ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE, AGROALIMENTAIRE
ET DE L'ALIMENTATION NANTES ATLANTIQUE - ONIRIS

ANNÉE 2012

IMPACT DU BIEN-ÊTRE ANIMAL ÉVALUÉ PAR LA MÉTHODE WELFARE QUALITY® SUR LA PRODUCTION DES VACHES LAITIÈRES

THÈSE
pour le
diplôme d'État
de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement
le 24 octobre 2012

devant
l'Université de Nantes
UFR de Médecine
par

Charlotte HOOGVELD

Née le 7 février 1986 à Argenteuil (95)

JURY

Président : Monsieur Patrick LUSTENBERGER,
Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes

Membres : Madame Nathalie BAREILLE,
Professeur à Oniris
Madame Christine FOURICHON,
Maître de conférences à Oniris

ENSEIGNANTS-CHERCHEURS DE ONIRIS

École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique

Directeur Général : Pierre SAI (Pr)

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE, PATHOLOGIE ET SCIENCES DE L'ALIMENT		
NUTRITION et ENDOCRINOLOGIE	Patrick NGUYEN (Pr) Henri DUMON (Pr)	Brigitte SILIART (Pr) Lucile MARTIN (Pr)
PHARMACOLOGIE et TOXICOLOGIE	Martine KAMMERER (Pr) Jean-Dominique PUYT (Pr)	Hervé POULIQUEN (Pr) Jean-Claude DESFONTIS (Pr)
PHYSIOLOGIE FONCTIONNELLE, CELLULAIRE et MOLECULAIRE	Lionel MARTIGNAT (MC) Jean-Marie BACH (Pr)	Julie HERVE (MCC)
HISTOLOGIE ET ANATOMIE PATHOLOGIQUE	Yan CHEREL (Pr) Jérôme ABADIE (MC)	Frédérique NGUYEN (MC) Marie-Anne COLLE (MC)
PATHOLOGIE GENERALE, MICROBIOLOGIE et IMMUNOLOGIE	Jean-Marc PERSON (Pr) Jean-Louis PELLERIN (Pr)	Hervé SEBBAG (MC) Emmanuelle MOREAU (MC)
BIOCHIMIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Laurent LE THUAUT (MC) Thierry SEROT (Pr) Joëlle GRUA (MC)	*Carole PROST (Pr)* Florence TEXIER (MC)
MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE INDUSTRIELLE	Xavier DOUSSET (Pr) Djamel DRIDER (MC) Bernard ONNO (MC)	Hervé PREVOST (Pr) Bénédicte SORIN (Chef de travaux)
DÉPARTEMENT DE SANTE DES ANIMAUX D'ELEVAGE ET SANTE PUBLIQUE		
HYGIENE ET QUALITE DES ALIMENTS	Michel FEDERIGHI (Pr) Bruno LE BIZEC (Pr) Catherine MAGRAS-RESCH (Pr)	Eric DROMIGNY (MC) Marie-France PILET (MC) Jean-Michel CAPPELIER (MC)
MEDECINE DES ANIMAUX D'ELEVAGE	Arlette LAVAL (Pr émérite) Catherine BELLOC (MC) Isabelle BREYTON (MC) Christophe CHARTIER (Pr)	Alain DOUART (MC) Sébastien ASSIE (MC) Raphaël GUATTEO (MC)
PARASITOLOGIE GENERALE, PARASITOLOGIE DES ANIMAUX DE RENTE, FAUNE SAUVAGE et PATHOLOGIE AQUACOLE	Monique L'HOSTIS (Pr) Alain CHAUVIN (Pr) Albert AGOULON (MC)	Guillaume BLANC (MC) Ségolène CALVEZ (MC)
MALADIE REGLEMENTEE, ZOONOSES et REGLEMENTATION SANITAIRE	Jean-Pierre GANIERE (Pr émérite) Suzanne BASTIAN-ORANGE (MC)	Nathalie RUVOEN-CLOUET (MC) Carole PEROZ (MC)
ZOOTECHNIE, ECONOMIE	Aurélien MADOUASSE (MCC) Xavier MALHER (Pr) François BEAUDEAU (Pr)	Christine FOURICHON (MC) Nathalie BAREILLE (Pr)
DÉPARTEMENT DE SCIENCES CLINIQUES		
ANATOMIE DES ANIMAUX DOMESTIQUES	Patrick COSTIOU (Pr) Eric BETTI (MC)	Claire DOUART (MC) Claude GUINTARD (MC)
PATHOLOGIE CHIRURGICALE et ANESTHÉSIOLOGIE	Olivier GAUTHIER (Pr) Béatrice LIJOUR (MC) Eric AGUADO (MC)	Delphine HOLOPHERNE (MC) Olivier GEFFROY (Pr) Eric GOYENVALLE (MC)
DERMATOLOGIE, PARASITOLOGIE DES CARNIVORES ET DES EQUIDES, MYCOLOGIE	Patrick BOURDEAU (Pr)	Vincent BRUET (MCC)
MEDECINE INTERNE, IMAGERIE MÉDICALE et LEGISLATION PROFESSIONNELLE VÉTÉRINAIRE	Yves LEGEAY (Pr) Dominique FANUEL (Pr) Anne COUROUCE-MALBLANC (MC) Catherine IBISCH (MC)	Marion FUSELLIER (MC) Jack-Yves DESCHAMPS (MC) Odile SENECAT (MC)
BIOTECHNOLOGIES et PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION	Daniel TAINTURIER (Pr) Francis FIENI (Pr) Jean-François BRUYAS (Pr)	Lamia BRIAND (MC) Djemil BENCHARIF (MC)

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS ALIMENTAIRES	
Lionel BOILLEREAUX (Pr) Dominique COLIN (MC) Sébastien CURET PLOQUIN (MC) *Marie DE LAMBALLERIE (Pr)* Dominique DELLA VALLE (MC) Francine FAYOLLE (Pr) Michel HAVET (Pr)	Vanessa JURY (MC) Alain LEBAIL (Pr) Catherine LOISEL (MC) Jean-Yves MONTEAU (MC) Denis PONCELET (Pr) Olivier ROUAUD (MC) Hélène SIMONIN (MC)

DÉPARTEMENT DE MANAGEMENT, STATISTIQUE ET COMMUNICATION		
SENSOMÉTRIE - CHIMIOMÉTRIE	Véronique CARIOU (MC) Philippe COURCOUX (MC) El Mostafa QANNARI (Pr)	Michel SEMENOU (MC) Chantal THORIN (PCEA) Evelyne VIGNEAU (Pr)
ECONOMIE – GESTION - COMMUNICATION	Pascal BARILLOT (MC) Yvan DUFEU (MC) Marie-Josée LORRAIN (MC)	*Jean-Marc FERRANDI (Pr)* Samia ROUSSELIERE (MC) Vincent HOVLAQUE (Pr)
LANGUES	Franck INSIGNARES (PCEA) Linda MORRIS (PCEA)	Marc BRIDOU (PCEA) Fabiola ASENCIO (PCEA)

Pr : Professeur,

Pr A : Professeur Associé,

Pr I : Professeur Invité,

MC : Maître de Conférences,

MCC : Maître de Conférences Contractuel,

AERC : Assistant d'enseignement et de recherches,

PLEA : Professeur Lycée Enseignement Agricole,

PCEA : Professeur certifié enseignement agricole

REMERCIEMENTS

À notre jury de thèse :

À Monsieur Patrick Lustenberger,

Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Hommages respectueux.

À Madame Nathalie Bareille,

Professeur à Oniris,
Pour m'avoir accordé sa confiance et guidé durant la réalisation de ce travail.

Sincères reconnaissances.

À Madame Christine Fourichon,

Maître de conférences à Oniris,
Qui nous a fait l'honneur de participer à ce jury.

Sincères remerciements.

À Maud Coignard,
Doctorante à l'INRA,
Pour sa confiance, son soutien précieux, et son implication tout au long de ce travail.
Sincères remerciements.

À Luc Mounier,
Maître de conférences à Vet-Agrosup Lyon,
Pour sa contribution à l'élaboration de ce travail.
Sincères remerciements.

À Anne Lehébel,
Ingénieur de recherche à l'INRA,
Pour son aide si précieuse.

À Aurélien Madouasse,
Maître de conférences à Oniris,
Pour sa relecture et ses nombreux conseils.

À Jean-Yves Audiart,
Pour sa collaboration sur le terrain

À Didier Billon, Lekan Otiki, Nadine Brisseau et Michel Leroux,
Pour leur disponibilité et leur soutien technique, toujours avec le sourire…

À Nadine, Maud et Adeline,
Pour m'avoir fait partager leur bonne humeur durant ces mois de stage.

À tous les éleveurs qui ont accepté de participer à l'étude,
Pour leur collaboration et leur accueil chaleureux.

À Marguerite Lepasteur, ma grand-mère,
Grâce à qui je ne suis pas devenu vétérinaire par hasard.
Je lui dédie ce travail.

À mes parents,
Qui m'ont encouragé et soutenu durant toutes ces années.
Merci de m'avoir permis d'arriver jusque là.

À Guillaume, mon frère,
Pour la poésie que tu mets dans ma vie.

À mon frère Frédéric,
À nos années de complicité.

À Florent,
Pour ta présence, ton soutien indéfectible à mes cotés et pour tout ce que l'on partage de si beau…

À Talou,
Pour m'avoir aidé à trouver ma force.

À Babeth et Michel,
Parce que vous êtes ma famille de cœur…

À Marie et Marion
À toutes nos soirées interminables passées à refaire le monde.

À Yann,
Pour ton soutien.

À tous mes amis Nantais, Parisiens, Dijonnais, Bordelais, de Normandie ou d'ailleurs,
Pour tous les bons moments passés ensemble, et pour tous ceux à venir…

À Laurie, Aloïsa, Anne-sophie, Guillaume, Amandine, Clarisse, Lucie, Julien, Elodie, Louise et mes autres co-parrains,
De ces cinq années passées à l'école, en clinique ou sur les bancs de l'amphi, je ne garderai que le meilleur. À l'heure où nous prenons chacun notre envol, je vous souhaite à tous de réaliser vos rêves.

Aux vétérinaires qui m'ont accueilli et fait partager leur expérience et leur belle vision du métier.

À toutes les personnes qui, un jour, ont croisé mon chemin et qui, sans le savoir, m'ont permis d'avancer dans la vie.

SOMMAIRE

SOMMAIRE **13**

LISTE DES TABLEAUX **17**

LISTE DES FIGURES **19**

LISTE DES ANNEXES **21**

INTRODUCTION GÉNÉRALE **23**

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE **25**

1. LA MÉTHODE WELFARE QUALITY® **25**
1.1) Description de la méthode 25
1.2) Validité du protocole Welfare Quality® 28

2. ÉTUDE DES RELATIONS ENTRE LES INDICATEURS DU BIEN-ÊTRE ANIMAL ET LA PRODUCTION CHEZ LES VACHES LAITIÈRES. **30**
2.1) Objectifs 30
2.2) Méthode de recherche et critères de sélection des études 30
2.3) Relation entre la note d'état corporel et la production laitière 30
2.3.1) Comparaison des matériels 30
2.3.2) Comparaison des méthodes 30
2.3.2.1) Méthode et fréquence de notation de l'état corporel 30
2.3.2.2) Comparaison des méthodes statistiques employées 32
i) Modalités d'expression de la NEC 32
ii) Variables de production laitière 32
iii) Méthodes statistiques 32
2.3.3) Synthèse : relation entre la note d'état corporel et la production laitière 33
2.3.3.1) Relation entre la NEC au vêlage et la production laitière 34
2.3.3.2) Effets de la perte d'état corporel en début de lactation sur la production laitière 35
2.3.3.3) Lien entre la NEC au tarissement et la production laitière 36
2.3.3.4) Conclusion 36
2.4) Effet des boiteries sur la production laitière 37
2.4.1) Comparaison des matériels 37
2.4.2) Comparaison des méthodes 37
2.4.2.1) Méthodes d'attribution du score locomoteur 37
2.4.2.2) Comparaison des méthodes statistiques 39
i) Variables de production laitière 39
ii) Choix des cas et témoins 40
iv) Prise en compte des facteurs d'ajustement 40
v) Méthodes statistiques utilisées par les études 41
2.4.2.3) Synthèse sur l'effet des boiteries sur la production laitière 41

2.5) Effet des métrites sur la production laitière 43
2.5.1) Comparaison des matériels 43
2.5.2) Comparaison des méthodes 44
2.5.2.1) Définitions des cas de métrites et des témoins 44
2.5.2.2) Variables de production laitière employées et estimation des effets des métrites sur la production laitière dans les études 45
2.5.2.3) Méthodes statistiques utilisées dans les études 45
2.5.2.4) Synthèse : effet des métrites sur la production laitière 45
2.6) Effet des mammites sur la production laitière 46
2.7) Effet des dystocies sur la production laitière 48
2.8) Effet des diarrhées sur la production laitière 49
2.9) Effet des altérations tégumentaires sur la production laitière 50
2.10) Effet des troubles respiratoires sur la production laitière 50
2.11) Relation entre le confort de couchage et la production laitière 50
2.12) Effet de l'approvisionnement en eau sur la production laitière 51
2.13) Lien entre la relation homme-animal et la production laitière 51
2.14) Lien entre l'expression de comportements agonistiques et la production laitière 53
2.15) Conclusion : relation entre les indicateurs de bien-être du Welfare Quality® et la production laitière 53

ÉTUDE PERSONNELLE : Étude de l'influence du bien-être animal sur la production des vaches laitières 55

1. INTRODUCTION : CADRE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE 55

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES 55
2.1) Recrutement des exploitations 55
2.2) Collecte des données en élevage 56
2.3) Détermination de la période d'étude des données de production laitière 56
2.4) Création de la base de données 58
2.5) Traitement statistique des données 59

3. RÉSULTATS 61
3.1) Étude descriptive de l'échantillon 61
3.1.1) Description statistique de l'échantillon 61
3.1.2) Description du bien-être animal au sein de l'échantillon d'étude 62
3.1.3) Description de la production laitière 66
3.2) Relation entre le niveau de bien-être et la production laitière 67
3.2.1) Résultats des modèles élémentaires 67
3.2.2) Résultats de l'analyse multivariée 77

4. DISCUSSION 80
4.1) Niveau de bien-être animal et prévalence des troubles de bien-être au sein de l'échantillon 80
4.2) Estimation des relations entre les indicateurs de bien-être et la production laitière 81

4.3) Perspectives 86
4.3.1) Applications pratiques en élevage 86
4.3.2) Perspectives scientifiques 87

CONCLUSION 89

BIBLIOGRAPHIE 91

ANNEXES 97

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Mesures réalisées en élevage pour l'évaluation du bien-être animal des vaches laitières (d'après le Welfare Quality®) 27

Tableau 2. Niveau de bien-être par critère et par principe selon le score obtenu à partir des mesures effectuées sur l'exploitation 27

Tableau 3. Niveau global de bien-être de l'exploitation selon les scores obtenus aux 4 principes 28

Tableau 4. Comparaison des méthodes de notation de l'état corporel et des variables de NEC utilisées par les différentes études 31

Tableau 5, d'après Whay (2002) et Chesnin (2011). Méthodes de score locomoteur employées dans les études 38

Tableau 6. Définitions des cas de boiteries selon les études 40

Tableau 7. Comparaison des effets des boiteries sur la production laitière selon les études ... 43

Tableau 8. Comparaison des effets des boiteries sur la production laitière, selon les études .. 44

Tableau 9. Comparaison des mesures liées à la relation homme-animal et de leur relation avec la production laitière selon les études 52

Tableau 10. Synthèse des relations rapportées dans la littérature entre les indicateurs de bien-être et la production laitière 54

Tableau 11. Répartition des élevages selon les critères de stratification 56

Tableau 12. Distribution des troupeaux selon les critères : taille, type de logement, type de traite, zone géographique, race dominante et niveau de production (n= 121) 61

Tableau 13. Répartition des vaches selon leur race, leur parité, leur stade de lactation au contrôle laitier et leur niveau de production laitière (N = 4725) 62

Tableau 14. Distribution des scores de Principe du Welfare Quality® 63

Tableau 15. Distribution des scores de critères du Welfare Quality® 64

Tableau 16. Effets des facteurs de variations connus sur la production laitière. 66

Tableau 17. Relations entre les mesures individuelles de bien-être et la production laitière : résultats du modèle élémentaire 69

Tableau 18. Relation entre les mesures collectives de bien-être et la production laitière 72

Tableau 19. Relation entre les scores de critères du Welfare Quality® et la production laitière 75

Tableau 20. Relation entre les scores de principes du Welfare Quality® et la production laitière 77

Tableau 21. Relation entre le score global de bien-être du Welfare Quality® et la production laitière 77

Tableau 22. Relation entre la production laitière et les indicateurs de bien-être du Welfare Quality® (n = 4725 vaches) 79

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma général des objectifs visés par le projet Welfare Quality® (d'après Veissier et al, 2007) 25

Figure 2. Processus d'intégration des données, des différentes mesures collectées à l'attribution d'un score global, pour un élevage, d'après le Welfare Quality® 26

Figure 3. Évolution de la Note d'état corporel selon le stade de lactation (Roche et al., 2007) 33

Figure 4, d'après Roche et al. (2007). Associations entre la NEC au vêlage (Echelle 5 grades) et la production laitière 35

Figure 5. Sélection des contrôles laitiers autour de la visite d'évaluation 58

Figure 6. Répartition des troupeaux (%) selon leur score global de bien-être 62

Figure 7. Répartition des troupeaux selon leurs scores de principe du Welfare Quality® 63

Figure 8. Distribution des productions au jour du contrôle (kg/j) de l'étude (n = 4725) 66

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1. Description des mesures effectuées dans l'évaluation du bien-être animal dans un troupeau laitier par la méthode Welfare Quality® 97

Annexe 2. Définitions des mots-clés et résultats de la recherche bibliographique sur le lien entre les indicateurs de bien-être définis dans le Welfare Quality® et la production laitière 107

Annexe 3. Caractéristiques (Sources, échantillonnage et recueil de données) des études retenues 109

Annexe 4. Estimation des effets des indicateurs sur la production laitière : méthodes et des modélisations statistiques des études retenues 112

Annexe 5. Grille de notation de l'état corporel selon la méthode d'Edmonson et al.(1989) . 115

Annexe 6. Distribution des vaches de l'échantillon selon les résultats des mesures de l'évaluation Welfare Quality® 116

Annexe 7. Impact des effets fixes liés aux mesures individuelles sur la production laitière, calculés par le modèle univarié basé sur trois contrôles laitiers 122

Annexe 8. Répartition des vaches selon leur Note d'état corporel et leur stade de lactation au jour de la visite 124

Annexe 9. Impact sur la production laitière de l'interaction entre la NEC et le stade de lactation le jour de la visite 124

Annexe 10. Répartition des vaches selon leur accès au pâturage (nombre moyen de jour par an) et le système de traite 125

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le bien-être animal est un concept multidimensionnel, qui possède de nombreuses définitions. Selon Hughes (1976), il correspond à l'état d'harmonie de l'animal avec son environnement. Dawkins (1983) l'associe à l'absence d'émotions négatives (peur, frustration, douleur, faim ou soif prolongées…) et à la présence d'émotions positives, émotions qualifiées plus tard par Ducan (2005) d'« État émotionnel positif » (Veissier et al., 2007). Le bien-être animal serait ainsi la réunion de notions comportementales (adaptation de l'animal, absence de douleur et d'inconfort), physiologiques (santé, productivité...) et de concepts liés à la « vie naturelle » (expression de comportements adaptés à son espèce, adaptation à son environnement). Les cinq libertés définies par le Farm Animal Welfare Council (FAWC) en 1993 décrivent les conditions de bien-être de tout animal : 1) Absence de faim, de soif et de malnutrition, 2) Absence de douleur, de blessure et de maladie, 3) Absence de stress climatique ou physique, 4) Absence de peur et 5) Possibilité d'exprimer les comportements propres à l'espèce. Ces conditions constituent une base rationnelle à l'évaluation du bien-être animal.

