schapen%20-%20Rapport%20\(2007\).pdf](https://archieff-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/230024/Caudotomie%20bij%20schapen%20-%20Rapport%20(2007).pdf)] (consulté le 10/01/2021)
- LEITNER G., MERIN U., SILANIKOVE N. (2011) Effects of glandular bacterial infection and stage of lactation on milk clotting parameters: Comparison among cows, goats and sheep. *International Dairy Journal* vol.21, n°4, p.279-285. [<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2010.11.013>]
- LEITNER G., LAVON Y., MATZRAFI Z., *et al.* (2016) Somatic cell counts, chemical composition and coagulation properties of goat and sheep bulk tank milk. *International Dairy Journal* vol.58, p.9-13. [<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.004>]
- LEY S.J., WATERMAN A.E., LIVINGSTON A., PARKINSON T.J. (1994) Effect of chronic pain associated with lameness on plasma cortisol concentrations in sheep: a field study. *Research in Veterinary Science* vol.57, n°3, p.332-335. [[https://doi.org/10.1016/0034-5288\(94\)90126-0](https://doi.org/10.1016/0034-5288(94)90126-0)]
- LEY S.J., WATERMAN A.E., LIVINGSTON A. (1995) A field study of the effect of lameness on mechanical nociceptive thresholds in sheep. *Veterinary Record* vol.137, n°4, p.85-87. [<https://doi.org/10.1136/vr.137.4.85>]
- LIANOU D.T., MICHAEL C.K., VASILEIOU N.G.C., *et al.* (2021a) Extensive Countrywide Field Investigation of Somatic Cell Counts and Total Bacterial Counts in Bulk-Tank Raw Milk in Sheep Flocks in Greece. *Foods* vol.10, n°2, p.268-186. [<https://doi.org/10.3390/foods10020268>]
- LIANOU D.T., MICHAEL C.K., VASILEIOU N.G.C., *et al.* (2021b) Association of Breed of Sheep or Goats with Somatic Cell Counts and Total Bacterial Counts of Bulk-Tank Milk. *Applied Sciences* vol.11, n°16, p.7356. [<https://doi.org/10.3390/app11167356>]
- LINAGE B., RODRÍGUEZ-CALLEJA J.M., OTERO A., GARCÍA-LÓPEZ M.L., SANTOS J.A. (2012) Characterization of coagulase-positive staphylococci isolated from tank and silo ewe milk. *Journal of Dairy Science* vol.95, n°4, p.1639-1644. [<https://doi.org/10.3168/jds.2011-4734>]

- LIU H.W., CAO Y., ZHOU D.W. (2012) Effects of shade on welfare and meat quality of grazing sheep under high ambient temperature. *Journal of Animal Science* vol.90, n°13, p.4764-4770. [https://doi.org/10.2527/jas.2012-5361]
- LOMBARD J.E., TUCKER C.B., VON KEYSERLINGK M.A.G., KOPRAL C.A., WEARY D.M. (2010) Associations between cow hygiene, hock injuries, and free stall usage on US dairy farms. *Journal of Dairy Science* vol.93, n°10, p.4668-4676. [https://doi.org/10.3168/jds.2010-3225]
- LOUKIADIS E., CALLON H., MAZUY-CRUCHAUDET C., *et al.* (2012) Surveillance des E. coli producteurs de shigatoxines (STEC) dans les denrées alimentaires en France (2005-2011). *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* n°55, p.3-9.
- MARCONE G., KAART T., PIIRSAALU P., ARNEY D.R. (2021) Panting scores as a measure of heat stress evaluation in sheep with access and with no access to shade. *Applied Animal Behaviour Science* vol.240, p.105350. [https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105350]
- MARCONE G., CARNOVALE F., ARNEY D., DE ROSA G., NAPOLITANO F. (2022) A simple method for on-farm evaluation of sheep welfare using animal-based indicators. *Small Ruminant Research* vol.208, p.106636. [https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106636]
- MARSHALL D., WALKER R., CULLIS B., LUFF M. (1991) The effect of footrot on body weight and wool growth of sheep. *Australian Veterinary Journal* vol.68, n°2, p.45-49. [https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1991.tb03126.x]
- MARTÍ DE OLIVES A., DÍAZ J.R., MOLINA M.P., PERIS C. (2013) Quantification of milk yield and composition changes as affected by subclinical mastitis during the current lactation in sheep. *Journal of Dairy Science* vol.96, n°12, p.7698-7708. [https://doi.org/10.3168/jds.2013-6998]
- MARTÍ-DE OLIVES A., NAVARRO-RÍOS M.J., RUBERT-ALEMÁN J., FERNÁNDEZ N., MOLINA M.P. (2015) Composition, proteolysis indices and coagulating properties of ewe milk as affected by bulk tank somatic cell count. *Journal of Dairy Research* vol.82, n°3, p.344-349. [https://doi.org/10.1017/S0022029915000394]
- MATHESON S.M., DWYER C.M., BÜNGER L., HOUDIJK J.G.M. (2010) Interactions between neonatal lamb vigour and faecal soiling at weaning in three breeds of sheep. *Advances in Animal Biosciences* vol.1, n°1, p.226-226. [https://doi.org/10.1017/S2040470010003699]
- MAVROGIANNI V.S., CRIPPS P.J., PAPAIOANNOU N., TAITZOGLU I., FTHENAKIS G.C. (2006) Teat disorders predispose ewes to clinical mastitis after challenge with *Mannheimia haemolytica*. *Veterinary Research* vol.37, n°1, p.89-105. [https://doi.org/10.1051/vetres:2005042]
- MAVROGIANNI V.S., FTHENAKIS G.C. (2007) Clinical, bacteriological, cytological and pathological features of teat disorders in ewes. *Journal of Veterinary Medicine* vol.54, n°4, p.219-223. [https://doi.org/10.1111/j.1439-0442.2007.00874.x]
- MCHUGH N., BERRY D.P., PABIOU T. (2016) Risk factors associated with lambing traits. *Animal* vol.10, n°1, p.89-95. [https://doi.org/10.1017/S1751731115001664]
- MCLENNAN K.M., REBELO C.J.B., CORKE M.J., *et al.* (2016) Development of a facial expression scale using footrot and mastitis as models of pain in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* vol.176, p.19-26. [https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.01.007]
- MCMANUS C.M., FARIA D.A., LUCCI C.M., *et al.* (2020) Heat stress effects on sheep: Are hair sheep more heat resistant? *Theriogenology* vol.155, p.157-167. [https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.047]
- MEHABA N., COLOMA-GARCIA W., SUCH X., CAJA G., SALAMA A.A.K. (2021) Heat stress affects some physiological and productive variables and alters metabolism in dairy ewes. *Journal of Dairy Science* vol.104, n°1, p.1099-1110. [https://doi.org/10.3168/jds.2020-18943]
- MÉLISSOPOULOS A., LEVACHER C., BALLOTTI R. (2012) *La peau : structure et physiologie*, 2^e éd. Paris, Lavoisier.
- MELLOR D.J. (2016) Updating Animal Welfare Thinking: Moving beyond the “Five Freedoms” towards “A Life Worth Living”. *Animals* vol.6, n°3, p.21-41. [https://doi.org/10.3390/ani6030021]
- MERRITT G.C., WATTS J.E. (1978) The Changes in Protein Concentration and Bacteria of Fleece and Skin During the Development of Fleece-Rot and Body Strike in Sheep. *Australian Veterinary Journal* vol.54, n°11, p.517-520. [https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1978.tb00318.x]

- METZ M., SHEEHAN J., FENG P.C.H. (2020) Use of indicator bacteria for monitoring sanitary quality of raw milk cheeses – A literature review. *Food Microbiology* vol.85, p.103283. [https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103283]
- M'HAMDI N., DAREJ C., ATTIA K., *et al.* (2021) Assessment of Meat-Type Sheep Welfare Using Animal-Based Measures. *Animals* vol.11, n°7, p.2120. [https://doi.org/10.3390/ani11072120]
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION (1985) Arrêté du 6 août 1985 relatif aux normes d'hygiène et de salubrité auxquelles doit répondre le lait cru livré en l'état et destiné à la consommation humaine. *In Légifrance*. [https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000006071982/2012-09-30/] (consulté le 31/07/2022).
- MOLNAR B. (2011) Évaluation de la situation biologique et sociopolitique de la présence du Loup (*Canis lupus*) en France. *In Protection des troupeaux*. [https://www.protectiondestroupeaux.ch/fileadmin/doc/International/Studien/Situation_Frankreich_pdf1.pdf] (consulté le 08/01/2021).
- MONDRAGÓN-ANCELMO J., HERNÁNDEZ P.G., RUBIO R.R., *et al.* (2020) Small Flocks Show Higher Levels of Welfare in Mexican Semi-Intensive Sheep Farming Systems. *Journal of Applied Animal Welfare Science* vol.23, n°3, p.348-355. [https://doi.org/10.1080/10888705.2019.1618303]
- MORGAN-DAVIES C., WATERHOUSE A., POLLOCK M., MILNER J. (2008) Body condition score as an indicator of ewe survival under extensive conditions. *Animal welfare* vol.17, p.71-77
- MORLEY F., DONALD A., DONNELLY J., AXELSEN A., WALLER P. (1976) Blowfly strike in the breech region of sheep in relation to helminth infection. *Australian Veterinary Journal* vol.52, n°7, p.325-329. [https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1976.tb02398.x]
- MORMÈDE P., BOISSEAU-SOWINSKI L., CHIRON J., *et al.* (2018) Bien-être animal : contexte, définition, évaluation. *INRA Productions Animales* vol.31, n°2, p.145.
- MOUNAIX B., TERLOUW C., LE GUENIC M., *et al.* (2013) L'évaluation et la gestion du bien-être animales : diversité des approches et des finalités. *In 20^{es} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Paris, 4-5 décembre*. Paris, INRA.
- MUNOZ M.A., BENNETT G.J., AHLSTRÖM C., *et al.* (2008) Cleanliness Scores as Indicator of Klebsiella Exposure in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* vol.91, n°10, p.3908-3916. [https://doi.org/10.3168/jds.2008-1090]
- MUNOZ C.A., CAMPBELL A.J.D., HEMSWORTH P.H., DOYLE R.E. (2016) Reliability and feasibility of animal-based indicators to assess the welfare of extensively managed ewes. *In Australian Society for Animal Production, Adelaide, Australie, 4-7 juillet*. Sydney, Meat and Livestock Australia limited.
- MUNOZ C., CAMPBELL A., HEMSWORTH P., DOYLE R. (2017) Animal-Based Measures to Assess the Welfare of Extensively Managed Ewes. *Animals* vol.8, n°1, p.2. [https://doi.org/10.3390/ani8010002]
- MUNOZ C.A., CAMPBELL A.J.D., HEMSWORTH P.H., DOYLE R.E. (2019) Evaluating the welfare of extensively managed sheep. *PLoS One* vol.14, n°6, p.e0218603. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218603]
- MURRAY J.A. (1919) Meat production. *The Journal of Agricultural Science* vol.9, n°2, p.174-181. [https://doi.org/10.1017/S0021859600004767]
- MURRAY G.M., FAGAN S., MURPHY D., *et al.* (2019) Descriptive analysis of ovine mortality in sentinel sheep flocks in Ireland. *Veterinary Record* vol.184, n°21, p.649-649. [https://doi.org/10.1136/vr.105291]
- NAPOLITANO F., DE ROSA G., FERRANTE V., GRASSO F., BRAGHIERI A. (2009) Monitoring the welfare of sheep in organic and conventional farms using an ANI 35 L derived method. *Small Ruminant Research* vol.83, n°1, p.49-57. [https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.04.001]
- NASH M.L., HUNGERFORD L.L., NASH T.G., ZINN G.M. (1997) Risk factors for respiratory disease mortality in lambs. *Small Ruminant Research* vol.26, n°1, p.53-60. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488(96)00987-X]