Historiquement, la réflexion sur le bien-être animal en élevage se situe au croisement de deux courants apparus dans les années 70 : l'intensification de l'élevage d'une part, et l'évolution du statut de l'animal en tant qu'être vivant et sensible d'autre part (Dantzer, 2002). En effet, en réponse à la demande croissante des marchés, les systèmes de production en élevage bovin se sont fortement développés et intensifiés, faisant ainsi évoluer le statut de l'animal de production, animal dont le rendement n'a de cesse d'être amélioré depuis (Larrère, 2004). La sélection génétique de vaches hautes productrices, la transformation progressive des élevages au profit d'exploitations plus grandes, la modernisation des outils de travail et enfin, l'évolution des pratiques d'élevage ont notamment traduit ce changement dans la filière laitière bovine (Larrère, 2004). Ce contexte a fait émerger une attente sociétale de plus en plus exigeante vis-à-vis de la protection de ces animaux, et de leurs conditions d'élevage. Les productions les plus intensives, comme les poules pondeuses, ont particulièrement sensibilisé la société. Désormais, les consommateurs expriment davantage le choix de consommer éthique : outre leurs qualités organoleptiques, les denrées d'origine animale (DOA) sont jugées par la filière sur le respect de pratiques d'élevage respectueuses du bien-être animal (Bartussek, 1999; Dantzer, 2002; Veissier, 2007). Selon le sondage réalisé par la Commission européenne en 2006, 65% des personnes interrogées considèrent le bien-être des animaux d'élevage comme « faible à très faible » et 77 % sont favorables à la mise en place de mesures pour l'améliorer. Perçu comme un gage de qualité des DOA par les consommateurs (Dantzer, 2002; Consortium TNS Opinion & Social, 2007), le bien-être des animaux d'élevage est un argument de vente à disposition des industries agro-alimentaires, qui désormais lui accordent une importance croissante (Webster, 2005). Les filières de production commencent ainsi à répondre à ces attentes par l'instauration d'une charte de bonnes pratiques d'élevage, et de certains programmes de certification auxquels les éleveurs font le choix d'être affilié.

La prise en considération du statut des animaux d'élevage au niveau réglementaire est apparue en France avec la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, dans laquelle l'animal est reconnu pour la première fois comme un être vivant et sensible (Dantzer, 2002). Par la suite, le traité de Lisbonne (entré en vigueur le 1er décembre 2009) introduit de nouvelles dispositions concernant le bien-être animal *« …l'Union et les États membres tiennent pleinement compte des exigences du bien-être des animaux en tant qu'êtres sensibles… »*, et le place au même niveau que les principes fondamentaux, telle que l'égalité entre les hommes et les femmes. Toutefois, alors que des directives spécifiques ont été adoptées pour les poules pondeuses (Directive 1999/74/EC), les veaux (Directive 91/629 amendée par 97/2/EC), les porcs (directive 91/630/EEC amendée par 2001/93/EC) et les poulets de chair (directive 2007/43/CE), aucune disposition n'a encore été prise pour les bovins, et notamment pour les vaches laitières.

Les nombreuses initiatives développées par les filières de production reposent néanmoins sur une évaluation pertinente du bien-être animal. Cette évaluation a pour objectifs : 1) l'élaboration d'un support fiable en vue d'une certification ou d'un contrôle des élevages selon des normes de bien-être animal 2) l'amélioration du bien-être animal en élevage en identifiant les facteurs de risque pouvant nuire au bien-être animal et la mise en place des mesures correctrices adaptées à chaque élevage, (Veissier, 2007). Le Welfare Quality®, projet européen mené de 2004 à 2009, a défini une méthode standardisée d'évaluation du bien-être animal pour différentes espèces, notamment les vaches laitières, à partir de mesures effectuées sur les animaux et sur l'environnement. Les quatre principes fondamentaux de ce protocole (Bonne alimentation, Logement adapté, Bonne Santé et Comportement approprié) rejoignent ici les cinq libertés du FAWC.

Par ailleurs, le bien-être et la productivité des animaux d'élevage ont longtemps été considérés comme opposés. Pour autant, le bien-être animal est-il un atout ou une contrainte pour la production laitière? Les travaux de Thomsen et al. (2007) , ont ainsi montré qu'une dégradation du bien-être chez les vaches laitières pouvait altérer leur niveau de production. La revue de De Vries et al. (2011) recense de nombreuses associations entre la production laitière et certains indicateurs de bien-être animal. En retour, l'amélioration des conditions d'élevage pourrait augmenter la productivité des animaux et favoriser la mise en place de plans d'actions afin de faire concilier bien-être animal et production (Veissier, 2007).

C'est dans ce contexte que vient se placer notre étude, avec comme objectifs : (1) d'établir la revue des données parues dans la littérature concernant le lien entre les indicateurs de bien-être animal et la production laitière, (2) d'évaluer l'association existante entre les différents indicateurs de bien-être des vaches laitières décrits par Welfare Quality® et leur niveau de production.

A terme, la mise en évidence d'un impact du bien-être animal sur la productivité des animaux d'élevage permettrait de souligner son importance dans la conduite d'élevage, et constituerait un argument solide en faveur de la mise en place de plans d'actions préventives et/ou correctives face à un défaut de bien-être observé dans un élevage.

1. LA MÉTHODE WELFARE QUALITY®

1.1) Description de la méthode

Le programme Welfare Quality® (2009) a été initié en 2004 par la Commission européenne sur un partenariat entre treize pays Européens et quatre pays Sud-Américains. L'objectif de ce projet était de développer des outils scientifiques pour l'évaluation du bien-être dans les élevages bovins, porcins et avicoles, de l'élevage à l'abattage. Cette évaluation permet d'identifier les facteurs de risques d'un défaut de bien-être animal en ferme et ainsi de proposer des solutions adaptées à chaque exploitation concernée. A terme, au niveau de la chaine alimentaire, elle permettrait de fournir une information sur le produit aux consommateurs concernant le bien-être des animaux de production (cf. Figure 1).

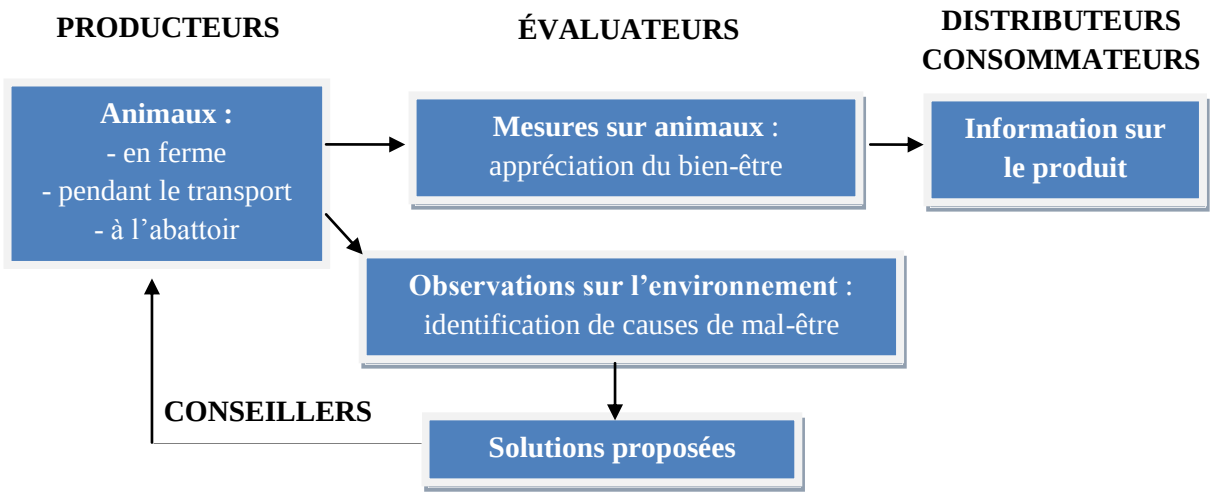


Figure 1. Schéma général des objectifs visés par le projet Welfare Quality® (d'après Veissier et al, 2007)

La méthode Welfare Quality® est une approche multidisciplinaire du bien-être animal. Elle se fonde sur un score global de bien-être et sur les scores des quatre principes suivants : une alimentation correcte, un logement adapté, une bonne santé et un comportement approprié. Ces principes sont explicités par douze critères (cf. Tableau 2) : par exemple, le principe alimentation est composé des critères « Absence de faim prolongée » et « Absence de soif prolongée ». Ces critères sont décrits par des scores calculés à partir de l'agrégation de données collectées lors de la visite en ferme (cf. Figure 2). Parmi ces mesures, une partie est observée directement sur une proportion des animaux choisie aléatoirement. Les autres mesures sont relevées sur les ressources (en alimentation et en eau), l'environnement et la conduite d'élevage (pratique de l'écornage, avec utilisation ou non d'analgésie…). Ces mesures, au nombre de trente-trois, sont réalisées au cours d'une visite unique, par des évaluateurs ayant été formés au préalable en situation réelle (Welfare Quality®, 2009) (cf. Tableau 1 et Annexe 1).

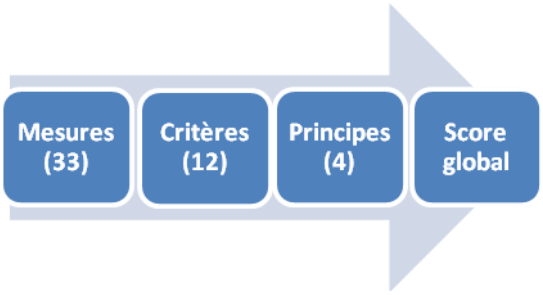


Figure 2. Processus d'intégration des données, des différentes mesures collectées à l'attribution d'un score global, pour un élevage, d'après le Welfare Quality®

Selon le rapport de l'EFSA publié en 2012, les **mesures collectées sur l'environnement** des animaux et sur la conduite d'élevage permettent d'apprécier **l'exposition des animaux à des facteurs de risque pouvant nuire à leur bien-être** et donc la qualité des conditions d'élevage. Le bien-être animal est mis en péril lorsque que l'animal ne peut plus s'adapter à ces conditions d'élevage, ou parce qu'il subit une atteinte directe à son bien-être, comme une blessure (EFSA Scientific Committee, 2012). A coté, les **mesures effectuées sur les animaux** évaluent leur **réponse adaptative** face à un défaut de bien-être. Elles renseignent également sur la prévalence et l'intensité de ces troubles (EFSA Scientific Committee, 2012). Par exemple, la note d'état corporel (NEC), évalue la qualité des apports alimentaires et la couverture des besoins nutritionnels, ce qui correspond au critère « Absence de faim prolongée ».

A partir des données collectées lors de la visite, un score de conformité est calculé pour chacun des critères, allant de 0 à 100. Afin de respecter l'importance relative des différents indicateurs dans l'évaluation du bien-être, les mesures appartenant à un même critère sont pondérées puis agrégées à l'aide d'outils mathématiques en un score correspondant à ce critère. Par exemple, pour le critère « Absence de blessures », un index est calculé à partir des mesures relevées sur les lésions et les boiteries (% lésions légères et % lésions sévères, % boiteries modérées et % de boiteries sévères respectivement) puis pondérées. Ces index sont ensuite combinés par l'intermédiaire d'une intégrale de Choquet pour calculer le score correspondant au critère « Absence de blessures ». Les scores de critères appartenant au même principe sont ensuite pondérés selon leur importance puis agrégés en un score de principe. Ces scores sont exprimés sur une échelle de 0 à 100, où 0 correspond au pire score et 100 au meilleur score possible.

Les scores de principe servent ensuite à attribuer, sans aucune compensation entre eux, une appréciation globale du bien être dans l'exploitation : Excellent, Bon, Acceptable et Faible (cf Tableaux 2 et 3).

Tableau 1. Mesures réalisées en élevage pour l'évaluation du bien-être animal des vaches laitières (d'après le Welfare Quality®)

Principes	Critères	Mesures
Alimentation correcte	Absence de faim prolongée	Note d'état corporel
	Absence de soif prolongée	Nombre d'abreuvoirs Propreté des points d'eau Débit et Fonctionnement des points d'eau
Logement correct	Confort de couchage	Temps mis pour se coucher Collision avec les équipements durant le coucher Animaux couchés en partie/complètement hors de zone de couchage Propreté de la mamelle, du flanc, des postérieurs
	Confort thermique	Aucune mesure réalisable en pratique
	Facilité de mouvement	Présence de système d'attache Accès à une aire d'exercice/pâture
Bonne santé	Absence de blessures	Boiteries Lésions cutanées (Patchs de peau sans pilosité, plaies, dermatites) Gonflements
	Absence de maladies	Toux Jetage nasal Écoulement oculaire Dyspnée Diarrhée Écoulement vulvaire % de vaches ayant un comptage de cellules somatiques dans le lait ≥ 400 000 au cours des 3 derniers mois. % de mortalité au cours des 12 derniers mois % de dystocies au cours des 12 derniers mois % de syndrome de la « vache couchée » au cours des 12 derniers mois
	Absence de douleurs liées aux pratiques d'élevage	Écornage Caudectomie
Comportement approprié	Expression du comportement social	Comportements agonistiques (coups de tête, combats…)
	Expression d'autres comportements	Accès à la pâture
	Bonne relation homme-animal	Distance de fuite/d'évitement
	Etat émotionnel positif	Évaluation qualitative du comportement

Tableau 2. Niveau de bien-être par critère et par principe selon le score obtenu à partir des mesures effectuées sur l'exploitation

Score obtenu pour le Principe /Critère	Niveau de bien-être
80 < Score ≤ 100	**Excellent**
55 < Score ≤ 80	**Bon**
20 < Score ≤ 55	**Acceptable**
Score ≤ 20	**Faible**

Tableau 3. Niveau global de bien-être de l'exploitation selon les scores obtenus aux 4 principes

Scores de Principe	Niveau global de bien-être
Au minimum 2 scores > 80 et aucun score < 55	**Excellent**
Au minimum 2 scores > 55 et aucun score < 20	**Bon**
3 scores > 20 et aucun score < 10	**Acceptable**
Au minimum un score < 10	**Faible**

L'appréciation de ces scores permet de positionner une exploitation par rapport à son niveau global de bien-être animal. Toutefois, le principe d'agrégation des mesures en scores transforme les données brutes, c'est pourquoi la prise en compte de ces scores uniquement est insuffisante pour fournir des conseils adaptés à chaque exploitation.

1.2) Validité du protocole Welfare Quality®

Les protocoles d'évaluation du bien-être en élevage se basent régulièrement sur des mesures effectuées soit sur les animaux, soit sur les ressources et l'environnement. En combinant ces deux types de mesures, le Welfare Quality® fournit une **évaluation globale** du bien-être animal en élevage.

Pour être valide, une évaluation du bien-être animal doit être **représentative des conditions réelles de bien-être des animaux en ferme**. Par ailleurs, la méthode doit être suffisamment **fiable** pour être effectuée à d'autres moments ou par des différents évaluateurs. Pour cela, ces mesures doivent être reproductibles et stables dans le temps. La qualité de cette évaluation est importante car elle pourrait conditionner à l'avenir la certification des élevages selon des normes de bien-être animal (Veissier et al., 2007).

Peu d'études se sont intéressées à la validité du Welfare Quality®. Néanmoins, les évaluations qui ont d'ores et déjà été menées avec ce protocole ont confirmé sa **faisabilité** (Knierim et Winckler, 2009). En effet, malgré la contrainte liée à certaines mesures devant être collectées à des moments précis de la journée, la réalisation du protocole dans son ensemble demeure assez flexible. La durée totale de l'évaluation**,** parfois considérée comme longue (environ 6 h pour un troupeau de 60 vaches laitières), est compensée par le **caractère unique de la visite**. De plus, la visite d'évaluation ne nécessite pas de compétences particulières et peut être ainsi être effectuée par une personne autre qu'un vétérinaire ou un éthologue (Knierim et Winckler, 2009). Une formation au protocole est cependant nécessaire pour réduire la variabilité inter- et intra observateur notamment dans le cas des mesures sur les animaux.

La **spécificité** d'une mesure de bien-être correspond au degré avec lequel cette mesure répond précisément à un objectif et renseigner un critère, malgré certains biais de confusion. Par exemple, dans le cas du critère « Confort de couchage », la mesure du temps mis pas la vache pour se coucher a pour optique d'évaluer le confort de la zone de couchage (dimensions adéquates, absence d'obstacles…). Cette durée, qui reflète la réticence de la vache à se coucher, peut néanmoins être biaisée par la présence de biais de confusion pouvant rallonger ce temps, telle qu'une boiterie.

D'après le rapport de l'EFSA (EFSA Scientific Committee, 2012), les mesures du Welfare Quality® ont une spécificité variable. Des observations telles que la NEC ou la présence d'une boiterie sont parfois la conséquence de plusieurs facteurs de risque (mauvaise alimentation ou survenue d'un trouble sanitaire) et sont de ce fait peu spécifiques d'un facteur de risque. En revanche, ces mesures contribuent à une évaluation plus globale du bien-être. Enfin, bien qu'elle soit variable d'un critère à l'autre, la spécificité des mesures du Welfare Quality® a néanmoins été approuvée par un groupe d'experts scientifiques (EFSA Scientific Committee, 2012).

La **reproductibilité** du Welfare Quality® a été testée dans des conditions expérimentales et a montré une variabilité plus ou moins importante selon les mesures considérées (Laurent, 2012). Les mesures basées sur l'environnement sont les plus objectives et de ce fait les plus répétables, en opposition aux mesures effectuées sur les animaux. Parmi elles, les mesures comportementales appartenant aux critères « Expression de comportements sociaux », et « État émotionnel positif », et au principe « Comportement approprié » ont d'ailleurs montré une faible reproductibilité (Laurent, 2012). Ces mesures sont basées sur la division du troupeau en segments d'observations. Le manque de stabilité et de reproductibilité de ces mesures s'explique par l'absence de règles concernant le choix et l'ordre d'observation des segments.

Enfin, pour être **représentative de la situation d'un troupeau à long-terme**, une évaluation menée au cours d'une visite unique, comme le Welfare Quality®, doit être **stable dans le temps** (Knierim et Winckler, 2009; Plesch et al., 2010). Une étude, menée par l'unité de recherche sur les herbivores de VetAgro-Sup et l'INRA de Theix, a réalisé plusieurs évaluations à des intervalles de temps réguliers au sein de neuf fermes durant un hivernage. Selon cette étude, les indicateurs du Welfare Quality® relatifs à la santé (lésions cutanées, boiteries…) ainsi que la majorité des scores de critères, de principe et le score global n'ont pas montré de stabilité dans le temps sur la période d'hivernage. Seules les mesures liées à la conduite d'élevage, à l'environnement, au logement (nombre de collisions avec l'équipement, nombre, débit et fonctionnement des abreuvoirs) et la distance d'évitement de l'animal vis-à-vis de l'homme ont montré une stabilité correcte dans le temps (Laurent, 2012). Cette étude a également comparé les résultats des évaluations réalisées au cours de trois visites par rapport à la moyenne obtenue sur l'hivernage. Elle a ainsi montré qu'une évaluation Welfare Quality® réalisée en fin de période de stabulation était plus représentative de la situation de ce troupeau durant la période d'hivernage.