- NENADOVIĆ K., KARAC P., VUČINIĆ M., *et al.* (2020) Assessment of the welfare of extensively managed autochthonous sheep breed vlasicka zackel using animal-based measurements. *Acta Veterinaria-Beograd* vol.70, n°2, p.207-218. [<https://doi.org/10.2478/acve-2020-0015>]
- NICOLUSSI P., BONELLI P., RE R. (2009) Influence of weather conditions and flock management on sheep welfare. In *Course: Welfare of farm animals: breeding systems and coping mechanisms, Rome, 3-4 décembre*. Rome, Istituto Superiore di Sanità, p. 53 - 56 (Rapport ISTISAN 10/49).
- OLTENACU P.A., BROOM D.M. (2010) The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows. *Animal Welfare* vol.19, n°S, p.29-49.
- OSMAN K.M., ZOLNIKOV T.R., SAMIR A., ORABI A. (2014) Prevalence, pathogenic capability, virulence genes, biofilm formation, and antibiotic resistance of *Listeria* in goat and sheep milk confirms need of hygienic milking conditions. *Pathogens and Global Health* vol.108, n°1, p.21-29. [<https://doi.org/10.1179/204777321>]
- OZELLA L., LANGFORD J., GAUVIN L., *et al.* (2020) The effect of age, environment and management on social contact patterns in sheep. *Applied Animal Behaviour Science* vol.225, p.104964. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104964>]
- PAAPE M.J., POUTREL B., CONTRERAS A., MARCO J.C., CAPUCO A.V. (2001) Milk Somatic Cells and Lactation in Small Ruminants. *Journal of Dairy Science* vol.84, n°S, p.237-244. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70223-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70223-8)]
- PAAPE M.J., WIGGANS G.R., BANNERMAN D.D., *et al.* (2007) Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Ruminant Research, Special Issue: Goat and Sheep Milk* vol.68, n°1, p.114-125. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.014>]
- PARLEMENT ET CONSEIL EUROPÉENS (2004) Règlement (CE) N°853/2004 du Parlement Européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale. In *EUR-Lex*. [<http://data.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj>] (consulté le 24/07/2021).
- PARLEMENT ET CONSEIL EUROPÉENS (2018) Règlement (UE) 2018/848 du Parlement Européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) no 834/2007 du Conseil . In *EUR-Lex*. [<http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj>] (consulté le 16/03/2022).
- PASCHINO P., VACCA G.M., DETTORI M.L., PAZZOLA M. (2019) An approach for the estimation of somatic cells' effect in Sarda sheep milk based on the analysis of milk traits and coagulation properties. *Small Ruminant Research* vol.171, p.77-81. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.10.010>]
- PENGOV A. (2001) The Role of Coagulase-Negative Staphylococcus spp. and Associated Somatic Cell Counts in the Ovine Mammary Gland. *Journal of Dairy Science* vol.84, n°3, p.572-574. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74509-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74509-2)]
- PHYTHIAN C.J., MICHALOPOULOU E., JONES P.H., *et al.* (2011) Validating indicators of sheep welfare through a consensus of expert opinion. *Animal* vol.5, n°6, p.943-952. [<https://doi.org/10.1017/S1751731110002594>]
- PHYTHIAN C.J., CRIPPS P.J., MICHALOPOULOU E., *et al.* (2012) Reliability of indicators of sheep welfare assessed by a group observation method. *The Veterinary Journal* vol.193, n°1, p.257-263. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.12.006>]
- PHYTHIAN C., MICHALOPOULOU E., DUNCAN J., WEMELSFELDER F. (2013) Inter-observer reliability of Qualitative Behavioural Assessments of sheep. *Applied Animal Behaviour Science* vol.144, n°1, p.73-79. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.11.011>]
- PHYTHIAN C., PHILLIPS K., WRIGHT N., MORGAN M. (2014) Sheep health, welfare and production planning 1. Recording and benchmarking performance indicators of flock health and production. In *Practice* vol.36, n°2, p.85-92. [<https://doi.org/10.1136/inp.g1197>]
- PHYTHIAN C.J., MICHALOPOULOU Eleni., CRIPPS P.J., DUNCAN J.S., WEMELSFELDER Françoise. (2016) On-farm qualitative behaviour assessment in sheep: Repeated measurements across time, and association with physical indicators of flock health and welfare. *Applied Animal Behaviour Science, Behavioural indicators of health* vol.175, p.23-31. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2015.11.013>]

- PHYTHIAN C.J., MICHALOPOULOU E., DUNCAN J.S. (2019) Assessing the Validity of Animal-Based Indicators of Sheep Health and Welfare: Do Observers Agree? *Agriculture* vol.9, n°5, p.88-102. [<https://doi.org/10.3390/agriculture9050088>]
- PIRISI A., PIREDDA G., SCINTU M.F., FOIS N. (2001) Effect of feeding diets on quality characteristics of milk and cheese produced from Sarda dairy ewes. In Rubino R., Morand-Fehr P., *Production systems and product quality in sheep and goats*. Zaragoza, CIHEAM, p.115-119.
- PIRISI A., LAURET A., DUBEUF J.P. (2007) Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small Ruminant Research, Special Issue: Goat and Sheep Milk* vol.68, n°1, p.167-178. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.009>]
- PONCELET J.-L. (2007) Les staphylococcies ovines. In *Journée nationale des GTV, Nantes, 23-25 mai*. Paris, GTV, p.723-734.
- RAULT J.-L., WAIBLINGER S., BOIVIN X., HEMSWORTH P. (2020) The Power of a Positive Human–Animal Relationship for Animal Welfare. *Frontiers in Veterinary Science* vol.7, p.590867. [<https://doi.org/10.3389/fvets.2020.590867>]
- RAVARY-PLUMIOËN B., BELBIS G., MILLEMANN Y., PLASSARD V., ADJOU K. (2018) Affections respiratoires. Polycopié. École nationale vétérinaire d'Alfort, Unité Pédagogique de Gestion de la santé des ruminants.
- RAYNAL-LJUTOVAC K., PIRISI A., DE CRÉMOUX R., GONZALO C. (2007) Somatic cells of goat and sheep milk: Analytical, sanitary, productive and technological aspects. *Small Ruminant Research, Special Issue: Goat and Sheep Milk* vol.68, n°1, p.126-144. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.012>]
- RICHMOND S.E., WEMELSFELDER F., DE HEREDIA I.B., *et al.* (2017) Evaluation of Animal-Based Indicators to Be Used in a Welfare Assessment Protocol for Sheep. *Frontiers in Veterinary Science* vol.4, p.210. [<https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00210>]
- RODRIGUEZ J.L., GAVA P., MEDINA M., NUÑEZ M. (1994) Incidence of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. in Ewes' Raw Milk. *Journal of Food Protection* vol.57, n°7, p.571-575. [<https://doi.org/10.4315/0362-028X-57.7.571>]
- ROGER P.A. (2008) The impact of disease and disease prevention on sheep welfare. *Small Ruminant Research, Special Issue: Current Issues in Sheep Health and Welfare* vol.76, n°1, p.104-111. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.12.005>]
- ROMEO M., ZILUAGA I., MARCO J.C. (1998) Diagnóstico in situ de la infección mamaria mediante palpación, california mastitis test y su seguimiento mediante recuento de células somáticas. *Ovis* n°59, p.61-77.
- ROOK J.S. (2000) Pregnancy Toxemia of Ewes, Does, and Beef Cows. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* vol.16, n°2, p.293-317. [[https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30107-9](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30107-9)]
- ROUSSEAU J.J. (1755) Discours sur l'origine et les fondements de l'inégalité parmi les hommes. In *Gallica*. [<https://gallica.bnf.fr/essentiels/rousseau/discours-origine-inegalite>] (consulté le 16/05/2022).
- RSPCA (2020) RSPCA welfare standards for sheep. In *RSPCA*. [<https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/sheep>] (consulté le 30/11/2020).
- RUSSEL A.J.F., DONEY J.M., GUNN R.G. (1969) Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science* vol.72, n°3, p.451-454. [<https://doi.org/10.1017/S0021859600024874>]
- RUSSELL A.D. (1990) Bacterial spores and chemical sporicidal agents. *Clinical Microbiology Reviews* vol.3, n°2, p.99-119. [<https://doi.org/10.1128/CMR.3.2.99>]
- SADIQ M.B., RAMANOON S.Z., SHAIK MOSSADEQ W.M., MANSOR R., SYED-HUSSAIN S.S. (2017) Association between Lameness and Indicators of Dairy Cow Welfare Based on Locomotion Scoring, Body and Hock Condition, Leg Hygiene and Lying Behavior. *Animals* vol.7, n°11, p.79-96. [<https://doi.org/10.3390/ani7110079>]
- SAGOT L. (2017) Noter tous les morts : la première étape pour diminuer le taux de mortalité des agneaux. In *Institut de l'élevage, CIIRPO*. [<https://idele.fr/detail-article/noter-tous-les-morts->