Bien que ces résultats nécessitent d'être confirmés par d'autres études similaires, il en ressort que l'évaluation globale du Welfare Quality® est assez répétable mais instable dans le temps. Par conséquent, cette évaluation doit, pour être valide, être réalisée régulièrement, et si possible, **en fin de la période d'hivernage**. De plus, la faible stabilité de cette évaluation implique, dans le cas de notre étude personnelle, **d'évaluer l'impact à court terme du bien-être sur la production laitière** et ainsi de concentrer l'étude de la production laitière sur une période concomitante à l'évaluation.

2. ÉTUDE DES RELATIONS ENTRE LES INDICATEURS DU BIEN-ÊTRE ANIMAL ET LA PRODUCTION CHEZ LES VACHES LAITIÈRES.

2.1) Objectifs

L'objectif de notre étude est de déterminer l'impact du bien-être des vaches laitières sur leur production. Cette revue bibliographique aura ainsi pour objectifs : 1) de fournir une synthèse des connaissances sur le lien entre les indicateurs de bien-être et la production laitière, 2) d'être un élément de comparaison avec les résultats de notre étude personnelle. Elle rassemble les données parues sur la relation entre la production laitière et chacun des indicateurs de bien-être animal tels que décrits par le Welfare Quality® (cf Tableau 4), à savoir : les indicateurs sanitaires (note d'état corporel, boiteries, écoulements vulvaires, comptage de cellules somatiques, diarrhées, lésions cutanées et signes respiratoires : dyspnée, jetage nasal, écoulement oculaire, toux), les indicateurs comportementaux et ceux relatifs au confort de couchage, à la relation homme-animal et aux ressources en eau. Pour cela, nous avons essayé de respecter au plus près la définition et la façon dont sont mesurés ces indicateurs dans le Welfare Quality®. Toutefois, pour certains indicateurs, nous avons du considérer des méthodes de notation légèrement différentes de celles du Welfare Quality®, faute de données existantes dans la littérature.

2.2) Méthode de recherche et critères de sélection des études

La recherche a été effectuée dans les bases de données PUBMED, et CAB. Les mots-clés utilisés et les résultats sont décrits dans l'annexe 2.

2.3) Relation entre la note d'état corporel et la production laitière

2.3.1) Comparaison des matériels

Huit études ont été retenues. La plupart ont été réalisées entre 1990 et 2000 et sont donc relativement récentes (cf. Annexe 3.1). La taille des échantillons est assez hétérogène selon les études : trois ne se basent que sur un troupeau tandis que Markusfeld et al. (1997) et Berry et al. (2007) fondent leur étude sur 8 et 66 troupeaux avec respectivement 2162 et 8353 vaches, ce qui accroit la représentativité de leurs résultats.

2.3.2) Comparaison des méthodes

2.3.2.1) Méthode et fréquence de notation de l'état corporel

La notation de l'état corporel est un **indicateur fiable des réserves corporelles** de la vache laitière, et des variations physiologiques qu'elle subit durant sa carrière de productrice (Edmonson et al., 1989). Cette méthode se fonde sur l'observation des reliefs osseux des processus transverses des vertèbres lombaires, des vertèbres coccygiennes crâniales, et des pointes ischiatiques. Les notes attribuées vont de 1 à 5 ou de 1 à 10 selon l'échelle employée (cf. Annexe 3.1), la méthode la plus utilisée étant celle d'Edmonson et al. (1989) (cf. Annexe 5).

La mesure de NEC du Welfare Quality® se base sur des critères similaires aux autres études (cf Annexe 1), mais possède des indicateurs propres aux races laitières et aux races mixtes et seulement trois catégories : « État corporel normal », « Très maigre », «Très gras». Les deux dernières catégories couvrent des gammes de NEC anormales et sont donc synonyme d'une atteinte au bien-être : elles ne devraient donc jamais être atteintes par une vache, quelque soit son stade de lactation. Ce nombre de grade, moins important que dans les autres notations, fait d'elle la méthode de NEC la moins spécifique. En revanche, une telle précision dans la notation a ici peu d'importance, seules les atteintes au bien-être devant être repérées, comme les cas de maigreur extrême par exemple. En outre, le faible nombre de grades de cette méthode augmente la répétabilité du protocole.

La NEC reflète **l'état d'engraissement d'une vache à un instant t de sa lactation**. Cet état varie notamment selon sa parité et son stade de lactation (Roche et al., 2009). À la différence du Welfare Quality®, les études parues dans la littérature prennent en compte ce stade de lactation en mesurant la NEC à des moments-clés de la lactation (cf. Tableau 4) : la NEC au vêlage, la perte d'état corporel en début de lactation, la NEC minimale en lactation, la restauration de la NEC en milieu de lactation, la NEC le jour du tarissement et la variation de NEC pendant la période de tarissement. Enfin, la standardisation de ces méthodes selon des critères précis et le suivi d'une formation permettent de diminuer la part de subjectivité des évaluateurs et d'assurer ainsi une répétabilité et une reproductibilité correcte. La plupart des études emploie un seul évaluateur, à l'exception de Pedron et al. (1993) qui font appel à quatre personnes.

Tableau 4. Comparaison des méthodes de notation de l'état corporel et des variables de NEC utilisées par les différentes études

Source	Méthode de NEC	Fréquence de notation de l'état corporel	Variables de NEC étudiées [a]
Waltner et al. (1993)	5 grades (Edmonson et al., 1989)	30, 60, 90, 120 et 305 j PP	ΔNECt, NECv, ΔNECv
Domecq et al. (1997)		Toutes les semaines	ΔNECt, NECv
Pedron et al. (1993)		Tous les 10j, de la 2ème semaine avant le part jusqu'à la fin de la lactation.	NECv, ΔNECv, ΔNECg
Roche et al. (2007)	10 grades (Roche et al., 2004)	Toutes les 2 semaines, entre 2 vêlages.	NECt, ΔNECt, NECv, ΔNECv, NECmin, ΔNECg
Berry et al. (2007)	5 grades (Edmonson et al., 1989)	Toutes les 2 à 4 semaines.	ΔNECt, NECv, NECmin
Markusfeld et al. (1997)		Au tarissement puis au vêlage (entre 5et 12j PP)	NECv
Ruegg et Milton (1995)		Au tarissement, au vêlage, puis toutes les 2 semaines pendant la lactation.	NECv, ΔNECv, NEC min, ΔNECg
Garnsworthy et Topps (1982)	4 grades	Toutes les semaines, pendant les 16 premières semaines PP.	NECv

PP = post-partum, NR = non renseigné,

[a] : NECt = NEC au tarissement, ΔNECt = Variation de NEC pendant le tarissement, NECv = NEC au vêlage, ΔNECv = Variation de NEC en début de lactation, NECmin = Valeur minimale de NEC atteinte en lactation, ΔNECg = gain de NEC après la NEC minimale.

2.3.2.2) Comparaison des méthodes statistiques employées

i) Modalités d'expression de la NEC

Les auteurs ont estimé les effets d'une mesure de NEC à différents moments de la lactation sur la production laitière (cf. Annexe 3.1). Afin de comparer les effets sur la production entre différentes valeurs de NEC, la plupart des études ont exprimé la NEC sous la forme d'une **variable non continue** et utilisé une **régression non linéaire de type quadratique**, comme Waltner et al. (1993). Cette méthode permet de mettre en évidence une valeur de NEC optimale à un moment donné de la lactation, valeur pour laquelle la production laitière est maximale. A l'opposé, Markusfeld et al., (1997) et Domecq et al., (1997) ont employé une **variable continue,** étudiant ainsi l'effet de la variation, positive ou négative, d'une unité de NEC sur la production laitière. En faisant le postulat d'une **relation linéaire** entre la NEC au vêlage et la production laitière, cette méthode ne permet pas de déterminer une valeur de NEC optimale. Pour émettre cette hypothèse, il est probable que les auteurs se soient basés sur des valeurs de NEC situées en dessous de la NEC optimale, ce que nous n'avons pu vérifier avec les données disponibles.

ii) Variables de production laitière

Deux types de **variables cumulées de production** sont rencontrées parmi les études (cf. Annexe 4.1) : les variables cumulées sur le début de la lactation (Production laitière cumulée à 60, 90, 112 et 120 jours) et celles cumulées sur une partie plus importante de la lactation (Production cumulée à 180 ou 270 jours), ou sur la lactation entière (Production standardisée à 305 jours). Le premier cas permet d'estimer l'effet de la NEC (au tarissement, au vêlage) ou de la perte d'état corporel en début de lactation **sur la production en début de lactation, et en particulier au pic de production**. En revanche, l'emploi de variables cumulées sur une période plus longue fournit une estimation de l'effet à long-terme de la NEC sur l'ensemble de la lactation. L'objectif est de montrer si la NEC a des **répercussions plutôt à court-terme (au niveau du pic de lactation) et/ou à long-terme sur la production**. En étudiant la courbe de lactation, il est possible d'évaluer l'impact de la NEC sur la **persistance de la lactation**, représentée graphiquement par le degré de déclin de la courbe après le pic de lactation. La diversité des variables de production employées entre les études rend donc la comparaison de leurs résultats difficile.

iii) Méthodes statistiques

Les méthodes statistiques sont résumées dans le tableau en Annexe 4.1. Sur les huit études retenues, quatre emploient un **modèle statistique mixte**, avec comme effets fixes la parité, le stade lactation, le niveau de production, l'année de vêlage, ainsi que des effets aléatoires, comme l'effet vache et celui du troupeau. Waltner et al. (1993) utilisent des **modèles de régression multiple linéaire de type quadratique**, en regroupant leurs résultats par parité, par stade de lactation et par niveau de production. En soulignant l'absence de linéarité entre la NEC et la production, ce dernier modèle met en évidence des valeurs optimales de NEC à certains moments-clés de la lactation.

Domecq et al. (1997) ont réalisé en plus une **analyse en composantes principales**, afin d'écarter une éventuelle colinéarité entre plusieurs variables indépendantes incluses dans le modèle et de rétablir ainsi la véritable relation qui lie chaque variable indépendante à la variable à expliquer, ici la production laitière. L'étude des **effets de la NEC et de ses variations sur le profil de la lactation** permet de voir s'ils influent la production principalement autour du pic de lactation ou sur la lactation entière. C'est le cas de Roche et al. (2007) et de Berry et al.(2007) qui emploient la **fonction de Wilmink** (décrite par la formule : $\mathbf{y(t) = a + b\ e^{-0.05t} + ct}$ où y représente la production laitière (kg) à un instant t de la lactation, et où a, b, et c sont les paramètres estimés relatifs à la hauteur de la courbe, la pente de la courbe après le vêlage, et la pente de la phase de déclin post-pic). Garnsworthy et Topps (1982) comparent les courbes de lactation de trois groupes de vaches avec différentes NEC moyennes au vêlage : cette méthode, la moins fiable, ne permet pas de conclure quant l'effet de la NEC sur la production.

Les modèles non linéaires décrivent plus précisément la relation entre la NEC et la production laitière. Par ailleurs, la fiabilité des résultats repose également sur l'ajustement de modèles par certaines variables telles que le troupeau, la parité, le stade de lactation, l'année de vêlage et la présence de maladies concomitantes études.

2.3.3) Synthèse : relation entre la note d'état corporel et la production laitière

L'objectif des études est d'estimer l'effet de la NEC sur le profil de la lactation et ainsi de fournir aux éleveurs des **objectifs de NEC** à certains moments-clés de la lactation, pour optimiser la production laitière (Forkman et Keeling, 2009). Ces objectifs sont définis en lien avec l'évolution de la NEC selon le stade de lactation (cf. Figure 3). Nous détaillerons successivement les effets de la NEC au vêlage, de la perte d'état corporel en début de lactation et de la NEC au tarissement sur la production laitière, en essayant de distinguer, quand cela est possible leurs effets sur le pic de lactation et/ou sur la lactation entière.

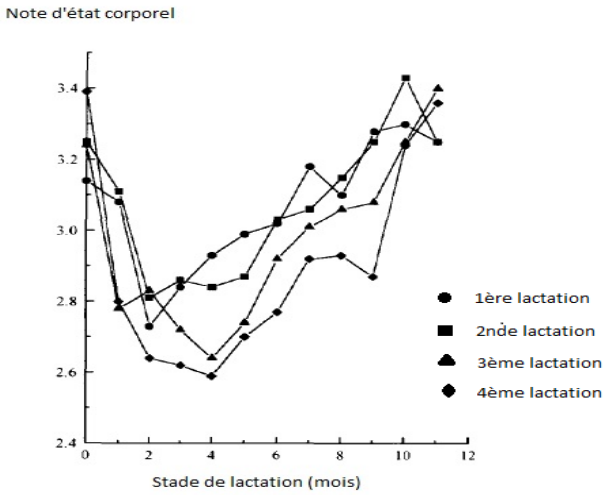


Figure 3. Évolution de la Note d'état corporel selon le stade de lactation (Roche et al., 2007)

2.3.3.1) Relation entre la NEC au vêlage et la production laitière

Grâce à un mécanisme de lipomobilisation, les réserves de tissus adipeux accumulées avant le vêlage sont un substrat pour la synthèse des acides gras à longue chaine contenus dans le lait, et pour la production d'énergie nécessaire à la lactogénèse, notamment en début de lactation. (Roche et al., 2009). De ce fait, une relation positive entre la NEC au vêlage et la production laitière est attendue. Pourtant, aucun consensus sur la nature de cette relation n'est établi parmi les études dans la littérature. Sur les huit études, trois études ne rapportent aucun **effet significatif de la NEC au vêlage sur la production** (Pedron et al., 1993; Ruegg et Milton, 1995; Domecq et al., 1997)**.**

En revanche, Garnsworthy et al. (1982) montrent que les vaches ayant une **faible NEC au vêlage** (1,65 en moyenne sur une échelle de 4) et nourries sous ration complète ad libitum, ont une production augmentée dans les 112 premiers jours de lactation par rapport aux vaches avec une NEC au vêlage modérée (2,8/4) ou élevée (3,8/4). Selon eux, il serait ainsi plus efficace pour ces vaches de produire du lait directement à partir de ses apports alimentaires, plutôt qu'en mobilisant leurs graisses corporelles. Les vaches maigres au vêlage, ayant une capacité d'ingestion supérieure aux vaches plus grasses, consacreraient davantage d'énergie à leur production, qui serait en retour plus importante. Toutefois, les études les plus récentes s'accordent sur un **effet positif de la NEC au vêlage sur la production, effet principalement marqué en début de lactation** (Waltner et al., 1993; Domecq et al., 1997; Markusfeld et al., 1997; Berry et al., 2007; Roche et al., 2007). Selon Markusfeld et al. (1997), la durée de cet effet serait variable selon la parité : jusqu'à 90j pour les multipares et 180j pour les primipares. Dans leur étude, chaque unité supplémentaire de NEC au vêlage augmente la production laitière cumulée à 90j de 170,2 kg pour les primipares et de 182,6 kg pour les multipares (Markusfeld et al., 1997). Waltner et al. (1993) mettent en évidence une **relation quadratique entre la NEC au vêlage et la production laitière cumulée à 90j**. Selon eux, l'effet positif de la NEC au vêlage se ralentit en atteignant une valeur optimale de NEC, pour laquelle la production laitière est maximale. Au-delà, l'effet sur la production s'inverse et devient négatif (cf. Figure 4). La mobilisation des réserves adipeuses seraient à l'origine de l'effet positif de la NEC au vêlage sur la production jusqu'à son optimum. Au-delà, la réduction de la capacité d'ingestion qui en résulte diminuerait la part d'énergie utile aux besoins de production, et provoquerait une baisse de la lactation : les vaches avec un état corporel trop élevé au vêlage auraient donc un potentiel de production réduit (Garnsworthy et Topps, 1982; Roche et al., 2009). Pour Waltner et al. (1993), cet optimum de NEC au vêlage est de 4.

Bien qu'il soit principalement centré sur le début de la lactation, l'effet de la NEC au vêlage se ressentirait sur le reste de la lactation (Berry et al., 2007; Roche et al., 2007). Ainsi Berry et al. (2007) montrent un gain de production laitière à 305 jours de 114 kg et de 60 kg entre une NEC de 3 et 3,5 puis une NEC de 3,5 et 4 respectivement. Roche et al. (2007) relatent une différence de 482 kg de lait sur la production à 270 jours entre une NEC au vêlage de 2 et de 3. D'après Treacher et al (1986), cet impact sur la production diminuerait progressivement au cours de la lactation, l'effet maximal se situant autour du pic de la lactation.

Ils démontrent ainsi une diminution des effets de la NEC au vêlage de 13% à 6 % au cours de la lactation pour les multipares, et de 20 à 16% pour les primipares. Selon Roche et al. (2007), le gain de production acquis pour une NEC optimale au vêlage de 3,5/5 sur la production cumulée à 60 jours représente, après recalcul, 48 % du gain observé sur la production à 270 jours. Enfin, la NEC au vêlage est corrélée positivement au déclin de la production après le pic de lactation, et est ainsi associée à une moindre persistance de la lactation (Berry et al., 2007; Roche et al., 2007).

La NEC au vêlage a un effet positif sur la production laitière principalement autour du pic de lactation et jusqu'à un optimum de NEC : plus la NEC vêlage se rapproche de cet optimum, plus la production au pic de lactation augmente et plus la persistance de la lactation diminue. Au-delà, l'état d'engraissement de la vache est trop important et la production laitière chute.