- la-premiere-etape-pour-diminuer-le-taux-de-mortalite-des-agneaux] (consulté le 14/03/2022).
- SAGOT L. (2020) Largeurs de couloir, surfaces d'aires paillées et longueurs d'auge: les recommandations. In *Institut de l'élevage, CIIRPO*. [<https://idele.fr/detail-article/largeurs-de-couloir-surfaces-daires-paillees-et-longueurs-dauge-les-recommandations>] (consulté le 14/03/2022).
- SALMERÓN J., DE VEGA C., PÉREZ-ELORTONDO F.J., ALBISU M., BARRÓN L.J.R. (2002) Effect of pasteurization and seasonal variations in the microflora of ewe's milk for cheesemaking. *Food Microbiology* vol.19, n°2, p.167-174. [<https://doi.org/10.1006/fmic.2001.0475>]
- SANSON D.W., WEST T.R., TATMAN W.R., *et al.* (1993) Relationship of body composition of mature ewes with condition score and body weight. *Journal of Animal Science* vol.71, n°5, p.1112-1116. [<https://doi.org/10.2527/1993.7151112x>]
- SANTÉ PUBLIQUE FRANCE (2021) Surveillance des toxi-infections alimentaires collectives. Données de la déclaration obligatoire, 2020. In *Santé Publique France*. [<https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/399417/3302228>] (consulté le 09/08/2022)
- SARGISON N. (1995) Differential diagnosis and treatment of sheep scab. In *Practice* vol.17, n°1, p.3-9. [<https://doi.org/10.1136/inpract.17.1.3>]
- SARGISON N.D., SCOTT P.R. (2010) The implementation and value of diagnostic procedures in sheep health management. *Small Ruminant Research, Special Issue: Sheep Diagnostic Medicine* vol.92, n°1, p.2-9. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.04.019>]
- SCHODER D., WINTER P., KAREEM A., BAUMGARTNER W., WAGNER M. (2003) A case of sporadic ovine mastitis caused by *Listeria monocytogenes* and its effect on contamination of raw milk and raw-milk cheeses produced in the on-farm dairy. *Journal of Dairy Research* vol.70, n°4, p.395-401. [<https://doi.org/10.1017/S0022029903006277>]
- SCHODER D., MELZNER D., SCHMALWIESER A., *et al.* (2011) Important vectors for *Listeria monocytogenes* transmission at farm dairies manufacturing fresh sheep and goat cheese from raw milk. *Journal of Food Protection* vol.74, n°6, p.919-924. [<https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-10-534>]
- SCOBIE D.R., O'CONNELL D., MORRIS C.A., HICKEY S.M. (2008) Dag score is negatively correlated with breech bareness score of sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* vol.48, n°7, p.999-1003. [<https://doi.org/10.1071/EA07397>]
- SETLOW P. (2016) Spore Resistance Properties. In A. Driks, P. Eichenberger, *The bacterial spore: from molecules to systems*. Washington, ASM press, p.201-215.
- SEVI A, ALBENZIO M., TAIBI L., *et al.* (1999a) Changes of somatic cell count through lactation and their effects on nutritional, renneting and bacteriological characteristics of ewe's milk. *Advances in food science* vol.21, n°3-4, p.122-127.
- SEVI A., MASSA S., ALBENZIO M., *et al.* (1999b) Effect of stocking density on air quality - ewes milk yield and prevalence of subclinical mastitis. *Proceeding of the ASPA Congress - Recent Progress in Animal Production Science (Italy)* vol.1, p.490-492.
- SEVI Agostino, MASSA S., ANNICCHIARICO G., DELL'AQUILA S., MUSCIO A. (1999c) Effect of stocking density on ewes' milk yield, udder health and microenvironment. *Journal of Dairy Research* vol.66, n°4, p.489-499.
- SEVI A. (2009) Animal-based measures for welfare assessment. *Italian Journal of Animal Science* vol.8, n°S2, p.904-911. [<https://doi.org/10.4081/ijas/2009.s2.904>]
- SEVI A., CAROPRESE M. (2012) Impact of heat stress on milk production, immunity and udder health in sheep: A critical review. *Small Ruminant Research* vol.107, n°1, p.1-7. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.07.012>]
- SHANDS C.G., MCLEOD B., LOLLBACK M.L., *et al.* (2009) Comparison of manual assessments of ewe fat reserves for on-farm use. *Animal Production Science* vol.49, n°7, p.630-636. [<https://doi.org/10.1071/AN09031>]
- SHELTON J., USHERWOOD N.M., WAPENAAR W., BRENNAN M.L., GREEN L.E. (2011) Measurement and error of hoof horn growth rate in sheep. *Journal of Agricultural Science* vol.150, n°3, p.373-378. [<https://doi.org/10.1017/S0021859611000748>]