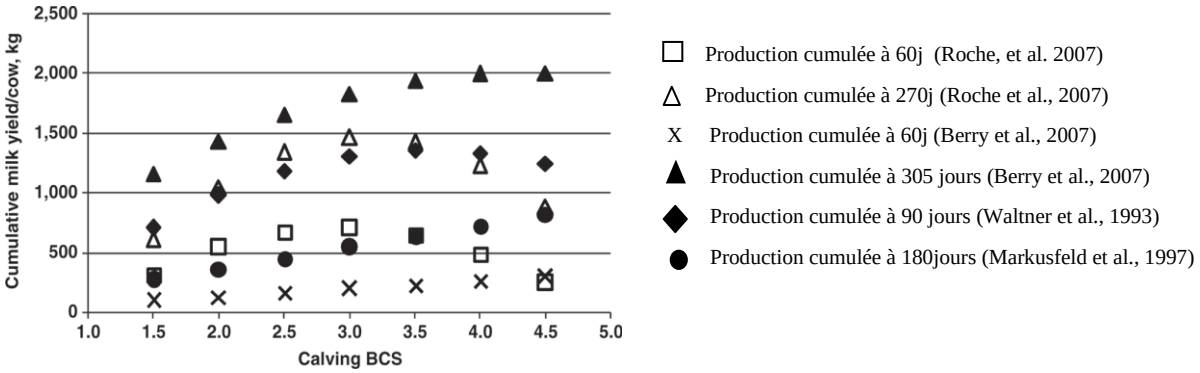


Figure 4, d'après Roche et al. (2007). Associations entre la NEC au vêlage (Echelle 5 grades) et la production laitière

2.3.3.2) Effets de la perte d'état corporel en début de lactation sur la production laitière

Une lipomobilisation intense en début de lactation est associée à une augmentation de la production laitière, faisant ainsi des réserves corporelles une composante majeure de la production (Roche et al., 2009). La plupart des études montrent ainsi une relation **positive non linéaire entre la perte d'état corporel et la production laitière**. Cet effet est observé jusqu'à un certain degré, une perte d'état trop importante en début de lactation pouvant nuire à la production laitière. Dans l'étude de Roche et al. (2007), des pertes de 0,5 et 1 unité de NEC après le vêlage (sur une échelle de 5) sont associées à des gains respectifs de 98 kg et de 83kg sur la production cumulée à 270 jours. Au-delà, une perte de 1,75 unité de NEC a un impact négatif sur la production. Berry et al. (2007) montrent également une relation positive avec la production cumulée à 60jours jusqu'à une perte d'état corporel de 1,75 unités. Au-delà, la relation s'inverse. Waltner et al. (1993) pondèrent légèrement ce constat : selon eux, les pertes d'état corporel plus modérées, entre 0.5 et 1.5 unités sont corrélées à une production laitière plus importante. Selon eux, **cet effet est d'autant plus important que la perte d'état corporel est progressive**, c'est à dire moins intense et s'étalant sur une plus longue période.

Par ailleurs, l'intensité de cette perte d'état corporel en début de lactation serait **fortement influencée par la parité** : les multipares seraient plus à même de mobiliser leurs réserves adipeuses pour les besoins de production (Waltner et al., 1993; Domecq et al., 1997). Domecq et al. (1997) rapportent ainsi une augmentation de 162 kg par unité de NEC en moins sur la production cumulée à 120j pendant les quatre premières semaines de lactation chez les primipares et de 241 kg chez les multipares. Enfin, au niveau de la courbe de lactation, une perte d'état corporel importante après le vêlage est associée à une production plus élevée au pic de lactation et à une moindre persistance de la lactation (Berry et al., 2007; Roche et al., 2007).

Le lien entre la perte d'état corporel en début de lactation et la production est particulièrement important autour du pic de production.

2.3.3.3) Lien entre la NEC au tarissement et la production laitière

Roche et al. (2007) démontrent un lien positif entre **la NEC à l'entrée en tarissement** et la production de la lactation suivante : dans leur étude, une augmentation d'une unité de NEC (sur une échelle de 10) en début de tarissement est associée à une augmentation sur la lactation suivante de 32,5 kg et de 89,2kg sur la production cumulée à 60 jours (PLcum60) et la production cumulée à 270 jours (PLcum270) respectivement. Enfin, d'après Berry et al. (2007), le **gain d'état corporel pendant le tarissement** serait associé à une production plus élevée au pic de lactation et à une augmentation de la production laitière cumulée à 60 et à 305 jours.

2.3.3.4) Conclusion

L'état corporel de la vache est un indicateur dont il ne faut pas négliger l'importance, du fait de son **lien étroit avec la production, la reproduction, l'état nutritionnel et la santé** de la vache (Roche et al., 2007). Toutefois, selon le rapport de l'EFSA Scientific Committee (2012), la NEC est une **mesure très sensible mais peu spécifique d'un facteur de mal-être.** Ainsi, elle peut être la résultante de l'exposition à un ou plusieurs facteurs de risque tel qu'un trouble de santé, un défaut de logement ou une ration alimentaire inadaptée à ses besoins (Forkman et Keeling, 2009). Cette faible spécificité est renforcée, dans le cas du Welfare Quality®, par la gradation simplifiée de la méthode de NEC. De ce fait, l'estimation des effets sur la production de la NEC mesurée selon ce protocole sera donc moins précise que celle effectuée par une autre des méthodes décrites ici.

La NEC dépend de multiples facteurs (âge, parité, stade de lactation, capacité d'ingestion et niveau de production de la vache) (Roche et al., 2009) : l'évaluation de ses effets sur la production laitière est donc difficile à quantifier précisément. Pour cette raison, les résultats des études ne se basant que sur un seul troupeau doivent être interprétés avec prudence (Domecq et al., 1997). Contrairement à l'effet de la NEC au vêlage sur la production qui ne fait pas l'objet d'un consensus, l'association entre la perte d'état corporel en début de lactation et la production est avérée.

En effet, la production laitière augmente avec une perte d'état corporel croissante en début de lactation jusqu'à une valeur optimale, comprise entre 1,5 et 1,75 (sur une échelle de 5) selon les études. Cet effet serait notamment plus marqué chez les multipares. Ces conclusions ont un intérêt majeur dans la conduite d'élevage : la définition d'optimum de NEC à certains moments de la lactation -au vêlage, au pic de lactation et au jour du tarissement- est un outil simple à disposition de l'éleveur pour : d'une part juger de l'état corporel de ses animaux et ainsi apprécier leur condition sanitaire et de bien-être, et d'autre part, pour optimiser la production laitière de son troupeau.

Néanmoins, la NEC du Welfare Quality® n'est pas assez précise pour définir de tels optimums, son interêt majeur étant de **repérer les animaux avec un état corporel anormal**, marqueur d'un mal-être.

2.4) Effet des boiteries sur la production laitière

2.4.1) Comparaison des matériels

Six études ont été retenues, qui sont pour la plupart assez récentes, à l'exception de celle de Tranter et al. (1991) (cf. Annexe 3.2). Ces études se basent sur des échantillons de taille variable allant de 120 à 1400 vaches, et de 1 à 7 troupeaux. Celles d'Hernandez et al. (2005), de Bach et al. (2007) et de Reader et al. (2011) ne se sont basées que sur un seul troupeau : leurs résultats sont donc moins représentatifs en raison de l'influence des pratiques d'élevage sur le niveau de production laitière.

2.4.2) Comparaison des méthodes

2.4.2.1) Méthodes d'attribution du score locomoteur

Le score locomoteur est attribué à une vache à partir de l'observation de sa posture et de sa démarche. Il permet de détecter une éventuelle boiterie et de classer celle-ci selon son degré de sévérité. Le score locomoteur est une **méthode plus sensible** que la classification binaire des vaches en boiteuses/non boiteuses (Chesnin, 2011). En revanche, la sensibilité de cette méthode varie selon son nombre de grades. De ce fait, la précision de l'estimation des effets sur la production laitière des boiteries augmente avec le nombre de grades de la méthode de score locomoteur. De plus, en affinant leur détectabilité, le score de locomotion favorise un **diagnostic plus précoce** des boiteries (Whay, 2002). En graduant **les boiteries selon leur sévérité**, cet outil permet d'adapter leur traitement curatif et leur pronostic (Juarez et al., 2003; Hernandez et al., 2005). Enfin, le score de locomotion renseigne précisément sur la **prévalence des boiteries** au sein de l'élevage, et sur la nécessité ou non, de mettre en place des mesures correctives à l'échelle collective. Il est donc un outil intéressant à la fois pour le vétérinaire et pour l'éleveur (Whay, 2002). Cependant, malgré la diversité de méthodes de scores locomoteurs (cf. Tableau 5), aucun gold standard n'a été admis jusqu'à présent (Channon et al., 2009). Par ailleurs, la variabilité intra-observateur et la variabilité inter-observateur augmentent avec le nombre de grades définis dans la méthode.

Ainsi, afin de garantir la validité des résultats, l'utilisation des scores de locomotion les plus complexes ne devrait être réservée qu'aux observateurs formés à la méthode (Channon et al., 2009). Dans les études retenues, le score de locomotion est réalisé par l'éleveur, le vétérinaire, ou un autre observateur (technicien ou ingénieur de recherche). Les études d'Archer et al. (2010.), Bach et al. (2007) et Juarez et al (2003) emploient un observateur unique entrainé et extérieur à l'élevage. Dans l'étude de Tranter et Morris (1991), seules les vaches boiteuses détectées par l'éleveur sont notées par un observateur, ce qui peut sous-estimer la prévalence de cette affection. Dans le Welfare Quality®, les boiteries sont également détectées par un score locomoteur (cf Annexe 1), qui comprend trois grades : «Absence de boiterie », « Boiterie modérée » et « Boiterie sévère ». Ce score est attribué au niveau individuel, puis rapporté à l'échelle du troupeau afin d'estimer la prévalence des vaches non boiteuses, et des vaches modérément et sévèrement boiteuses. Il s'agit d'un score plus simple, avec moins de grades et fondée sur l'observation de la démarche uniquement, et non sur la posture à l'arrêt. Sa spécificité est donc moins importante que les scores à 4, 5 ou 6 grades utilisés dans les études sélectionnées.

Tableau 5, d'après Whay (2002) et Chesnin (2011). Méthodes de score locomoteur employées dans les études

Source	Méthode de score de locomotion		Evaluateur [a]
Archer et al. (2010) Reader et al. (2011)	Whay (2002) 4 grades	0 : locomotion correcte	1 observateur
		1 : locomotion imparfaite	
		2 : locomotion déficiente	
		3 : locomotion sévèrement affectée	
Bach et al. (2006) et Juarez et al. (2003)	Sprecher et al. (1997) 5 grades	1 : Absence de boiterie (posture du dos et démarche normales)	1 observateur
		2 : Boiterie légère (ligne du dos plane à l'arrêt mais arquée en déplacement)	
		3 : Boiterie modérée (ligne du dos arquée à l'arrêt et en déplacement, foulées raccourcies sur un ou plusieurs membres)	Nombre NR
		4 : Boiterie (ligne du dos arquée à l'arrêt et en déplacement, un ou plusieurs membres favorisés)	
		5 : Boiterie sévère (incapacité ou forte réticence au report de poids sur un ou plusieurs membres)	
Hernandez et al. (2005)	Garbarino et al.(2004) d'après Sprecher et al. (1997) 6 grades	0 : Ligne du dos plane à l'arrêt et en déplacement	Vétérinaire
		1 : Ligne du dos plane à l'arrêt mais arquée en déplacement	
		2 : Ligne du dos arquée à l'arrêt et déplacement, démarche normale.	
		3 : Ligne du dos arquée à l'arrêt et en déplacement, démarche affectée : foulées raccourcies sur un ou plusieurs membres.	
		4 : Ligne du dos arquée en permanence. Démarche affectée : un pas réfléchi à la fois, un ou plusieurs membres favorisés.	
		5 : Incapacité ou réticence extrême au report de poids sur le(s) membre(s) affecté(s).	
Tranter et Morris (1991)	Tranter et Morris (1991) 5 grades	0: Pas d'anomalies de la démarche	Éleveur puis observateur (nombre NR)
		1: Boiterie difficilement détectable	
		2: Boiterie légère	
		3: Boiterie marquée	
		4: Pas de report de poids sur le membre affecté	

[a] = Evaluateur : personne attribuant le score de locomotion ; NR = non renseigné dans l'étude

2.4.2.2) Comparaison des méthodes statistiques

i) Variables de production laitière

Les deux types de variables de la production laitière utilisées dans les études sont les variables journalières et les variables cumulées. Les **variables de production journalières** sont des mesures de production répétées dans le temps à intervalle de temps régulier qui permettent d'évaluer les effets des boiteries à court-terme. Elles comprennent les enregistrements quotidiens de la production laitière comme la **production laitière quotidienne PLJ** (Juarez et al., 2003; Bach, 2007) et la **production au jour du contrôle (PJC)** (Archer et al., 2010) qui correspond à des données hebdomadaires ou mensuelles. Reader et al (2011) ont quantifié les effets des boiteries sur la production laitière avant leur diagnostic clinique, c'est-à-dire avant une modification du score locomoteur. Pour cela, ils ont réalisé une étude longitudinale en effectuant des scores locomoteurs toutes les 2 semaines et ont à chaque fois comparé à la production journalière moyenne des 16 jours précédents**.** L'objectif est alors d'utiliser la production et ses variations comme un outil de détection d'une boiterie encore subclinique. Les variables cumulées sur une partie ou l'ensemble de la lactation permettent d'apprécier les effets à long-terme des boiteries. Tranter et Morris (1991) mesurent les effets des boiteries sur la lactation entière en utilisant la **production de la lactation (PLL)**. D'autres auteurs ont fait le choix de travailler sur une partie de la lactation en utilisant la **production cumulée sur une période de la lactation** comme Deluyker et al. (1991) et Barkema et al. (1994), ou la production standardisée à 305j comme Hernandez et al. (2005).

En appréciant les effets à court-terme des boiteries, l'usage de variables journalières permet d'affiner la sensibilité avec laquelle sont détectées les modifications de la production laitière (Østergaard et Gröhn, 1999). Elles permettent ainsi de constater les modifications sur les contrôles de production juste après le diagnostic de boiterie, à la différence des variables cumulées sur la lactation entière. En effet, les vaches boiteuses peuvent subir une perte de production sur une courte période sans pour autant avoir une production à 305 jours modifiée (Hernandez et al., 2005; Archer et al., 2010). Ceci est d'autant plus vrai pour les vaches hautes productrices, chez qui les variations à long-terme de la production sont moins marquées puisque la production à 305 jours ne s'écartera pas ou peu du niveau de production moyen, mais chez qui, pour autant, le bénéfice du potentiel de production est partiellement perdu (Archer et al., 2010).

L'expression de la production sous forme de variable élémentaire offre une meilleure sensibilité dans l'estimation des pertes de production liées aux boiteries, en tenant compte de leurs effets à court-terme.

ii) Choix des cas et témoins

Les cas de boiteries sont ici tous établis sur un **score de locomotion (SL)**. En revanche, la définition des cas varie d'une étude à l'autre selon la méthode de score locomoteur utilisée, et le seuil de score à partir duquel les vaches sont considérées comme boiteuses, comme cela est résumé dans le tableau 6.

Tableau 6. Définitions des cas de boiteries selon les études

Méthode de score locomoteur	Source	Définition des cas de boiteries
Whay (2002) 4 grades	Archer et al. (2010)	**SL ≥ 2**
	Reader et al. (2011)	**SL ≥ 2**
Sprecher et al. (1997) 5 grades	Hernandez et al. (2005)	**Boiterie clinique SL ≥ 3 pendant 2 semaines consécutives minimum** **Boiterie sévère : SL ≥ 4**
	Bach et al. (2006)	**SL ≥ 3**
	Juarez et al. (2003)	**SL > 4**
Tranter et Morris (1991) 5 grades	Tranter et Morris (1991)	**SL ≥ 1**

Le type de variable de boiterie utilisée dépend également des objectifs fixés par les études (cf. Annexe 4.2). Archer et al. (2010), Tranter et al. (1991) et Juarez et al. (2003) utilisent une **variable binaire** de boiterie, basée sur une valeur seuil de score de locomotion : les vaches ayant un score au dessus de ce seuil sont considérées comme boiteuses, sans différenciation du degré de sévérité de la boiterie. Hernandez et al. (2005), Bach et al. (2007) et Reader et al. (2011) cherchent à distinguer les effets des boiteries selon leur sévérité et construisent pour cela une variable de boiterie gradée selon le score locomoteur. Pour estimer l'effet d'une boiterie selon sa durée et son moment d'apparition dans la lactation, Archer et al. (2010) relient une **variable de boiterie indexée sur le temps écoulé depuis le diagnostic** à la production laitière. Dans le cas d'une affection suspectée d'avoir un effet à court-terme sur la production, Gröhn et al. (1999), démontrent que l'utilisation d'une classification indexée en fonction du temps écoulé depuis le diagnostic d'une, permet d'identifier de façon plus spécifique le début et la durée de son effet sur la production. Pour sélectionner les témoins, une **comparaison entre la production des vaches boiteuses et celle des vaches non boiteuses** issues du même troupeau est le plus souvent réalisée. Enfin, Tranter et Morris (1991) réalisent un **appariement** entre deux individus sur la base de l'âge et la date de vêlage afin de limiter les biais de confusion.

iv) Prise en compte des facteurs d'ajustement

L'ajustement des modèles statistiques par des facteurs tels que la parité, le niveau de production, le stade de lactation et la présence de maladies concomitantes permet d'écarter certains biais de confusion, et d'assurer ainsi une plus grande précision des résultats.

Le niveau de production est un **biais de confusion** puisqu'il masque l'effet de la boiterie sur la production laitière (Bicalho et al., 2008). Cependant, aucune de nos études ne tient compte de cette variable, ce qui entache de façon non négligeable la fiabilité de leurs résultats.

v) Méthodes statistiques utilisées par les études

La **régression linéaire mixte** est la méthode la plus employée (cf. Annexe 6). En plus des **effets aléatoires vache et troupeau,** Archer et al. (2010) ajustent leur modèle avec la production au jour du contrôle (PJC) du mois précédent le contrôle. Ils prennent ainsi en compte la dépendance entre les PJC (les PJC étant des mesures répétées de la production à intervalle de temps régulier qui dépendent les unes des autres). Tranter et Morris (1991) utilisent un **modèle univarié,** dans laquelle la production laitière n'est pas ajustée par d'autres variables. A la place, un appariement entre des vaches témoins et des vaches boiteuses est réalisé dans leur étude sur la base de l'âge et de la date du vêlage.

2.4.2.3) Synthèse sur l'effet des boiteries sur la production laitière

Les affections locomotrices, dont la boiterie est l'expression clinique, constituent l'une des plus fréquentes atteintes au bien-être des vaches laitières. La boiterie reflète la douleur et l'inconfort ressentie par la vache. Cette douleur engendre des modifications de la démarche et la posture, et se répercute également sur le comportement et l'état général de l'animal. Les vaches boiteuses auraient ainsi un temps de couchage allongé, une réduction de l'appétit et une perte de poids au regard des vaches non atteintes (O'Callaghan, 2002; Bareille, 2007; Reader et al, 2011.). Les **modifications comportementales** observées sont des mouvements de retrait réflexes afin de protéger leur membre douloureux, des vocalisations envers les congénères, et de la dépression (Bareille, 2007). Les boiteries sont associées à de nombreux facteurs de risque, comme l'âge, la parité et un haut niveau de production (Deluyker et al., 1991; Hernandez et al., 2005; Archer et al. 2010). En revanche, elles sont reliées de façon négative au stade de lactation, le risque de survenue d'une boiterie étant plus important dans les trois premiers mois de lactation (Green et al., 2002; De Vries et al., 2011).

Les boiteries ont un **impact économique négatif** du fait de leurs effets sur la fertilité, sur la production et sur le taux de réforme consécutivement plus élevé (Sprecher et al., 1997; Rajala-Schultz et al., 1999; Warnick et al., 2001). Ces effets seraient liés à la douleur ressentie par la vache et à sa réticence à se déplacer. En effet, les difficultés de déplacements et de soutien de la posture debout diminueraient le temps passé à l'auge et la consommation alimentaire, qui serait ainsi à l'origine d'un déficit énergétique. D'autre part, la réduction d'activité des vaches boiteuses entrainerait une baisse de la fréquentation du robot de traite (Juarez et al., 2003; Bach et al., 2007; Reader et al., 2011).