- SILANIKOVE N. (2000) Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* vol.67, n°1, p.1-18. [[https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00162-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00162-7)]
- SILK J.B. (2007) The adaptive value of sociality in mammalian groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* vol.362, p.539-559 [<https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1994>]
- SMITH E.M., GREEN O.D.J., CALVO-BADO L.A., *et al.* (2014) Dynamics and impact of footrot and climate on hoof horn length in 50 ewes from one farm over a period of 10 months. *The Veterinary Journal* vol.201, n°3, p.295-301. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.05.021>]
- SOLANO L., BARKEMA H.W., PICKEL C., ORSEL K. (2017) Effectiveness of a standardized footbath protocol for prevention of digital dermatitis. *Journal of Dairy Science* vol.100, n°2, p.1295-1307. [<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11464>]
- SORIANO V., STAMM F., TACONELI C., MOLENTO C. (2020) To dock or not to dock? Faecal soiling measurement in sheep. *Animal Welfare* vol.29, n°1, p.81-87. [<https://doi.org/10.7120/09627286.29.1.081>]
- SPEIJERS M.H.M., CARSON A.F., DAWSON L.E.R., IRWIN D., GORDON A.W. (2010) Effects of sire breed on ewe dystocia, lamb survival and weaned lamb output in hill sheep systems. *Animal* vol.4, n°3, p.486-496. [<https://doi.org/10.1017/S1751731109991236>]
- STUBSJØEN S.M., FLØ A.S., MOE R.O., *et al.* (2009) Exploring non-invasive methods to assess pain in sheep. *Physiology & Behaviour* vol.98, n°5, p.640-648. [<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.09.019>]
- STUBSJØEN S., HEKTOEN L., VALLE P., JANCZAK A., ZANELLA A. (2011) Assessment of sheep welfare using on-farm registrations and performance data. *Animal Welfare* vol.20, n°2, p.239-251.
- TAKANO P.V., SCAPINI V.A. de C., VALENTINI T., *et al.* (2018) Milk cellularity and intramammary infections in primiparous and multiparous Lacaune ewes during early lactation. *Small Ruminant Research* vol.167, p.117-122. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.08.015>]
- TE GIFFEL M.C., WAGENDORP A., HERREWEGH A., DRIEHUIS F. (2002) Bacterial spores in silage and raw milk. *Antonie Van Leeuwenhoek* vol.81, n°1, p.625-630.
- TEIXEIRA A., DELFA R., COLOMER-ROCHER F. (1989) Relationships between fat depots and body condition score or tail fatness in Rasa Aragonesa breed. *Animal Science* vol.49, n°2, p.275-280. [<https://doi.org/10.1017/S0003356100032402>]
- TERMATZIDOU S.A., SIACHOS N., VALERGAKIS G.E., *et al.* (2020) Association of body condition score with ultrasound backfat and longissimus dorsi muscle depth in different breeds of dairy sheep. *Livestock Science* vol.236, p.104019. [<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104019>]
- TERRILL C.E., SLEE J. (1991) Breed differences in adaptation of sheep. In Maijala K., *Genetic resources of pig, sheep, and goat*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers, p.195-233.
- THOMAS D.L., WALDRON D.F., LOWE G.D., *et al.* (2003) Length of docked tail and the incidence of rectal prolapse in lambs. *Journal of Animal Science* vol.81, n°11, p.2725-2732. [<https://doi.org/10.2527/2003.81112725x>]
- THOMPSON J., MEYER H. (1994) Body condition scoring of sheep. In *Oregon State University*. [https://ir.library.oregonstate.edu/concern/administrative_report_or_publications/kk91fk644] (consulté le 26/11/2020).
- TÓTH G., PÓTI P., HAMAR ABAYNÉ E., *et al.* (2017) Effect of temperament on milk production, somatic cell count, chemical composition and physical properties in Lacaune dairy sheep breed. *Mljekarstvo: časopis za unapređenje proizvodnje i prerade mlijeka* vol.67, n°4, p.261-266. [<https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2017.0403>]
- TURCHI B., PERO S., TORRACCA B., *et al.* (2016) Occurrence of Clostridium spp. in ewe's milk: enumeration and identification of isolates. *Dairy Science & Technology* vol.96, n°5, p.693-701. [<https://doi.org/10.1007/s13594-016-0298-x>]
- TURKSON P.K., SUALISU M. (2005) Risk Factors for Lamb Mortality in Sahelian Sheep on a Breeding Station in Ghana. *Tropical Animal Health and Production* vol.37, n°1, p.49-64.
- TVAROŽKOVÁ K., TANČIN V., UHRINČAĚ M., *et al.* (2018) Evaluation of somatic cells in milk of ewes as possible physiological level. *Acta fytotechnica zootechnica* vol.21, n°4, p.149-151. [<https://doi.org/10.15414/afz.2018.21.04.149-151>]

- TZORA A., FTHENAKIS G.C., LINDE K. (1998) The effects of inoculation of *Listeria monocytogenes* into the ovine mammary gland. *Veterinary Microbiology* vol.59, n°2, p.193-202. [https://doi.org/10.1016/S0378-1135(97)00195-8]
- UNION EUROPÉENNE (2007) Traité de Lisbonne modifiant le traité sur l'Union européenne et le traité instituant la Communauté européenne, signé à Lisbonne le 13 décembre 2007. In *EUR-Lex*. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=OJ%3AC%3A2007%3A306%3ATOC] (consulté le 31/07/2022).
- VAN BURGEL A.J. van, OLDHAM C.M., BEHRENDT R., *et al.* (2011) The merit of condition score and fat score as alternatives to liveweight for managing the nutrition of ewes. *Animal Production Science* vol.51, n°9, p.834-841. [https://doi.org/10.1071/AN09146]
- VAN DEN BROEK A.H., HUNTLEY J.F. (2003) Sheep Scab: the Disease, Pathogenesis and Control. *Journal of Comparative Pathology* vol.128, n°2, p.79-91. [https://doi.org/10.1053/jcpa.2002.0627]
- VANDENHEEDE M., BOUISSOU M.F. (1994) Fear reactions of ewes to photographic images. *Behavioural Processes* vol.32, n°1, p.17-28. [https://doi.org/10.1016/0376-6357(94)90024-8]
- VASSEUR S., PAULL D.R., ATKINSON S.J., COLDITZ I.G., FISHER A.D. (2006) Effects of dietary fibre and feeding frequency on wool biting and aggressive behaviours in housed Merino sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* vol.46, n°7, p.777-782. [https://doi.org/10.1071/EA05320]
- VATANKHAH M., TALEBI M.A., ZAMANI F. (2012) Relationship between ewe body condition score (BCS) at mating and reproductive and productive traits in Lori-Bakhtiari sheep. *Small Ruminant Research* vol.106, n°2, p.105-109. [https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.02.004]
- VEISSIER I., BOISSY A., NOWAK R., ORGEUR P., POINDRON P. (1998) Ontogeny of social awareness in domestic herbivores. *Applied Animal Behaviour Science* vol.57, n°3, p.233-245. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591(98)00099-9]
- VEISSIER I., SARIGNAC C., CAPDEVILLE J. (1999) Les méthodes d'appréciation du bien-être des animaux d'élevage. *INRAE Productions Animales* vol.12, n°2, p.113-121. [https://doi.org/10.20870/productions-animales.1999.12.2.3870]
- VEISSIER I., BOTREAU R., CAPDEVILLE J., PERNY P. (2007) L'évaluation en ferme du bien-être des animaux : objectifs, outils disponibles, utilisations, exemple du projet Welfare Quality®. In *14^{es} Rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris, 5-6 décembre*. Paris, INRA, p.277-284.
- VEISSIER I., BOISSY A., DÉSIÉ L., GREIVELDINGER L. (2009) Animals' emotions: Studies in sheep using appraisal theories. *Animal Welfare* vol.18, p.347-354.
- VEISSIER I., BOISSY A. (2007) Stress and welfare: Two complementary concepts that are intrinsically related to the animal's point of view. *Physiology & Behavior, Stress and Welfare in Farm Animals* vol.92, n°3, p.429-433. [https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.11.008]
- VERBEEK E., WAAS J.R., OLIVER M.H., *et al.* (2012) Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: Behavioural, metabolic and endocrine considerations. *Hormones and Behavior* vol.62, n°2, p.162-172. [https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.06.006]
- VISSERS M.M.M., DRIEHUIS F., TE GIFFEL M.C., DE JONG P., LANKVELD J.M.G. (2007a) Concentrations of Butyric Acid Bacteria Spores in Silage and Relationships with Aerobic Deterioration. *Journal of Dairy Science* vol.90, n°2, p.928-936. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71576-X]
- VISSERS M.M.M., DRIEHUIS F., TE GIFFEL M.C., DE JONG P., LANKVELD J.M.G. (2007b) Minimizing the Level of Butyric Acid Bacteria Spores in Farm Tank Milk. *Journal of Dairy Science* vol.90, n°7, p.3278-3285. [https://doi.org/10.3168/jds.2006-798]
- VOSOUGH AHMADI B., DWYER C.M., ERHARD H.W., *et al.* (Éd.) (2010) Impacts of labour on interactions between economics and animal welfare in extensive sheep farms. In *The 84th Annual Conference of the Agricultural Economics Society, Edinburgh, 29-31 mars*. St. Louis, Federal Reserve Bank of St Louis.

- WAGHORN G.C., GREGORY N.G., TODD S.E., WESSELINK R. (1999) Dags in sheep; a look at faeces and reasons for dag formation. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* vol.61, p.43-49. [<https://doi.org/10.33584/jnzg.1999.61.2353>]
- WAIBLINGER S., BOIVIN X., PEDERSEN V., *et al.* (2006) Assessing the human–animal relationship in farmed species: A critical review. *Applied Animal Behaviour Science* vol.101, n°3, p.185-242. [<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.02.001>]
- WALL R. (2012) Ovine cutaneous myiasis: Effects on production and control. *Veterinary Parasitology, Special issue: Update on Parasitic Diseases of Sheep* vol.189, n°1, p.44-51. [<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.031>]
- WASSINK G.J., GROGONO-THOMAS R., MOORE L.J., GREEN L.E. (2003) Risk factors associated with the prevalence of footrot in sheep from 1999 to 2000. *Veterinary Record* vol.152, n°12, p.351-358. [<https://doi.org/10.1136/vr.152.12.351>]
- WATERHOUSE A. (1996) Animal welfare and sustainability of production under extensive conditions—A European perspective. *Applied Animal Behaviour Science, Behaviour and Welfare of Extensively Farmed Animals* vol.49, n°1, p.29-40. [[https://doi.org/10.1016/0168-1591\(95\)00665-6](https://doi.org/10.1016/0168-1591(95)00665-6)]
- WEEKS CA. (2008) A review of welfare in cattle, sheep and pig lairages, with emphasis on stocking rates, ventilation and noise. *Animal Welfare* vol.17, p.275-284.
- WELFARE QUALITY® (2009) Welfare Quality® assessment protocol for cattle. In *Welfare Quality.net*. [http://www.welfarequality.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf] (consulté le 07/01/2021).
- WELSH E.M., GETTINBY G., NOLAN A.M. (1993) Comparison of a visual analogue scale and a numerical rating scale for assessment of lameness, using sheep as a model. *American Journal of Veterinary Research* vol.54, n°6, p.976-983.
- WEMELSFELDER F. (1997) The scientific validity of subjective concepts in models of animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science, Basic and Applied Aspects of Motivation and Cognition* vol.53, n°1, p.75-88. [[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(96\)01152-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(96)01152-5)]
- WEMELSFELDER F., HUNTER E.A., MENDEL M.T., LAWRENCE A.B. (2000) The spontaneous qualitative assessment of behavioural expressions in pigs: first explorations of a novel methodology for integrative animal welfare measurement. *Applied Animal Behaviour Science* vol.67, n°3, p.193-215. [[https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(99\)00093-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00093-3)]
- WEMELSFELDER F. (2007) How Animals Communicate Quality of Life: The Qualitative Assessment of Behaviour. *Animal Welfare*, vol. 16, p.25-36.
- WICKHAM S.L., COLLINS T., BARNES A.L., *et al.* (2015) Validating the Use of Qualitative Behavioral Assessment as a Measure of the Welfare of Sheep During Transport. *Journal of Applied Animal Welfare Science* vol.18, n°3, p.269-286. [<https://doi.org/10.1080/10888705.2015.1005302>]
- WILLIAMS A.R., PALMER D.G. (2012) Interactions between gastrointestinal nematode parasites and diarrhoea in sheep: Pathogenesis and control. *The Veterinary Journal* vol.192, n°3, p.279-285. [<https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.10.009>]
- WINTER A. (2004) Lameness in sheep 1. Diagnosis. In *Practice* vol.26, n°2, p.58-63. [<https://doi.org/10.1136/inpract.26.2.58>]
- WINTER A.C. (2008) Lameness in sheep. *Small Ruminant Research, Special Issue: Current Issues in Sheep Health and Welfare* vol.76, n°1, p.149-153. [<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.12.008>]
- WOAH (2021) Chapitre 7.1 du Code sanitaire pour les animaux terrestres : Introduction aux recommandations relatives au bien-être animal. In *WOAH - Organisation Mondiale de la Santé Animale*. [https://www.woah.org/fr/ce-que-nous-faisons/normes/codes-et-manuels/acces-en-ligne-au-code-terrestre/?id=169&L=1&htmlfile=chapitre_aw_introduction.htm] (consulté le 24/03/2022)
- YAPI C.V., BOYLAN W.J., ROBINSON R.A. (1990) Factors associated with causes of preweaning lamb mortality. *Preventive Veterinary Medicine* vol.10, n°1, p.145-152. [[https://doi.org/10.1016/0167-5877\(90\)90060-U](https://doi.org/10.1016/0167-5877(90)90060-U)]