Les boiteries ont un effet négatif avéré sur la production laitière, démontré par l'ensemble des études retenues (cf. Tableau 7). En quantifiant les pertes sur la production dans les jours suivant la détection clinique, certaines études ont mis en évidence **des modifications à court-terme de la production laitière** des vaches (cf Annexe 4.2). Ces **pertes de production journalière augmentent avec le degré de sévérité de la boiterie.**

Juarez et al. (2003) rapportent une baisse de 2,3 kg/j pour les boiteries subcliniques (SL=2 et SL=3) et de 5,5 kg/j en lait pour les boiteries cliniques (SL=4). Bach et al. (2007) mettent évidence des pertes plus faibles : 0,4 kg/j et de 2,4 kg/j de lait pour des vaches attribuées de score locomoteur respectifs de 3 et 5 sur l'échelle de Sprecher (1997). Reader et al. (2011) recensent des pertes de 0,7 kg/jour et 1,6 kg/jour de lait pour des scores locomoteurs respectifs de 2 et 3 (Echelle de Whay, 2002). Cependant, ces variations à court-terme demeurent assez mineures au regard d'autres maladies, telle que la cétose (Lucey et al., 1986). Ces effets sur la production se ressentiraient même **avant le diagnostic de la boiterie**, c'est-à-dire au moment où l'animal est déjà atteint mais où il n'exprime pas encore de signes cliniques. Reader et al (2011) détectent ainsi une diminution de la production dès **8 semaines avant la détection de la boiterie**. La douleur induite par l'atteinte locomotrice serait dans ce cas, encore insuffisante pour s'exprimer cliniquement, mais causerait néanmoins une baisse de l'ingestion, à l'origine de la chute de la production laitière.

Par ailleurs, l'ensemble des publications démontre **un impact négatif à long terme des boiteries sur la production laitière**. En étudiant les effets du **moment d'apparition** dans la lactation, et de l'**ancienneté de la boiterie,** Archer et al. (2010) montrent une augmentation des pertes sur la PL305 avec la chronicité de la boiterie. Ainsi, une boiterie d'une durée de sept mois diminue la PL305 de 1019 kg de lait, comparé à une boiterie persistant un mois et responsable d'une perte de 351 kg de lait sur la même période. Le moment d'apparition de la boiterie dans la lactation influe aussi logiquement sur les pertes de production globales à 305j : plus la boiterie apparaît tôt dans la lactation, plus les répercussions sur la PL305 sont importantes (Archer et al., 2010) (cf. Tableau 7). Le **degré de sévérité de la boiterie** dégrade de façon croissante la production sur le reste de la lactation : des pertes sur la PL305 de 229 kg et 283 kg sont observées pour des vaches modérément et sévèrement boiteuses respectivement (Hernandez et al., 2005). Par ailleurs, Bach et al. (2007) montrent un **effet de la parité** avec des pertes de production laitière plus sévères chez les primipares que chez les multipares, ce qui va à l'encontre des observations faites par Warnick et al. (2001) et Hernandez et al. (2005).

Les boiteries ont un effet avéré sur la production laitière à court et long-terme. Leur impact sur la production apparaitrait dans les semaines précédant leur diagnostic. Ces répercussions seraient un outil de détection précoce des boiteries subcliniques.

Tableau 7. Comparaison des effets des boiteries sur la production laitière selon les études

Source	Définition des cas	Effet sur la production laitière (PL)		
		PL journalière (kg lait/j)	Période étudiée (j en lait)	Effet sur la période étudiée (kg)
Archer et al. (2010)	**Boiterie = SL≥ 2**			
	Moment d'apparition du SL =3 dans la lactation	NE	305	
	1er mois			-351
	2ème mois			-268
	3ème mois			-185
	4ème mois			-102
	5ème mois			-66
	6ème mois			-31
	7ème mois			-15
	Durée de la boiterie (apparue le 1er mois de lactation)		305	
	1 mois	NE		-351
	2 mois			-619
	3 mois			-804
	4 mois			-906
	5 mois			-972
	6 mois			-1003
	7 mois			-1019
Hernandez et al. (2005)	**Boiterie modérée : SL=3 pendant 2 semaines consécutives**	NE	305	229 (NS)
	Boiterie sévère : SL ≥ 4			-283 (NS)
Bach et al. (2006)	**Absence de boiterie : SL < 2**		Lactation moyenne de 169.1 jours	
	Boiterie : SL ≥ 3			
	SL = 3	-0.4		-68
	SL = 4	-1.5		-254
	Sl = 5	-2.4		-406
Tranter et al. (1991)	**Boiterie détectée par un score de locomotion 5 grades**	NE	Lactation moyenne	-319
Reader et al. (2011)	**Boiterie clinique : SL≥ 2**		305	
	SL = 2	-0.7		-214
	SL = 3	-1.6		-488
Juarez et al. (2003)	Boiterie subclinique : SL =2-3	-2.3	305	*-701*
	Boiterie clinique : SL > 4	-5.5		*-1678*

NE = non étudié

2.5) Effet des métrites sur la production laitière

2.5.1) Comparaison des matériels

Six études ont été retenues pour notre étude bibliographique (cf. Annexe 3.3) datant de 1983 à 2011. La taille des échantillons est très hétérogène d'une étude à l'autre, allant de 1 à 2337 troupeaux, et de 551 à 37776 vaches, respectivement dans les études de Bareille et al.(2003) et Rajala et Gröhn (1998).

2.5.2) Comparaison des méthodes

2.5.2.1) Définitions des cas de métrites et des témoins

Les études retenues basent leur diagnostic sur l'observation d'un écoulement vulvaire, comme dans le protocole Welfare Quality®. Celles reposant sur un diagnostic systématique (palpation transrectale et examen vaginal) ont été écartées. Le tableau 8 détaille les définitions des cas d'écoulements vulvaires rencontrées au sein des études.

Tableau 8. Comparaison des effets des boiteries sur la production laitière, selon les études

Source	Définitions des cas
Rowlands et Lucey (1986)	**Endométrites** = présence d'un écoulement vulvaire.
Dohoo et Martin (1983)	Distinction des écoulements vulvaires selon leur moment d'apparition : - entre 1 et 21j post-partum - entre 22 et 60j post-partum - au-delà de 60j post-partum
Rajala et Gröhn (1998)	Méthode diagnostique non renseignée **Métrites précoces** = diagnostiquées moins de 28 j post-partum **Métrites tardives** = diagnostiquées plus de 28 j post-partum
Bareille et al. (2003)	**Métrites cliniques** = écoulement vulvaire malodorant dans les 15j post-partum **Métrites chroniques** = écoulement vulvaire au-delà de 15j post-partum
Dubuc et al. (2011)	**Métrites cliniques** = écoulement vaginal purulent malodorant marron-rouge dans les 20 j post-partum, associé à une température > 39.5°C. **Endométrites** = écoulement vaginal muco-purulent après 21j post-partum.
Østergaard et al. (1999)	Ecoulement vulvaire fétide et purulent.

Certains auteurs distinguent d'une part les **métrites précoces** (ou puerpérales) survenant précocement après le vêlage, c'est à dire avant 15 jours, 21 jours ou 28 jours post-partum selon les études et d'autre part, les **métrites tardives** (ou chroniques) apparaissant au-delà de ces délais. Østergaard et al. (1999) regroupent dans leur étude toutes les métrites, sans les distinguer selon leur moment d'apparition.

Ces deux types de métrites ont des **degrés de sévérité différents** : les métrites précoces évoluent de façon aiguë et sont associées à des symptômes généraux marqués, comparé aux métrites tardives, généralement moins sévères. Cette distinction a donc une **conséquence sur l'estimation des effets des métrites sur la production**. Pour évaluer l'effet de ces affections sur la production laitière, tous les auteurs, à l'exception de Rowlands et Lucey (1986), se sont basés sur une comparaison entre des vaches présentant ces écoulements vulvaires et des vaches témoins.

Dans le Welfare Quality®, le délai d'apparition des écoulements vulvaires par rapport au vêlage n'est pas pris en compte. De ce fait, aucune distinction n'est faite entre métrites précoces et tardives lors de l'évaluation, ce qui aura probablement des conséquences dans l'estimation des effets des métrites sur la production laitière.

2.5.2.2) Variables de production laitière employées et estimation des effets des métrites sur la production laitière dans les études.

Les variables de production laitière utilisées dans ces études sont la **production journalière** comme Østergaard et Gröhn (1999) et la **production journalière moyenne** estimée à partir de la production hebdomadaire. Rajala et Gröhn (1998) utilisent des **production au jour du contrôle** dont le délai entre deux enregistrements varie selon la période de la lactation considérée : à moins de 60 jours post-partum, des enregistrements de la production sont réalisés à des intervalles de 10 jours, puis entre 61 et 180 jours post-partum à des intervalles de 20 jours et enfin à des intervalles de 30 jours pour un stade de lactation supérieur à 181 jours. Les variables cumulées sur la lactation entière, comme la production **laitière standardisée à 305 jours**, sont utilisées dans les études de Rowlands et Lucey (1986), Rajala et Gröhn (1998) et Dubuc et al. (2011).

2.5.2.3) Méthodes statistiques utilisées dans les études

Les méthodes statistiques sont détaillées dans le tableau en annexe 4.3. Parmi les six études retenues, quatre utilisent un modèle linéaire mixte. Afin de contrôler les effets autres que ceux des métrites et endométrites sur la production, comme la parité, la saison de vêlage, l'effet troupeau, un ajustement sur la base de ces variables est généralement réalisé dans ce modèle. Rowlands et Lucey (1986) utilisent une comparaison entre les courbes de lactation des vaches atteintes de métrites et celles des témoins et réalisent pour cela un appariement entre deux lactations consécutives afin de prendre en compte le potentiel de production dans les deux cas.

2.5.2.4) Synthèse : effet des métrites sur la production laitière

Quatre études ont montré la présence d'un effet négatif des métrites sur la production, à la différence de Rowlands et Lucey (1986) qui n'ont mis en évidence aucune relation significative. La distinction **entre métrites précoces et tardives** explique ces divergences dans la majorité des cas. En effet, à l'exception de Dohoo et Martin (1983), les effets sur la production sont significatifs pour les **métrites précoces,** lorsque cette distinction est faite, et **principalement chez les multipares,** comme le montre Dubuc et al. (2011). Dans l'étude de Bareille et al. (2003), les métrites précoces sont responsables d'une perte de production plus importante (-57 kg sur une durée de 140 jours post-partum) que les métrites tardives, survenant au-delà de 15 jours post-partum (-38kg lait sur 140 jours post-partum). Pourtant, l'impact sur la production des métrites précoces et tardives est ici moins net que dans les autres études. La forte répercussion des métrites précoces sur la production s'expliquerait par leur symptomatologie plus aigue et leur plus fort retentissement sur l'état général et sur la consommation alimentaire (Rajala et Gröhn, 1998).

Rajala et Gröhn (1998) et Dubuc et al. (2011) confirment **l'influence de la parité**, avec des pertes de production croissante avec la parité. sur la lactation entière. De même, Østergaard et al. (1999) rapportent des pertes de production significatives uniquement chez les multipares atteintes de métrites.

Les baisses constatées sont de l'ordre de 4,9 kg de lait le jour du diagnostic puis de 3,5 kg/jour la semaine suivante. Ces différences observées entre les parités seraient liées à une baisse de l'ingestion de matières sèches plus marquée chez les multipares atteintes de métrites que chez les primipares (Wittrock et al., 2011).

Les métrites précoces sont associées à une perte de production laitière plus importante que les métrites tardives. Ces pertes de production sont par ailleurs corrélées positivement à la parité.

Afin d'évaluer **l'impact à court-terme** des métrites sur la production, certains auteurs ont quantifié leurs effets sur la production journalière immédiatement après leur diagnostic. Pour Rajala et Gröhn (1998), les baisses de production induites sont de 1,3 kg/jour dans les 14 jours suivant le diagnostic pour les vaches en parité 2. Østergaard et Gröhn (1999) constatent des pertes de 4,2 kg de lait corrigé/jour chez les multipares dans les 14 jours suivant le diagnostic, ce qui rejoint les résultats de Wittrock et al. (2011) (-4,1 kg/jour chez les multipares atteintes de métrites précoces). Enfin, concernant l'estimation des pertes sur le long-terme, Rajala et Gröhn (1998) ne montrent aucun effet significatif des métrites sur la PL305. Dubuc et al. (2011) au contraire, montrent une perte de lait de 259 kg par lactation chez les vaches multipares.

Les métrites précoces ont un effet à court-terme sur la production laitière, principalement chez les multipares.

Par ailleurs, Østergaard et Gröhn (1999) et Rajala et Gröhn (1998) ont estimés les effets des métrites sur la production journalière, **dans les semaines précédant l'apparition clinique de la maladie**, et ont montré un impact de cette maladie dès la 3ème et 2ème semaine avant le diagnostic respectivement. Ces pertes sont de 2,7 kg, 4,8 et 5,4 kg de lait/jour durant les 3ème, 2ème et 1ère semaine avant le diagnostic pour l'étude d' Østergaard et Gröhn (1999). Rajala et Grohn (1998) rapportent une baisse de production significative dès la 2ème semaine avant la survenue de la métrite allant jusqu'à 4,2kg/jour pour les parités 3.

Les métrites sont associées à une baisse de production dans les semaines précédant leur détection clinique.

2.6) Effet des mammites sur la production laitière

La mammite est une inflammation de la glande mammaire pouvant s'accompagner de signes généraux et/ou d'une modification macroscopique du lait. En plus d'être l'une des plus fréquentes maladies de production rencontrées en élevage laitier, les mammites sont à l'origine de pertes économiques considérables. Ces pertes sont en partie dues aux baisses de production engendrées par cette affection (Rajala-Schultz et al. 1999). De nombreuses études se sont intéressées à l'impact des mammites cliniques sur la production laitière. Parmi elles, l'étude de Bareille et al. (2003) a montré une baisse de production initiale de 5 kg/jour pour les vaches atteintes de mammites sans signes généraux.

En revanche, aucun effet sur la quantité d'alimentation ingérée n'est mis en évidence dans cette étude, à la différence d'autres troubles telles que les cétoses, les métrites puerpérales Ainsi, la baisse de production induite par les mammites est avant tout la conséquence d'une atteinte de la glande mammaire et non de la diminution de l'ingestion. En revanche, pour les mammites ayant une répercussion sur l'état général, la baisse de l'ingestion d'environ 6,7 kg de matières sèches observée serait en partie responsable de la baisse de production mise en évidence (-160 kg de perte totale, c'est-à-dire sur la durée de la maladie).

Hortet et Seegers (1998) ont réalisé la revue d'une vingtaine d'études ayant étudié l'impact des mammites cliniques depuis 1979. La plupart d'entre elles ont étudié la production sur la lactation entière et ont pour cela utilisé des enregistrements quotidiens ou mensuels de la production. Ils recensent ainsi des pertes allant de 0, c'est à dire à un effet non significatif à 354 kg (Macmillan et al., 1983) sur l'ensemble de la lactation, ce qui correspond à des pertes allant de 0 à 9,5% à l'échelle de la lactation.

Ces estimations pourraient être influencées par certains facteurs tels qu'un haut niveau de production (Lucey et Rowlands, 1984 ; Bartlett et al., 1991 et Coulon et Lescourret, 1997), ou le moment de survenue de la mammite dans la lactation. Ainsi Lucey et Rowlands (1984) ont montré un **impact plus sévère des mammites cliniques survenant en début de lactation**. Selon leur étude, les mammites survenant avant le pic de lactation serait responsable d'une perte cumulée moyenne de 10,6%, comparé à une perte moyenne de 6,4%. Cette différence pourrait s'expliquer par la persistance plus élevée des effets de ces mammites sur la lactation et par l'incidence plus importante de mammites graves à très graves en début de lactation (Lescourret et Coulon (1994). Enfin, d'une manière générale, la valeur des estimations des pertes de production liées aux mammites cliniques sont assez variables d'une étude à l'autre, en raison de l'influence de l'agent pathogène impliqué, de la forme clinique et des mesures thérapeutiques mises en place.

Les mammites cliniques sont responsables de pertes de production laitière à court-terme et à long-terme. Ces pertes augmentent avec le niveau de production. Par ailleurs, plus ces mammites surviennent tôt dans la lactation, plus les pertes cumulées de production sont élevées.

Par ailleurs, l'**augmentation de la concentration en cellules somatiques dans le lait est un marqueur d'une infection mammaire** (Harmon, 1994). A l'échelle individuelle, cet indicateur permet notamment de diagnostiquer les mammites subcliniques. A l'échelle du troupeau, et c'est sur cela que se base le Welfare Quality®, il permet d'estimer la prévalence des mammites subcliniques.

Pour estimer le lien entre la CCS du lait de mamelle et la production laitière, plusieurs types de variables de CCS sont rencontrés dans les études, du fait de la distribution non normale de la CCS parmi les vaches. Le logarithme du $CCS \times 10^{-3}$ est généralement utilisé comme variable continue, comme dans les études de Koldeweij et al. (1999) ou de Raubertas et Shook (1982) D'autres auteurs ont employé une variable de CCS discontinue, exprimée en classes.

Cette dernière méthode nécessite le choix en amont d'un niveau de CCS de référence correspondant à un statut « non infecté ».

La revue de Hortet et Seegers (1998) fait la synthèse de 19 études ayant estimé l'impact du CCS sur la production laitière. Il en ressort que quelle que soit la variable de CCS utilisée, une élévation de la CCS a un effet négatif sur la production, que ce soit à court terme ou à l'échelle de la lactation. En revanche, seul le logarithme du CCS est relié de façon linéaire à la production.

Comme le montrent Hortet et Seegers (1998), les pertes recensées varient légèrement selon la parité. Ainsi, pour des CCS de 400 000 et de 800 000 cellules/mL les pertes de production observées sont de 0,8 à 3,1 kg/jour et de 3,1 à 4,2 kg/jour respectivement chez les primipares. Chez les multipares, les pertes sont un peu plus élevées avec une baisse de 1,0 à 3,0 kg/jour et de 1,2 à 4,0 kg/jour pour un CCS de 400 000 et de 800 000 cellules/mL. Selon Jones et al. (1984), cette différence est plus importante dans les troupeaux avec un niveau de production plus faible (< 6500kg en moyenne/an).

De même, cet effet de la parité sur le niveau des pertes de production est plus marqué à l'échelle de la lactation. Selon la revue d'Hortet et Seegers (1998), les pertes rapportées varient de 153 à 343 kg pour une CCS de 400 000 cellules/mL et de 204 à 457 kg pour un CCS de 800 000 cellules/mL chez les primipares. Chez les multipares, pour des CCS de 400 000 et de 800 000 cellules/mL les baisses de production observées vont de 166 à 823 kg et de 222 à 1098 kg respectivement.

Une élévation de la CCS est à l'origine de pertes de production laitière.
Le niveau de ces pertes rejoint celui de mammites cliniques

2.7) Effet des dystocies sur la production laitière

Quatre études rapportent un **lien significatif entre l'incidence d'une dystocie et la production à la lactation consécutive**. Toutes ont comparé la production de vaches ayant nécessité une assistance au vêlage avec celle de vaches témoins. La mesure du Welfare Quality® est une mesure collective, qui décrit l'incidence de ces dystocies à l'échelle du troupeau, au cours des douze mois précédant la visite. Aucune publication recensée ne base son étude sur une telle mesure collective. Concernant l'incidence annuelle des dystocies, les valeurs sont similaires entre les études et se situent entre 6 et 7%.

Il ressort de ces publications trois éléments majeurs. Tout d'abord, les dystocies ont un **effet sur la production laitière uniquement à court-terme.** Berry et al. (2007) ont relevé les productions au jour du contrôle (PJC) toutes les semaines afin d'estimer les effets sur la production cumulée à 60 et à 270 jours. Dans leur étude, ils montrent un lien significatif entre les dystocies et la production laitière cumulée à 60 jours (PLcum60) uniquement, avec une perte de 42 kg de lait sur cette période. En revanche aucune corrélation significative n'est établie entre la production et la PLcum270. Bareille et al. (2003) ont évalué les effets sur la durée totale de ces répercussions, qui est de 28 jours pour une dystocie mineure (assistance avec vêleuse) et de 56 jours pour une dystocie nécessitant l'intervention du vétérinaire.

Les pertes totales associées sont de 5,7 kg et 51,7 kg, avec une perte initiale de 1,7 kg/jour et de 3,1 kg/jour pour les dystocies mineures et majeures respectivement. Enfin Rajala et Gröhn (1998) ont étudié les effets selon la parité à court et long-terme en se basant sur des PJC espacées de 10 jours durant les 60 jours post-partum puis tous les 20 jours au-delà. Rajala et Gröhn (1998) confirment cet effet à court-terme et démontrent par ailleurs **l'influence de la parité** sur ces effets : les pertes de production sont significatives uniquement chez les multipares, avec en plus un **impact plus important chez les vaches hautes productrices**. Ainsi, dans leur étude, la production est diminuée en moyenne de 2,2 kg/jour pendant les 2 semaines post-partum pour les parités 2, avec un effet significatif allant jusqu'à une perte de 4,9 kg/jour pour les plus hautes productrices. Pour les parités 3, cet effet s'amoindrit : les vaches avec un haut niveau de production ayant eu un vêlage dystocique subissent une perte significative d'environ 2,6 kg/jour durant les 2 semaines post-partum. De plus, Rajala et Gröhn (1998) ne rapportent aucune modification significative de la production laitière à 305 jours, confirmant ainsi l'effet à court-terme des dystocies sur la production. En revanche, Deluyker et al. (1991) ont cherché à distinguer les effets des dystocies sur la production à très court-terme (production journalière entre le 1er et le 5ème jour post-partum) à court-terme (production cumulée à 21 jours) et à moyen et long-terme (production cumulée entre 22 et 49 jours post-partum et à 119 jours). En revanche, ils ne démontrent aucune association significative entre la survenue d'une dystocie et la production laitière, quelque soit la variable de production considérée.

Les dystocies ont un impact négatif à court-terme sur la production laitière. Cet effet serait principalement marqué chez les vaches multipares et les hautes productrices.

2.8) Effet des diarrhées sur la production laitière

Des études ont étudié le lien entre la production laitière et certaines affections digestives comme la BVD mais peu ont réellement quantifié les effets sur la production des diarrhées, telles qu'elles sont observées dans le Welfare Quality®, c'est-à-dire sur l'observation de souillures au niveau de l'arrière train. Parmi les deux études recensées, celle de Bareille et al. (2003) rapporte une perte initiale de production laitière assez conséquente, de l'ordre de 4,1 kg/j et une perte totale de 36 kg sur la durée moyenne de la maladie, d'environ 57 jours. Ces baisses de production sont couplées à une forte diminution de l'ingestion de matières sèches, de l'ordre de 8 kg/jour dans les jours suivant l'apparition de la diarrhée. Néanmoins, les traitements réalisés dans cette étude le 1er jour de la détection cliniques ont pu modifier les effets de la diarrhée sur la production laitière. Ces résultats s'accordent sur ceux d'Østergaard et Gröhn (1999) qui reportent des effets sur la production journalière durant la semaine d'apparition de la diarrhée, de l'ordre de 2,.2 et 2,4 kg/jour pour les primipares et multipares respectivement. En revanche, aucune baisse de production significative au-delà d'une semaine après la survenue de la diarrhée n'est constatée dans leur étude.

Les diarrhées ont un impact négatif à court-terme sur la production laitière.

2.9) Effet des altérations tégumentaires sur la production laitière

Les altérations tégumentaires chez les bovins, représentées par les lésions, absence de poils, et gonflements, surviennent majoritairement dans les zones de reliefs osseux, notamment les articulations, les carpes, les genoux, les reliefs du bassin, et les tarses (Kielland et al., 2009). La prévalence de ces altérations tégumentaires, et notamment celles des gonflements localisés aux jarrets, est plus élevée dans les systèmes d'élevages conventionnels, par rapport aux systèmes extensifs. De même, cette prévalence est plus faible dans les logements en aire paillée, que dans ceux avec des logettes (Regula et al., 2004; Kielland et al., 2009; Rutherford et al., 2009). Selon Kielland et al. (2009), la prévalence, le nombre et la sévérité de ces altérations tégumentaires sont positivement associées à l'âge, la parité et, pour les lésions localisées au tarse, au stade de lactation. La description des altérations tégumentaires par le Welfare Quality® est assez exhaustive, tant au niveau du type (patchs de peau sans poils, lésions, gonflements) qu'un niveau de la zone où elles sont observées (postérieurs, antérieurs, quartier postérieur, flanc et mamelle, encolure). Une seule étude, celle de Bareille et al. (2003), a été trouvée dans la littérature sur le lien entre les altérations cutanées et la production, et ne concerne que les gonflements aux jarrets. D'après cette étude, ces lésions sont associées à une **perte de production laitière de 109 kg sur 126 jours**, durée moyenne de la maladie.

2.10) Effet des troubles respiratoires sur la production laitière

La relation entre les indicateurs de troubles respiratoires tels que ceux décrits dans le Welfare Quality® (dyspnée, jetage, écoulement oculaire, toux) et la production laitière est assez peu décrite dans la littérature, c'est pourquoi aucune étude n'a été recensée sur ce sujet.

2.11) Relation entre le confort de couchage et la production laitière

Dans le Welfare Quality®, le confort de couchage est renseigné par le temps mis par la vache pour se coucher, par le nombre de collisions avec l'équipement lors de ce couchage, par le pourcentage de vaches couchées partiellement ou complètement en dehors des zones de couchage et enfin par la propreté des animaux. Bien qu'aucun lien direct entre ces indicateurs et la production laitière n'ait été rapporté dans la littérature, l'effet du confort de couchage sur la production n'en reste pas moins suspecté. Certaines études associent notamment le couchage partiel et complet en dehors des logettes à un risque plus élevé de douleur, de souillures et de lésions (Phillips et al., 2002; Sunderland et al., 2002 ; cité par Plesch et al., 2010), lésions dont la présence est reliée négativement selon l'étude de Bareille et al. (2003) à la production laitière.

Toujours indirectement, des zones de couchage inadéquats et inconfortables peuvent nuire à la production, en entraînant une limitation voir une privation de couchage. Cooper et al. (2008) ont ainsi mesuré **les effets d'une privation de couchage sur la production laitière en** comparant la production journalière de vaches ayant été privées de couchage et d'alimentation pendant 2 ou 4h auparavant à celle de vaches témoins.

Bien qu'aucune variation dans la production laitière de ces vaches n'ait été mise en évidence, le temps consacré à l'alimentation est augmenté de 7min chez les vaches ayant été privées de couchage pendant 4h, ce qui pourrait expliquer le maintien de leur niveau de production après cette période. Pour écarter la variabilité liée au stade de lactation, Cooper et al. (2008) n'ont inclut dans l'étude que des vaches en fin de lactation (Stade moyen de lactation : 273 j).

2.12) Effet de l'approvisionnement en eau sur la production laitière

Andersson et al. (1984) ont étudié l'effet de l'approvisionnement en eau sur les performances laitières de vaches pie-rouge. Pour cela, ils ont comparé l'effet sur la consommation d'eau (quantité et fréquence journalière) et sur la production laitière de trois débits d'eau différents dans les abreuvoirs (2, 7 et 12 L/min) testés pendant trois périodes de 4 et 5 semaines sur deux lots de vaches. Ces deux lots ont été alimentés par deux rations différentes (% de concentrés plus important dans le lot n°2 que dans le lot n°1 et présence de complément minéral dans la ration du lot n°1 et pierre à sel à disposition dans le lot n°2). Quelque soit le lot, le débit des abreuvoirs est associé de façon significative à la consommation d'eau mais **aucun effet n'a été mis en évidence sur la production laitière journalière**. Cependant, la représentativité de cette étude est minorée par la faible taille de l'échantillon (9 et 12 vaches dans les lots n°1 et 2).

2.13) Lien entre la relation homme-animal et la production laitière

La relation entre l'homme et l'animal est appréciée par le **degré de peur ressentie par la vache vis-à-vis de l'homme**, peur étroitement liée aux manipulations par l'éleveur. A la différence de la filière porcine, peu d'auteurs se sont intéressés à la relation entre l'homme et l'animal et à ses conséquences sur la production chez les vaches laitières.

L'objet de notre étude est de quantifier ce degré de peur ressenti par ces animaux vis à vis de l'homme, peur mesurée dans le Welfare Quality® par la **distance d'évitement**. Aucune publication n'a été recensée sur le lien entre la production laitière et cette même mesure (cf. Annexe 2). En revanche, certaines études emploient des mesures comportementales assez proches, comme la durée passée par la vache à moins de 3m de l'observateur, la distance de fuite de la vache lors de l'approche par l'observateur au sein d'un paddock et enfin la distance d'approche de la vache jusqu'à l'homme (cf. Tableau 9). Breuer et al. (2000) montrent ainsi une forte corrélation positive entre le temps passé par la vache à moins de 3m de l'observateur, et la production laitière annuelle moyenne par vache. Dans leur étude, **19% de la variabilité de la production laitière seraient liées à des différences de comportement d'approche des vaches vers l'éleveur**. En revanche, aucune relation significative entre la production laitière équivalent adulte à 305j et les distances d'approche et de fuite des vaches n'est mise en évidence par Purcell et al. (1988). De même, Hemsworth et al (2000) ne montrent aucune corrélation entre le comportement de peur des vaches et la production laitière annuelle moyenne par vache, mais font cependant état d'une relation modérée et non significative entre la distance de fuite de la vache et cette variable de production**.**

Pour cela, ils ont ajusté leur modèle statistique avec un effet année, afin de prendre en compte le stade de lactation moyen, l'effet procédure et conditions météorologiques.

Par ailleurs, le comportement de peur des vaches étant fortement conditionné par la façon dont elles sont manipulées, la production laitière dépend donc également de ces manipulations (Rushen et al., 1999). Breuer et al. (2000) démontrent ainsi une assez forte relation négative entre le nombre d**'interactions tactiles négatives et de vocalisations fortes et sévères**, avec la production laitière, qui serait à l'origine de 13% des variations de la production laitière annuelle d'un troupeau. Ces interactions, se traduisant par une agitation des vaches pendant la traite, expliqueraient en partie leur impact négatif sur la production. En effet, une augmentation de la quantité de lait résiduel de 1.5 kg engendré par une manipulation brutale, serait à l'origine des différences de production observées par rapport à une manipulation plus douce des vaches pendant la traite (Rushen et al., 1999). Ces effets négatifs s'expliqueraient par le stress ressenti par la vache au cours de la traite (Breuer et al., 2000), qui en inhibant la sécrétion d'ocytocine, réduirait l'éjection de lait (Bruckmaier et Blum, 1998 ; Rushen et al., 1999; Breuer et al., 2000). Hemsworth et al (2000) confirment cette **corrélation négative entre la production laitière et les interactions tactiles** entre l'homme et la vache, quelle que soit leur nature : positive ou négative.

Tableau 9. Comparaison des mesures liées à la relation homme-animal et de leur relation avec la production laitière selon les études

Source	Mesure	Lien avec la production laitière
Welfare Quality® (2009)	Distance d'évitement = distance (cm) entre la main de l'examinateur et le museau de l'animal, mesurée lorsque les vaches sont prises au cornadis. (cf Annexe 1)	NE
Breuer et al. (2000)	Durée passée par la vache à moins de 3m de l'observateur	+
	Nombre d'interactions tactiles négatives par l'éleveur	-
	Nombre de vocalisations fortes et sévères par l'éleveur	-
Hemsworth et al (2000)	Durée passée par la vache à moins de 3m de l'observateur	NS
	Distance de fuite de la vache lors de l'approche par l'observateur, au sein d'un paddock.	NS
Purcell et al. (1988)	Distance de fuite : distance d'approche de l'homme vers la vache avant la fuite de l'animal	0
	Distance d'approche : distance d'approche de la vache jusqu'à l'homme, en position statique.	0

NE = non étudié ; NS = non significatif ; 0 = pas de corrélation démontrée, + = corrélation positive significative, - = corrélation négative significative.

La peur ressentie par les vaches vis-à-vis de l'homme, par sa simple présence ou par leurs interactions réciproques, aurait des répercussions négatives sur leur production laitière.

2.14) Lien entre l'expression de comportements agonistiques et la production laitière

Andersson et al (1984) ainsi que Fregonesi et leaver (2001) se sont intéressés au lien entre le comportement social et production mais n'ont montré, dans leurs études respectives, aucune corrélation entre la production laitière quotidienne et la fréquence des déplacements et des comportements connexes au combat, comme les coups de tête.

2.15) Conclusion : relation entre les indicateurs de bien-être du Welfare Quality® et la production laitière

De nombreux indicateurs, notamment ceux concernant la santé comme la NEC, les boiteries, les métrites et les mammites ont montré des répercussions négatives assez importantes sur la production laitière. Quant aux indicateurs de bien-être relatifs au confort de couchage et à la relation homme-animal, soit ils n'ont pas montré de résultats significatifs, soit n'ont pas fait l'objet d'un consensus parmi les études. Un faible nombre d'études ayant étudié l'effet des diarrhées et des lésions cutanées sur la production, nous ne pouvons ces résultats. De même, les comportements agonistiques n'ont pas montré de relations significatives avec la production des vaches laitières. Par ailleurs, aucune étude n'a été recensée sur l'effet des troubles respiratoires (dyspnée, jetage nasal, toux, et écoulement oculaire) sur la production laitière (cf. Tableau 10).

L'intérêt de notre étude personnelle sera de fournir un complément de données concernant la relation entre la production laitière et ces indicateurs de bien-être, et notamment les indicateurs pour lesquels peu ou pas d'études se sont concentrées sur leur lien avec la production laitière. Elle permettra également de mesurer l'importance relative de chacun de ces indicateurs sur le niveau de production laitière.

Tableau 10. Synthèse des relations rapportées dans la littérature entre les indicateurs de bien-être et la production laitière

Indicateur	Relation avec la production laitière	Nature de la relation
Note d'état corporel (NEC)		
NEC au vêlage	Significative (5 études)	Positive (effet sur le pic de lactation et à long-terme)
Perte d'état corporel en début de lactation	Significative (4 études)	
NEC à l'entrée en tarissement	Significative (1 étude)	
Gain d'état corporel pendant le tarissement	Significative (1 étude)	
Boiteries	Significative (5 études)	Négative (fonction de la sévérité de la boiterie)
Métrites		
Métrites précoces	Significative (3 études)	Négative (principalement chez multipares)
Métrites tardives	Significative (1 étude)	Négative
Métrites (sans distinction)	Significative (1 étude)	Négative (uniquement chez multipares)
Mammites cliniques	Significative (21 études)	Négative
Mammites subcliniques (élévation du CCS)	Significative (19 études)	Négative
Dystocies	Significative (3 études) Non significative (1 étude)	Négative
Diarrhées	Significative (2 études)	Négative
Signes respiratoires	Non étudiée	Non étudiée
Altérations tégumentaires	Significative (1 étude)	Négative
Confort de couchage	Non étudiée	Non étudiée
Approvisionnement en eau	Non significative	-
Relation homme-animal		
Distance d'évitement	Significative (1 étude) Non significative (2 études)	Négative
Interactions tactiles	Significative (2 études)	Positive (1 étude) et Négative (1 étude)
Vocalises	Significative (1 étude)	Négative
Comportement agonistiques	Non significative (1 étude)	Non significative

ÉTUDE PERSONNELLE : Étude de l'influence du bien-être animal sur la production des vaches laitières

1. INTRODUCTION : CADRE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette thèse d'exercice vétérinaire s'inscrit dans un programme de recherche mené sur le bien-être animal en élevage au sein de l'unité mixte de recherche ONIRIS INRA-BioEpAR, en étroite collaboration avec l'Unité de Recherche sur les Herbivores (URH) de l'INRA Clermont-Ferrand-Theix. Au sein de l'UMR BioEpAR, la thèse de Maud Coignard, intitulée « Approche épidémiologique de la mesure de l'état de santé des vaches laitières et de ses facteurs de variation dans le cadre d'une évaluation ponctuelle du bien-être animal à l'aide de l'outil d'évaluation Welfare Quality® » se concentre en particulier sur les aspects sanitaires du bien-être animal en élevage bovin laitier et les facteurs de dégradation de ce bien-être.

Cette thèse d'exercice vétérinaire a pour objectif d'estimer l'impact du bien-être animal évalué par le Welfare Quality® sur la production des vaches laitières et collabore ainsi à un des volets de la thèse de Maud Coignard. Ce travail se fera à l'échelle individuelle en prenant compte de facteurs s'appliquant individuellement ou collectivement, et se concentrera sur l'effet du bien-être en considérant à la fois le score global et ses différentes composantes (scores de principes, scores de critères et mesures du Welfare Quality ®). A terme, l'objectif est de fournir des connaissances pour sensibiliser les professionnels de l'élevage à l'importance économique du respect du bien-être des animaux de production et à la mise en place de méthodes d'action pour améliorer ou corriger un défaut de bien-être.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1) Recrutement des exploitations

Le recrutement des exploitations a été réalisé à partir de plusieurs listes d'élevages fournies par les Groupements de Défenses Sanitaires (GDS) des départements Ille-et-Vilaine, Morbihan, Mayenne, Cantal et ceux de la région Rhône-Alpes, et grâce à la participation de vétérinaires de Vendée et Loire-Atlantique. L'échantillonnage a été effectué de façon **stratifiée**, par un **tirage aléatoire** parmi les cent premières coordonnées de chaque liste avec le logiciel R. Les éleveurs ont ensuite été contactés par téléphone pour leur présenter le projet. Si ces éleveurs acceptaient de participer à l'étude, des renseignements concernant leur élevage et ses caractéristiques leur étaient demandé. Les exploitations ont ensuite été classées dans différentes strates selon : la région (plaine ou montagne), la taille du troupeau ($\leq$ ou >50 vaches laitières), la race (Prim'Holstein ou Montbéliarde), le logement (aire paillée ou logettes) et enfin le type de traite (salle de traite ou robot). Ces élevages ont été inclus à condition que l'égalité des effectifs au sein des strates soit respectée. Dans un second temps, une recherche ciblée a été effectuée, à l'aide de vétérinaires praticiens, afin de compléter certaines strates sous- représentées, comme par exemple la strate « Montbéliarde - Robot de traite - Plaine ». Une telle stratification a permis de considérer la diversité des élevages français (cf. tableau 11).