- YATES W.J., GLEESON A.R. (1975) Relationships between condition score and carcass composition of pregnant Merino sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* vol.15, n°75, p.467-470. [<https://doi.org/10.1071/EA9750467>]
- YILMAZ M., ALTIN T., KARACA O., *et al.* (2011) Effect of body condition score at mating on the reproductive performance of Kivircik sheep under an extensive production system. *Tropical Animal Health Production* vol.43, n°8, p.1555-1560. [<https://10.1007/s11250-011-9841-1>]
- YOUDE H., HUAITAO C. (2001) Studies on the Pathogenesis of Shimao Zheng (Fleece-eating) in Sheep and Goats. *Veterinary Research Communications* vol.25, n°8, p.631-640.
- ZANOLINI B., OBERBAUER A.M., PRIEN S.D., GALYEAN M.L., JACKSON S.P. (2014) Effects of sex, breed, callipyge phenotype, and docked tail length on rectal prolapse in lambs. *Sheep & Goat Research Journal* vol.29, p.5-10.
- ZURBRIGG K., KELTON D., ANDERSON N., MILLMAN S. (2005) Stall dimensions and the prevalence of lameness, injury, and cleanliness on 317 tie-stall dairy farms in Ontario. *Canadian Veterinary Journal* vol.46, n°10, p.902-909.

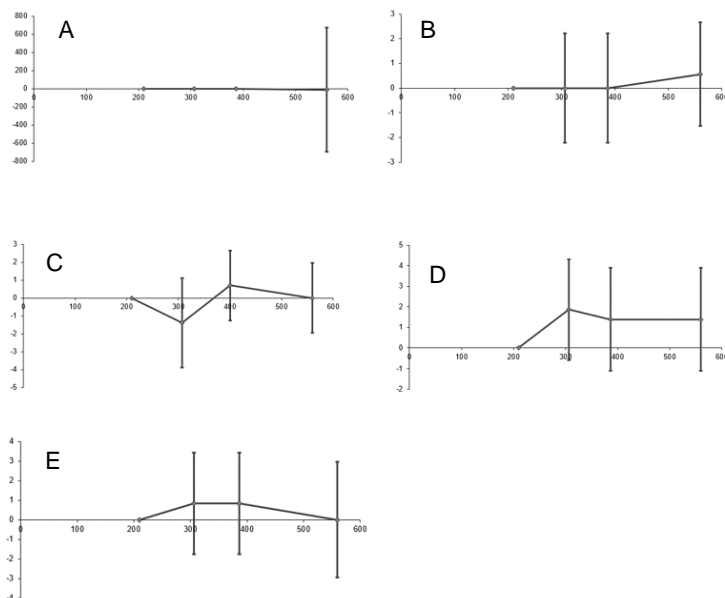
Annexe 1 : objectif, seuils d'alerte et d'alarme de chacun des 26 indicateurs du protocole EBBEL.

Libertés	Indicateurs	Objectifs	Seuils d'alerte	Seuils d'alarme
Absence de faim, soif et malnutrition	État corporel	≥ 98 %	95 - 98 %	< 95 %
	Capacité d'abreuvement en bergerie	100 %	87 - 99 %	< 87 %
	Abreuvement en pâture	Toutes les parcelles	Certaines parcelles	Aucune parcelle
Absence de douleur, maladie et blessure	Locomotion	≥ 98 %	95 - 98 %	< 95 %
	Longueur des onglons	≥ 99 %	94 - 99 %	< 94 %
	Intégrité de la peau	≥ 98 %	95 - 98 %	< 95 %
	Intégrité de la mamelle	≥ 99 %	95 - 99 %	< 95 %
	Intégrité des trayons	≥ 96 %	90 - 96 %	< 90 %
	Absence de sécrétion nasale	100 %	98 - 99 %	< 98 %
	Propreté pourtour anal	100 %	98 - 99 %	< 98 %
Absence de contrainte physique et climatique	Couverture de laine correcte	100 %	91 - 99 %	< 91 %
	Propreté du dos	100 %	84 - 99 %	< 84 %
	Propreté des pattes	100 %	87 - 99 %	< 87 %
	Propreté de la mamelle	100 %	94 - 99 %	< 94 %
	Humidité de la laine	≥ 98 %	94 - 98 %	< 94 %
	Surface disponible par animal	≥ 1,2 m ²	1,1 - 1,2 m ²	< 1,1 m ²
Expression de comportements normaux	Ombre en pâture	Toutes les parcelles	Certaines parcelles	Aucune parcelle
	Accès à la pâture	> 180 jours sur 7 mois	150 jours sur 6 mois - 180 jours sur 7 mois	< 150 jours sur 6 mois
	Liberté de mouvement	Pas d'animaux attachés	Attache exceptionnelle	Attache régulière ou systématique
Absence de peur ou de stress	QBA	États émotionnel et éveil +	État émotionnel + et d'éveil - ou inversement	États émotionnel et éveil -
	Animaux élevés individuellement	Aucun	-	1 animal
	Distance de fuite	≤ 1 m	1-3 m	< 3 m
	Type de fuite	Absente	En marchant	En courant
Plusieurs libertés	Mortalité des brebis	≤ 3 %	3 - 5 %	> 5 %
	Mortalité des agneaux	≤ 8 %	8 - 15 %	≥ 15 %
	Nombre de brebis/UMO	≤ 200	200-300	> 300

Ce tableau est fourni à l'éleveur accompagné des résultats à l'évaluation du BEA des brebis selon le protocole EBBEL.