De plus, en comparant les niveaux de bien-être entre les différentes strates, il est ainsi possible d'**identifier pour chaque type d'élevage les indicateurs de risque d'un défaut de bien-être animal**. Les stabulations entravées étant peu représentés en plaine et ne concernant que des troupeaux de moins de 50 vaches, ce type d'élevage a été écarté du recrutement. Au final, 131 troupeaux laitiers répartis sur les régions Bretagne, Pays de la Loire, Auvergne et Rhône-Alpes ont été recrutés.

Tableau 11. Répartition des élevages selon les critères de stratification

Logement	Race	Système de traite	Plaine	Montagne	Total
Aire Paillée	Montbéliarde	Salle de traite	17	17	34
	Prim'Holstein	Salle de traite	12	9	21
Logette	Montbéliarde	Salle de traite	11	16	27
	Prim'Holstein	Salle de traite	13	13	26
		Robot de traite	12	11	23
Total par zone géographique			65	66	**131**

2.2) Collecte des données en élevage

La collecte de données en élevage a été réalisée sur une période de quatre mois, de décembre 2010 à mars 2011. Cinq évaluateurs y ont participé, après avoir suivi au préalable une formation pratique au protocole Welfare Quality® :

- Maud Coignard, doctorante universitaire de l'UMR BioEpAR d'Oniris.
- Alice De Boyer, doctorante universitaire de l'URH Clermont-Ferrand-Theix.
- Eric Delval et Christophe Mallet, techniciens de l'URH Clermont-Ferrand-Theix.
- Rémi De Bouchez, stagiaire ingénieur à l'ISARA Lyon.

Cette enquête a consisté en une **visite unique** d'évaluation du bien-être animal dans chaque ferme, pendant la période de stabulation des animaux. Pour cela, elle s'est basée sur le protocole Welfare Quality®, dont les mesures sont détaillées en Annexe 1. Au cours de la visite, une **notation sanitaire individuelle** (notation de l'état corporel, score locomoteur, nombre de lésions/gonflements/absence de poils, score de propreté, présence d'un écoulement vulvaire/oculaire, d'une dyspnée et d'un jetage) et une mesure individuelle de la **distance d'évitement** ont été réalisées sur une partie du troupeau. Des **mesures collectives** ont également été relevées sur le troupeau (% toux, % de dystocies, nombre de comportements agonistiques…), et sur les installations et pratiques d'élevage (nombre et débit des abreuvoirs, nombre de jours/an avec accès à la pâture…)

2.3) Détermination de la période d'étude des données de production laitière

Les **productions au jour du contrôle (PJC)** des vaches évaluées et en lactation ont été extraites à partir d'une base de données nationale, avec l'autorisation de France Génétique Élevage.

Les données ont dans un premier temps été importées de façon groupée, sur une large période (septembre 2010 à juin 2011) afin de considérer l'ensemble des contrôles effectués sur la période de stabulation de tous les troupeaux.

Dans un second temps, les contrôles laitiers ont été sélectionnés pour chaque élevage, en tenant compte de la période de stabulation du troupeau. L'étude des relations entre les indicateurs (mesures et scores) de bien-être avec la production laitière implique de considérer les données de production sur **la période de validité de ces indicateurs** c'est-à-dire la durée pendant laquelle ces valeurs relevées au cours d'une visite unique sont représentatives de la situation d'un troupeau à moyen ou long terme. Or, la plupart des critères du Welfare Quality® ont montré une faible stabilité dans le temps (Laurent, 2012). Nous avons donc considéré les **contrôles laitiers des vaches évaluées sur une période resserrée autour de la visite d'évaluation du troupeau,** en prenant pour chaque troupeau, quand cela était possible un contrôle effectué le mois avant la visite (CL-1), un contrôle effectué le mois concomitant à la visite (CL_0), et un contrôle le mois suivant la visite (CL+1). Afin de se placer dans une situation homogène du troupeau, seuls les contrôles laitiers effectués **en période de stabulation** ont été retenus. Pour ceux réalisés à proximité des dates prévues d'entrée et/ou de sorties du bâtiment (soit juste avant l'entrée en bâtiment, soit juste après la sortie du bâtiment) : la production laitière au jour du contrôle ne peut donc être considérée avec certitude comme représentative de la période de stabulation.

Ainsi les contrôles laitiers effectués en dehors de la période de stabulation ont été retenus s'ils avaient eu lieu :

- moins de 7 jours après la date prévue de sortie et si la durée d'accès au pâturage était de moins de 12h/jour, dans le cas des sorties tardives (après la mi-mars).
- moins de 14 jours après la date prévue de sortie, dans le cas des mises à l'herbe précoces (avant la mi-mars)
- plus de 14 jours avant l'entrée en bâtiment, et si la durée de pâturage avant l'entrée était de moins de 12h/jour

Ces délais ont été choisis de façon arbitraire, en considérant l'impact relatif de ces périodes de pâturage sur la production laitière Ainsi, pour les mises à l'herbe précoces, la transition par rapport à la stabulation est jugée moins brutale au regard de la mise à l'herbe tardive. Ainsi, la PJC relevée après la sortie du bâtiment est moins biaisé par l'effet pâturage que dans le cas des sorties tardives. En effet, dans ce dernier cas, les conditions de bien-être différent nettement de celles en stabulation (photopériode augmentée, meilleure qualité de l'herbe, durée quotidienne de pâturage plus importante) lors s'une mise à l'herbe tardive sur un pâturage plus riche. Une tolérance plus importante est donc accordée pour les contrôles effectués lors d'une mise à l'herbe précoce, juste après la sortie des vaches du bâtiment.

Enfin, pour étudier la production laitière sur une période de durée homogène à l'ensemble de l'échantillon, seuls les contrôles effectués dans un délai maximal de 65 jours autour de la visite ont été considérés. Cette valeur a été établie en additionnant le délai maximal observé dans l'échantillon entre le contrôle le plus proche de la visite et la visite (20 jours) et la valeur de l'écart maximal entre deux contrôles, qui est en moyenne est de 45 jours (cf. Figure 5).

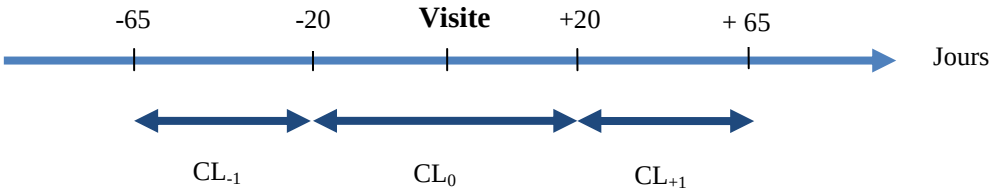


Figure 5. Sélection des contrôles laitiers autour de la visite d'évaluation

Au final, les vaches ont donc un, deux ou trois contrôles selon les individus, ce qui correspond aux contrôles CL_{-1}, CL_0 et CL_{+1} de leur troupeau.

2.4) Création de la base de données

L'étude s'est basée sur un échantillon de vaches ayant été observées le jour de la visite Welfare Quality®. Toutes les vaches évaluées n'ont pu être retenues. Dans un premier temps ont été exclus les animaux appartenant à des élevages qui n'étaient pas inscrit au contrôle laitier. Les animaux mal identifiés ou pour lesquels aucun contrôle n'avait été effectué autour de la visite ont également été retirés. Les observations lors de la visite sont effectuées principalement sur les vaches en lactation dans le bâtiment. Certaines vaches taries et en préparation du vêlage au sein du troupeau ont pu être observées lorsqu'elles étaient présentes dans le bâtiment. Ces vaches ont été retenues à condition que leur premier contrôle ait été effectué dans un délai de 65 jours après la visite.

Le nombre de vaches incluses dans l'étude est de **4725 vaches**, issues de 121 troupeaux. Les données de 11466 contrôles laitiers pour ces vaches ont été extraites, soit une moyenne de 2,4 contrôles par vache. Toutes ces vaches ont été notées par des mesures collectives. 814 d'entre elles ont subi une notation sanitaire seulement, 1285 vaches une mesure de la distance d'évitement et 2652 ont été notés par ces deux types de mesures individuelles.

Le **niveau de production théorique (PPT)** par race et parité de ces vaches a été ensuite calculé. Pour les primipares, ce niveau de production a été déterminé à partir du maximum de production laitière au jour du contrôle atteint au cours des 80 premiers jours de lactation. Pour les multipares, cette estimation s'est basée sur le calcul de la production laitière équivalent adulte à 305jours de la lactation précédente selon la **méthode de Fleischman**. Pour cela, une interpolation de la production laitière selon la parité et la race est réalisée entre deux contrôles laitiers consécutifs, à partir des données mensuelles de la lactation précédant celle en cours au moment de la visite. Ces estimations ont permis de distinguer 4 classes de niveau de production, ou quartiles (en kg/305jours) : $PPT < 7500$, $7500 \leq PPT < 8500$, $8500 \leq PPT < 9500$ et $PPT \geq 9500$.

2.5) Traitement statistique des données

L'estimation des effets des indicateurs de bien-être sur la production laitière a été réalisée grâce à plusieurs **modèles linéaires mixtes** avec le logiciel SAS (Statistical Analysis System) version 9.2. Deux types de modèles élémentaires ont été testés : un premier pour les mesures individuelles et un autre pour les scores et mesures collectives respectivement.
Pour chacun, la variable d'intérêt est la **production au jour du contrôle (PJC)** indexée par rapport au jour de la visite d'évaluation. Un effet aléatoire troupeau a été inclus dans chaque modèle ainsi qu'un effet aléatoire vache. La distribution de ces deux effets a été vérifiée et suit la loi normale pour chacun des modèles.

Les variables explicatives, issues du Welfare Quality® et décrites en Annexe 6, sont :

- les **mesures** au niveau individuel et collectif,
- les **scores de critères**
- les **scores de principes**
- le **score global de bien-être**

Afin d'estimer avec plus de précision les effets de ces variables sur la production laitière, chaque modèle a été ajusté en fonction de plusieurs **effets fixes**, connus pour influencer la PJC:

- le **potentiel de production laitière**, qui permet de distinguer par parité et par race (Prim'Holstein, Montbéliarde ou autres), 4 classes croissantes de potentiel de production (quartiles).
- La **race** : Prim'Holstein, Montbéliarde et autres.
- La **parité**, classée en 1, 2, 3 et ≥ 4 rang de lactation.
- Le **stade de lactation,** divisé en quatre catégories pour chaque contrôle.
- Le **rang de contrôle laitier** par rapport à la visite: CL_{-1}, CL_0 et CL_{+1}.

Un premier type de modèle a d'abord été construit pour tester, une par une et de façon élémentaire, les relations entre les mesures individuelles de bien-être et la production sur plusieurs contrôles, indexés selon leur rang de contrôle. Dans celui-ci, l'effet vache, de type répété, a été modélisé par une matrice de corrélation auto-régressive de type SP(POW) (Spatial Power covariance structure) basée sur le temps écoulé entre deux PJC pour une même vache. Ce dernier est un effet répété, qui prend en compte la corrélation entre les différentes PJC d'un même individu, corrélation qui est d'autant plus importante que ces PJC sont rapprochées dans le temps. Ce modèle s'écrit, pour un contrôle k d'une vache j appartenant à un troupeau i :

$$PJC_{ijk} = \mu + VI_l + \sum_{m=1}^{6} X_{m,n} + u_i + v_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Où μ représente l'intercept,
VI la mesure ou le score de bien-être du Welfare Quality® à l classes,
$X_{m,n}$ un des six effets fixes à n classes, u_i ,v_{ij} et ε_{ijk} les erreurs résiduelles.

Toutefois, l'absence de convergence de ce modèle pour les mesures collectives nous a orienté vers un second modèle, basé sur un unique contrôle laitier, celui situé le plus proche de la visite. Dans la majorité des cas, il s'agit de CL_0, dont le délai entre la visite et le contrôle était inférieur à 20 jours. Les vaches n'ayant pas de CL_0 sont quant à elles testées sur leur CL_{-1} ou leur CL_{+1}, selon le délai le plus proche des deux par rapport au jour de la visite. En cas d'égalité entre les délais entre la visite et chacun de ces deux contrôles, le contrôle situé avant la visite était retenu (CL_{-1}).

Le second modèle testé s'écrit, dans le cas des mesures individuelles pour une vache j appartenant à un troupeau i, de la façon suivante :

$$PJC_{ij} = \mu + VI_l + \sum_{m=1}^{6} X_{m,n} + u_i + v_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Où µ représente l'intercept,
VI la mesure individuelle de bien-être du Welfare Quality® à l classes,
$X_{m,n}$ un des six effets fixes à n classes,
u_i , v_{ij} et ε_{ij} les erreurs résiduelles.

Le modèle construit pour les mesures collectives s'écrit sous la forme suivante, pour une vache j appartenant à un troupeau i :

$$PJC_{ij} = \mu + VT_r + \sum_{m=1}^{6} X_{m,n} + u_i + v_{ij}\, VT_{(r)i} + \varepsilon_{ij}$$

Où µ représente l'intercept,
VT la mesure collective de bien-être du Welfare Quality® à r classes,
$X_{m,n}$ un des six effets fixes à n classes,
u_i, $v_{ij}VT_{(r)i}$ et ε_{ij} les erreurs résiduelles.

Enfin, les variables explicatives issues du Welfare Quality® ayant montré un lien significatif avec la production laitière, avec un risque d'erreur inférieur ou égal à 20%, ont été de nouveau testées au sein d'un modèle multivarié regroupant toutes les variables. L'objectif est de comparer leurs liens respectifs avec le niveau de production laitière.

Ce modèle estime leur relation avec la production laitière à partir d'un contrôle unique et s'écrit, pour une vache j appartenant à un troupeau i, de la façon suivante :

$$PJC_{ij} = \mu + \sum_{p=1}^{4} VI_{p(l)} + \sum_{m=1}^{6} X_{m,n} + u_i + \sum_{q=1}^{2} v_{ij} VT_{q\,(r)i} + \varepsilon_{ij}$$

Où µ représente l'intercept,
VI la mesure individuelle de bien-être du Welfare Quality® à l classes,
VT la mesure collective de bien-être du Welfare Quality® à r classes,
$X_{m,n}$ un des six effets fixes à n classes, u_i , v_{ij} et ε_{ij} les erreurs résiduelles.

3. RÉSULTATS

Nous réaliserons dans un premier temps une analyse descriptive de l'échantillon étudié avant d'analyser les effets des mesures et scores de bien-être sur la production laitière.

3.1) Étude descriptive de l'échantillon

3.1.1) Description statistique de l'échantillon

Les 121 troupeaux ayant participé à l'étude sont répartis sur les régions Bretagne, Pays de la Loire, Auvergne et Rhône-Alpes. Le tableau 12 résume leurs caractéristiques selon les critères de stratification fixés par l'étude.

Tableau 12. Distribution des troupeaux selon les critères : taille, type de logement, type de traite, zone géographique, race dominante et niveau de production (n= 121)

Caractéristiques des troupeaux		Nombres de troupeaux	% de troupeaux
Taille du troupeau	≤ 50 vaches	64	52,8
	> 50 vaches	59	48,7
Type de logement	Aire paillée	49	40,5
	Logettes	72	59,5
Système de traite	Salle de traite	99	81,8
	Robot de traite	22	18,2
Zone géographique	Plaine	60	49,6
	Montagne	61	50,4
Race dominante	Prim'Holstein	60	49,6
	Montbéliarde	61	50,4
Niveau de production moyen par troupeau (PL305 équivalent adulte en kg)	< 7500	26	21,5
	[7500-8500[	26	21,5
	[8500-9500[	30	24,8
	≥ 9500	39	32,2

Dans la plupart des cas, les troupeaux se répartissent de sorte à respecter l'égalité des effectifs entre les strates. L'effectif de la strate « Salle de traite » domine largement sur celui du robot de traite. De même, il existe plus de logement en logette qu'en aire paillée, ce qui s'explique par l'absence de catégorie « Robot-Aire paillée ».

Le tableau 13 décrit la répartition des 4725 vaches selon les variables connues pour influencer la production laitière et incluses en effets fixes. Les races dominantes sont la Prim'Holstein (48,8%) et la Montbéliarde (49,9%). Environ 35% des vaches de l'échantillon sont des primipares, et moins de 25% sont en parité 4 et au delà. Le niveau de production, ajusté selon la race et la parité, est calculé par rapport au niveau de production de l'échantillon total (niveau de production absolu) puis classé en 4 quartiles.

Tableau 13. Répartition des vaches selon leur race, leur parité, leur stade de lactation au contrôle laitier et leur niveau de production laitière (N = 4725)

Variables d'ajustement	Classe	Effectif	% par classe
Race	Montbéliarde	2357	49,9
	Prim'Holstein	2304	48,8
	Autres	64	1,3
Parité	1	1677	35,5
	2	1093	23,1
	3	805	17,0
	≥ 4	1150	24,3
Niveau de production laitière absolu (en kg/305jours)	< 7500	1182	25,0
	[7500-8500[	1192	25,2
	[8500-9500[	1205	25,5
	≥ 9500	1146	24,3
Stade de lactation (en jours)	≤ 80	1196	25,3
	]80-150]	1228	26,0
	]150-250]	1243	26,3
	≥ 250	1058	22,4

3.1.2) Description du bien-être animal au sein de l'échantillon d'étude

La distribution de l'échantillon selon les résultats de l'évaluation Welfare Quality® est détaillée dans l'annexe 6.

- **Niveau global de bien-être**

Aucune exploitation ne possède un niveau de bien-être « Excellent » (cf. Figure 6). La plupart ont un niveau de bien-être « Acceptable » (58,7%) ou « Bon » (35,5%). 5% ont obtenu un faible score correspondant à un niveau de bien-être situé en dessous des besoins. Pour 0,8% des troupeaux, aucun score n'a pu être calculé, en raison de données manquantes.

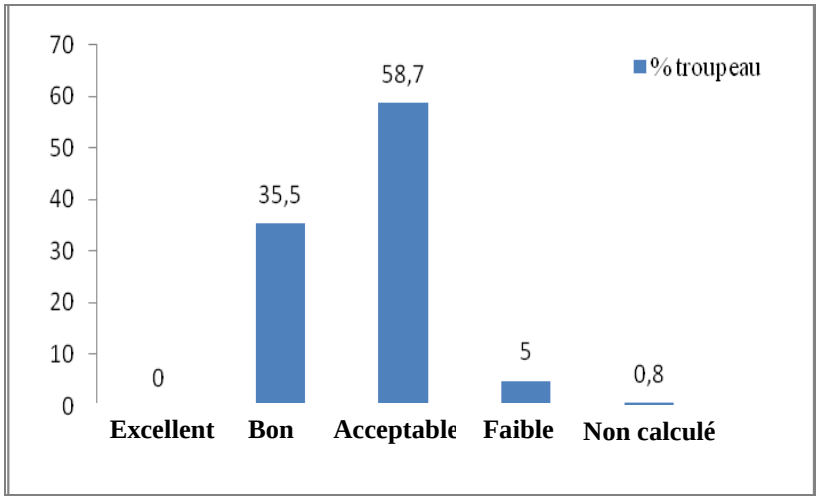


Figure 6. Répartition des troupeaux (%) selon leur score global de bien-être

➢ **Scores de principe**

La moyenne du score obtenu pour le principe « Logement adapté » est assez élevée (59,7±10,6), ce qui s'explique par la forte proportion (67,8%) de troupeaux qui ont un score de logement « Bon » (cf. Tableau 14 et Figure 7). Le score moyen du principe Alimentation (41,9±26,6) montre une grande variabilité entre les fermes. Enfin, le plus bas score est obtenu par le principe Santé (33,2±8,3), dans lequel 95 % des troupeaux ont un score « Acceptable » et aucun n'a de score « Bon ».