Annexe 2 : linéarité de l'association entre le respect ou non des seuils des paramètres de la qualité du lait et l'effectif du troupeau dans l'échantillon

Numéro 1. Test de la linéarité de l'association entre le respect ou non des seuils des paramètres de la qualité du lait et l'effectif du troupeau dans l'échantillon (n = 74) : valeurs des coefficients du modèle de régression logistique en fonction de la médiane de chaque classe d'effectifs.



A : test de la linéarité de l'association entre le respect ou non du seuil de Comptage Cellulaire de Tank et l'effectif.

B : test de la linéarité de l'association entre le respect ou non du seuil du taux de spores butyriques dans le lait de tank et l'effectif.

C : test de la linéarité de l'association entre la présence ou non de salmonelles et l'effectif.

D : test de la linéarité de l'association entre le respect ou non du seuil du taux de coliformes dans le lait de tank et l'effectif.

E : test de la linéarité de l'association entre le respect ou non du seuil du taux de staphylocoques dans le lait de tank et l'effectif.

BIEN-ÊTRE DES BREBIS LAITIÈRES DANS LE BASSIN DU ROQUEFORT : SCORE GLOBAL DE BIEN- ÊTRE ET LIEN AVEC LA QUALITÉ DU LAIT DE TANK

AUTEUR : Mathilde ROMAN

RÉSUMÉ :

La qualité du lait des brebis laitières est une donnée importante pour les éleveurs d'ovins laitiers car, en France, elle conditionne leur rémunération par la laiterie. Le but de cette thèse était : 1) créer un score global de bien-être des brebis laitières pour compléter le protocole d'Évaluation du Bien-être des Brebis Laitières dans le bassin du Roquefort (EBBEL) afin de comparer les élevages entre eux et à l'élevage idéal en termes de bien-être ; 2) analyser le lien entre le niveau global de bien-être à l'échelle du troupeau et la qualité du lait de tank avec comme hypothèse d'étude, qu'un meilleur niveau de bien-être animal (BEA) entraîne une meilleure qualité du lait. Ce travail est basé sur l'étude des données EBBEL de 81 élevages de brebis laitières de race Lacaune vendant leur lait de tank à une même laiterie, qui a fourni les données de la qualité du lait (taux de staphylocoques, taux de coliformes, comptage cellulaire de tank [CCT], taux des spores butyriques, présence de salmonelles). Pour le premier objectif de cette thèse, neuf experts ont défini l'élevage idéal en termes de BEA, ce qui a constitué la base du score de BEA. Celui-ci a été fondé sur un système de points et de bonus/malus et pouvait varier entre – 45 et 52. Appliqué aux 81 élevages de la base de données EBBEL, les scores obtenus se répartissaient entre – 6 et 43 et 84 % des élevages étaient situés dans la moitié supérieure des scores possibles. Ces résultats montrent une bonne maîtrise et une faible variabilité du BEA dans le bassin du Roquefort mais une marge de progression est visible puisqu'aucun élevage n'a atteint le score de l'élevage idéal (52). Pour le second objectif de cette thèse, nous avons accès aux données de qualité du lait de seulement 74 élevages de la base de données EBBEL, ceux qui ont été inclus dans cette partie de l'étude. La qualité du lait a été statistiquement comparée entre le quartile supérieur et le quartile inférieur des scores de BEA. Aucune association entre le BEA et la qualité du lait n'a été mise en évidence. Cependant, on ne peut exclure l'absence de biais ou un défaut de puissance. Finalement, on ne peut conclure avec certitude sur le lien entre qualité du lait et niveau global de bien-être des brebis laitières dans le bassin du Roquefort. Ainsi, dans les conditions retrouvées dans la région du Roquefort, il ne serait pas recommandé d'utiliser le lien entre le BEA global et la qualité du lait comme argument pour inciter les éleveurs à prendre en compte le bien-être animal dans sa globalité.

MOTS CLÉS : BIEN-ÊTRE ANIMAL / QUALITÉ DU LAIT / LAIT DE TANK / SCORE / BREBIS LAITIÈRES / ÉLEVAGE / RUMINANT / OVIN / ROQUEFORT

JURY :

Président : Pr ADJOU Karim

Directrice de thèse : Dr DE PAULA REIS Alline

Examinateur : Dr MAUFFRÉ Vincent

WELFARE OF DAIRY EWES IN THE ROQUEFORT REGION: GLOBAL WELFARE SCORE AND RELATIONSHIP WITH BULK TANK MILK QUALITY

AUTHOR: Mathilde ROMAN

SUMMARY:

Bulk tank milk quality is an important information in France, because basic and incentive payments for ewes' milk is dependent on its quality. This veterinary thesis aimed at 1) creating a global welfare score in order to complete the dairy ewes' welfare assessment protocol EBBEL and to compare farms to each other and to compare them to an ideal of welfare in dairy ewe farms according to the players of the region; and 2) analyzing the impact of global welfare of dairy ewes from the Roquefort region on the bulk tank milk quality. Data of bulk tank milk of the farms (levels of staphylococcus, coliforms, somatic cell counts, butyric acid spores and presence of salmonella) and of the welfare level as calculated with the EBBEL protocol. For the first objective, welfare evaluations of 81 Lacaune dairy ewe farms, were used. Firstly, nine experts defined what was the ideal of welfare in a dairy ewe farm. This definition embedded the method of calculation of the global welfare score based on the EBBEL protocol. This score was created with a points and bonuses/maluses' system and could range from – 45 to + 52. Applied to EBBEL data set, the scores ranged from – 6 to + 43 and 84 % of the farms were in the superior half of possible scores. These results showed a good level of welfare and little variability in the Roquefort region. However, there was still potential for improvement because none of the 81 farms obtained the ideal welfare score (+ 52). Secondly, bulk tank milk quality was statistically compared between the superior and the lower quartiles of welfare scores in 74 dairy ewe farms from the EBBEL data base for which we had bulk tank milk quality information available. No statistical differences were found and we could not conclude for sure on the impact of global welfare of dairy ewes in the Roquefort region on the bulk tank milk quality. Therefore, at present, in the Roquefort region, we would not recommend to use the relationship between global welfare and bulk tank milk quality as an argument to foster farmers to take global dairy ewe welfare into account.

KEYWORDS: ANIMAL WELFARE / MILK QUALITY / BULK TANK MILK / SCORE / DAIRY EWES / FARM / RUMINANT / SHEEP / ROQUEFORT

JURY:

Chairperson: Pr ADJOU Karim

Thesis Director: Dr DE PAULA REIS Alline

Reviewer: Dr MAUFFRÉ Vincent