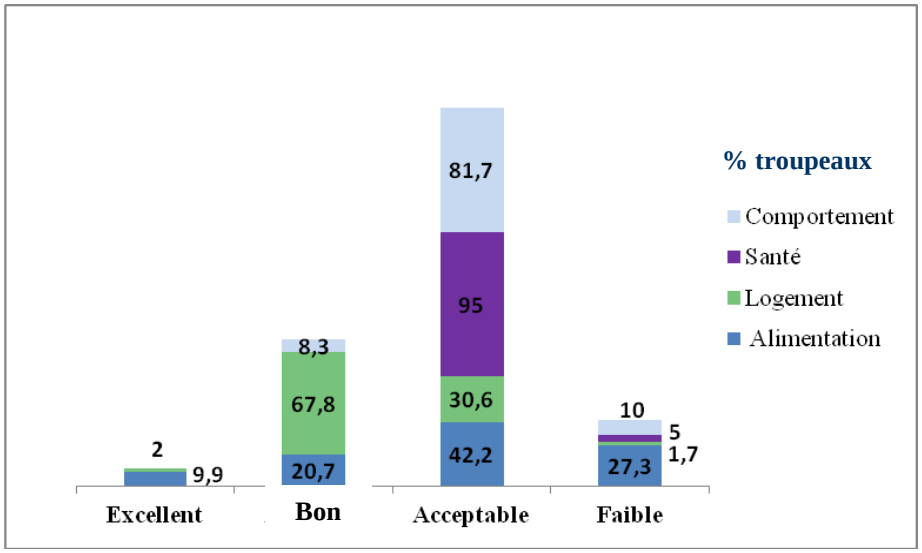


Figure 7. Répartition des troupeaux selon leurs scores de principe du Welfare Quality®

Tableau 14. Distribution des scores de Principe du Welfare Quality®

Score Principe	N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Médiane	Maximum
Bonne alimentation	121	41,9	26,6	3,5	38,8	100
Logement adapté	121	59,7	10,6	37	61,3	81,7
Bonne santé	121	33,2	8.3	13,9	33	54,2
Comportement approprié	120	37,8	12,7	10,8	38,2	69,3

➢ **Scores de critère**

Huit critères ont un score moyen «Acceptable » (compris entre 20 et 55) : « Absence de soif prolongée», «Confort de couchage », «Absence de blessures », «Absence de maladies », «Absence de douleurs », «Expression de comportements sociaux », «Bonne relation homme-animal », «Etat émotionnel positif » (cf. Tableau 15). Trois critères ont obtenu un score moyen «Amélioré» : «Absence de faim prolongée», «Expression d'autres comportements », « Facilités de mouvement ».

Les scores de critères les plus faibles nous permettent d'identifier les **principales atteintes au bien-être animal**. Celui du critère « Absence de douleur » est ainsi lié à **l'écornage et l'ébourgeonnage**, pratiqués dans tous les troupeaux (100% de vaches ébourgeonnées dans près de 93 % des fermes, (cf. Annexe 6) et le plus souvent sans anesthésie, ni analgésie.

La plupart des scores de critères montre une variabilité importante, ce qui est cohérent au regard de la diversité des élevages évalués. La variabilité particulièrement élevée des scores de critères « Absence de faim prolongée », « Absence de soif prolongée » et « Expression de comportements sociaux », « Expression d'autres comportements » montre l'existence dans certains élevages d'une forte proportion de vaches maigres, d'un défaut d'abreuvement, ou encore d'un accès insuffisant à la pâture.

Le haut score du critère « Facilités de mouvement » est due au fait que 100% des fermes ont été choisies en système sans attache, ce qui correspond à une stabulation libre.

Tableau 15. Distribution des scores de critères du Welfare Quality®

Score de Critère	N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Médiane	Maximum
Absence de faim prolongée	121	57,3	34,5	2,5	49,3	100
Absence de soif prolongée	121	54,2	37	3	60	100
Confort de couchage	121	36	16,9	0	38,5	70,9
Facilités de mouvement	121	100	0	100	100	100
Absence de blessures	121	54,8	21,2	8,7	54,3	68,7
Absence de maladies	121	37,1	15,3	11,9	33,3	86
Absence de douleurs	121	32,7	12,8	2	28	75
Expression de comportements sociaux	121	43,5	25,6	0	41,9	95,9
Expression d'autres comportements	121	75,7	24,8	0	82,3	100
Bonne relation homme-animal	120	42,1	12,1	13,5	41,9	70
Etat émotionnel positif	121	49	22,6	0	50,1	93,3

- **Mesures élémentaires**

La distribution des vaches selon les résultats des mesures individuelles est résumée dans l'annexe 6.1. Concernant la notation sanitaire, **78 % des vaches observées ont un état corporel jugé normal** au jour de la visite, quelque soit leur stade de lactation. Par conséquent, 22 % des vaches ont un état corporel en dehors des valeurs normales (trop gras ou trop maigre).

La fréquence **de boiterie est de 14 %** dans notre échantillon. Parmi les boiteries observées, 81 % sont modérées et 19% sont sévères (cf. Définition des boiteries dans l'annexe 1).

Concernant **l'état de propreté des vaches**, 81% de notre échantillon présente des souillures au niveau des postérieurs et du quartier postérieur. Inversement, près de 75 % des vaches ont la mamelle propre.

Aucune dyspnée n'a été observée. De même, les fréquences des écoulements vulvaires et oculaires de notre échantillon sont faibles (0,01% et 3% respectivement). Il en est de même pour les indicateurs « Absence de poils sur le flanc et la mamelle », « Absence de poils sur d'autres régions », « Présence de lésions sur le quartier postérieur », « Présence de lésions sur l'encolure », « Présence de lésions sur les antérieurs », « Présence de lésions sur d'autres régions », « Présence de gonflements sur le flanc et la mamelle », « Présence de gonflements sur d'autres régions ». Ces indicateurs ont l'avantage de décrire précisément l'état sanitaire à l'échelle de l'individu. En revanche, l'importante dichotomie réalisée en fonction des multiples régions du corps rend l'estimation des effets de chacun de ces indicateurs sur la production laitière plus délicate. Néanmoins, **la fréquence des altérations tégumentaires est élevée au niveau des postérieurs** (25% d'absences de poils, 7,6% de lésions, 10,6% de gonflements) **et au niveau de l'encolure** (20% de gonflements). La tendance est presque similaire pour la région du quartier postérieur.

Dans l'échantillon étudié, la **distance d'évitement** montre une variabilité importante (moyenne 51,7±41,6) avec près de 25% des vaches qui évitent l'observateur sur une distance inférieure à 10cm.

La **distribution des vaches selon les mesures collectives** relevées sur leur troupeau est résumée dans l'annexe 6.2. La forte variabilité du pourcentage de vaches maigres dans l'échantillon confirme le résultat obtenu pour le score de critère correspondant « Absence de faim prolongée » : certains troupeaux ont une forte proportion de vaches maigres, allant jusqu'à 87,5%.

Les mesures liées au **logement** (temps de couchage, % de vaches couchées partiellement/complètement en dehors des zones de couchage, % de vaches avec une région du corps sale, % de vaches avec au moins une lésion, % de vaches sans lésions…) présentent également une variabilité importante : il existe donc des troupeaux avec des conditions de logement inadaptées aux animaux.

Concernant les **boiteries**, 21,3% des vaches appartiennent à un troupeau avec au moins 5% de vaches sévèrement boiteuses et seulement 13% des vaches font partie d'un troupeau sans boiteries.

La **proportion de vaches ayant été ébourgeonnées ou écornées** a une faible variabilité ce qui s'explique par la généralisation de l'écornage et de l'ébourgeonnage dans les fermes.

La **durée moyenne d'accès au pâturage** (en nombre de jour/an et en nombre d'heure moyen/jour de pâturage sur l'année) est très variable selon les vaches (217,7 ± 85,7 et 13,6 ± 6,3 respectivement), en raison des conduites d'élevage très différentes (zéro pâturage, pâturage toute l'année…) entre les fermes.

Les mesures liées à la **relation homme-animal** (% de vaches pouvant être touchées, % de vaches pouvant être approchées à moins de 50 cm sans être touchées, % de vaches pouvant être approchées entre 50 et 100 cm et % de vaches non approchées) montre une importante variabilité.

Il y a donc un écart important entre d'un coté, les troupeaux avec une forte proportion de vaches approchées à une faible distance et/ou touchées, révélatrice d'une « bonne » relation avec l'homme et de l'autre côté, les troupeaux pour lesquels la proportion de vaches ne pouvant pas être approchées est plus élevée.

3.1.3) Description de la production laitière

La variable de production laitière au jour du contrôle (PJC), dont la moyenne est de 26,3 kg de lait/jour, suit une loi normale (cf. Figure 8). Les effets des variables à effets fixes introduites dans le modèle sont détaillés dans le tableau 16.

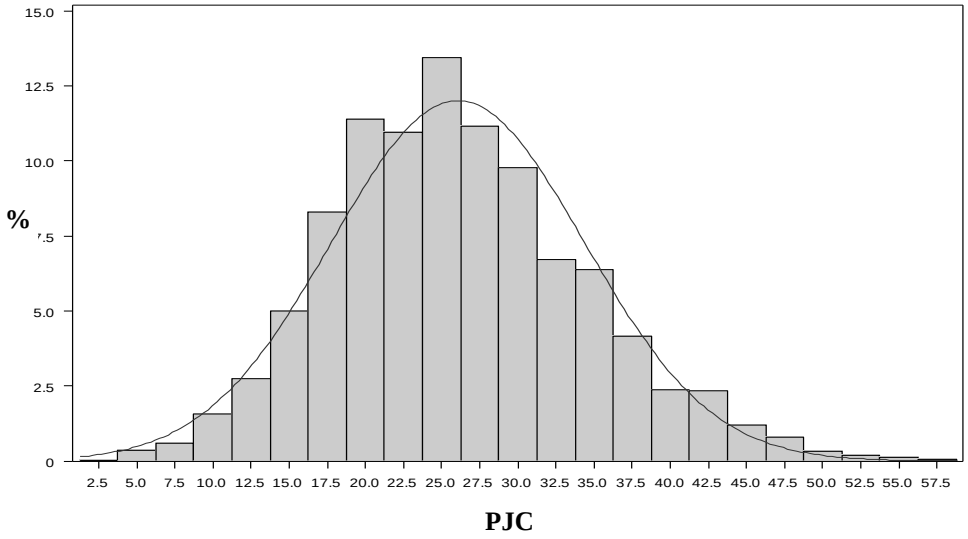


Figure 8. Distribution des productions au jour du contrôle (kg/j) de l'étude (n = 4725)

Tableau 16. Effets des facteurs de variations connus sur la production laitière.

Variable	Classes	Effet (kg/jour)	Ecart-type	p-value
Parité	1	23,2	0,28	< 0,0001
	2	26,8	0,30	
	3	27,6	0,33	
	≥ 4	27,7	0,44	
Stade de lactation moyen au contrôle (en jours)	[0-80]	31,1	0,28	< 0,0001
	]80-150]	26,1	0,28	
	]150-250]	22,0	0,31	
	≥ 250	17,9	0,44	
Niveau de production laitière (en quartile)	< 7500	22,6	0,35	< 0,0001
	[7500-8500[	24,5	0,32	
	[8500-9500[	27,0	0,31	
	≥ 9500	30,1	0,36	
Race	Prim'Holstein	27,5	0,43	< 0,0001
	Montbéliarde	24,3	0,48	
	Autres	25,3	0,96	

L'interaction entre la parité et la race a été testée et n'a pas montré de relation significative avec la production laitière ($p = 0,08$) à la différence de l'interaction entre le stade de lactation et la parité ($p < 0,0001$). Ces variables ont été ajustées entre elles dans les modèles.

3.2) Relation entre le niveau de bien-être et la production laitière

Nous détaillerons dans un premier temps les résultats des modèles élémentaires, puis ceux du modèle multivarié intégrant les variables sélectionnées.

3.2.1) Résultats des modèles élémentaires

- Relation entre les indicateurs individuels du Welfare Quality® et la production laitière

Le tableau 17 résume les associations entre les mesures individuelles de bien-être et la production laitière estimées par le modèle basé sur un unique contrôle laitier (modèle A). Les résultats du modèle basé sur plusieurs contrôles laitiers (modèle B) sont similaires, comme le montre l'annexe 7. Dans chaque modèle, les résidus suivent une distribution proche de la loi normale.

L'impact négatif des boiteries sur la production laitière est ici confirmé. Il augmente avec le degré de sévérité de la boiterie : une **boiterie modérée** engendre une perte significative de 0,6 kg de lait/jour et une **boiterie sévère,** une perte de 2,6 kg de lait/jour.

Le lien entre la **NEC** et la production laitière est également significatif dans les deux modèles. Un gain de 0,2 kg de lait/jour est observé chez les **vaches très maigres**. A coté, les **vaches très grasses** sont associées à une production laitière diminuée de 2,2 kg de lait/jour dans les deux modèles. Cette note d'état corporel est étroitement liée au stade de lactation, comme le montre l'Annexe 8, et l'interaction significative entre la NEC et le stade de lactation au jour de la visite en annexe 9. Une production plus importante est observée chez les vaches en début de lactation, avec un état corporel très maigre.

L'**état de propreté de la mamelle des vaches** montre un lien significatif et négatif avec la production laitière, les vaches avec la mamelle sale ayant une production laitière diminuée de 0,7 kg/jour. En revanche, la propreté des autres régions du corps n'est pas significativement liée à la production.

Dans les deux modèles, l'observation de **diarrhée** est associée de façon significative et positive à la production : les vaches avec des signes de diarrhée ont une production au jour du contrôle augmentée de 1,4 kg par rapport aux vaches ne présentant pas ce symptôme. De même, les **gonflements sur l'encolure** sont liées positivement et de façon significative avec la production laitière : une augmentation d'environ 1,2 kg de lait/jour est notée chez les vaches présentant ce type d'altération tégumentaire.

La relation entre les **lésions sur les postérieurs** et la production laitière est significative dans le modèle A (cf. Annexe 7), avec une production diminuée de 0,9 kg/jour chez les vaches présentant ces lésions. Dans le modèle B, ce lien négatif se retrouve, et tend à être significatif ($p = 0,08$).

La **dyspnée**, des **écoulements oculaires**, du **jetage nasal** ainsi que les **altérations tégumentaires** (absences de poils, lésions et gonflements) autres que les lésions aux postérieurs et les gonflements à l'encolure n'ont pas montré de liens significatifs avec la production laitière, probablement en raison de la faible prévalence de ces symptômes au sein de notre échantillon.

De même, la **distance d'évitement** ne montre pas de relation significative avec la production laitière.

Pour les **métrites** (écoulements vulvaires), le modèle a été testé avec et sans interaction avec la parité. Leur association avec la production laitière demeure non significative, avec ou sans la prise en compte de cette interaction ($p = 0,30$ et $p = 0,90$ respectivement).

Tableau 17. Relations entre les mesures individuelles de bien-être et la production laitière : résultats du modèle élémentaire

Indicateur	Classes	Effectifs par classe	Effet estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Note d'état corporel	Etat normal	2665	Ref		< 0,0001*
	Très maigre	513	+ 0,2	0,29	
	Très grasse	239	-2,2	0,37	
Boiterie	Absence	2921	Ref		< 0,0001*
	Modérée	401	-0,6	0,29	
	Sévère	99	-2,6	0,54	
Ecoulement vulvaire	Non	3444	Ref		0,90
	Oui	14	-0,2	1,38	
Ecoulement oculaire	Non	3343	Ref		0,19*
	Oui	114	-0,7	0,52	
Dyspnée	Non	3457	Ref	Non estimé	Non estimé
	Oui	0	Non estimé		
Diarrhée	Non	3028	Ref		< 0,0001*
	Oui	429	+1,4	0,30	
Jetage Nasal	Non	2827	Ref	0,24	0,24
	Oui	630	-0,3		
Propreté des jarrets	Oui	642	Ref		0,20
	Non	2818	-0,3	0,27	
Propreté du quartier postérieur	Oui	1663	Ref		0,13*
	Non	1798	-0,3	0,20	
Propreté de la mamelle	Oui	2583	Ref		0,03*
	Non	876	-0,7	0,23	
Absence de poils sur les postérieurs	Non	2335	Ref		0,12*
	Oui	789	-0,3	0,16	
Absence de poils sur le quartier postérieur	Non	2858	Ref		0,71
	Oui	531	+0,1	0,26	
Absence de poils sur l'encolure	Non	2968	Ref		0,84
	Oui	486	-0,06	0,27	
Absence de poils sur les antérieurs	Non	2584	Ref		0,42
	Oui	385	+0,3	0,34	
Absence de poils sur les flancs et la mamelle	Non	3390	ref		0,26
	Oui	41	+0,9	0,82	
Absence de poils sur d'autres régions	Non	3449	Ref		0,53
	Oui	15	+0,8	1,33	

* Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe 3.2.2)

Tableau 17 (suite)

Indicateur	Classes	Effectifs par classe	Effet estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Lésions sur les postérieurs	Non	2889	Ref		0,08*
	Oui	238	-0,7	0,39	
Lésions sur le quartier postérieur	Non	3316	Ref		0,32
	Oui	97	+0,6	0,56	
Lésions sur l'encolure	Non	3420	Ref		0,71
	Oui	30	-0,4	0,96	
Lésions sur le flanc et la mamelle	Non	3202	Ref		0,26
	Oui	228	+0,9	0,37	
Lésions sur les antérieurs	Non	2940	Ref		0,90
	Oui	25	+0,1	1,01	
Lésions sur d'autres régions	Non	3459	Ref		0,83
	Oui	5	+0,5	2,3	
Gonflements sur les postérieurs	Non	2794	Ref		0,83
	Oui	334	-0,1	0,36	
Gonflements sur le quartier postérieur	Non	3237	Ref		0,69
	Oui	176	-0,2	0,49	
Gonflements sur les antérieurs	Non	2818	Ref		0,55
	Oui	146	-0,3	0,48	
Gonflements sur l'encolure	Non	2757	Ref		0,005*
	Oui	693	+1,2	0,34	
Gonflements sur le flanc et la mamelle	Non	3406	Ref		0,48
	Oui	24	-0,9	1,24	
Gonflements sur d'autres régions	Non	3456	Ref		0,42
	Oui	8	-1,5	1,8	
Distance d'évitement (en cm)	[0-10]	889	23,3	0,53	0,15*
	]10-40]	1033	23,8	0,53	
	]40-70]	940	23,8	0,53	
	> 70	1075	23,7	0,54	

Ne = Non estimé, * Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe 3.2.2)

- Relation entre les mesures collectives de bien-être du Welfare Quality® et la production laitière.

Aucune des publications recensées n'a étudié la relation entre des mesures collectives ou des scores de bien-être et la production laitière. De ce fait, aucune valeur de référence n'est décrite concernant ces données. Le tableau 18 résume les associations entre les effets fixes liés aux mesures collectives de bien-être et la production du contrôle laitier le plus proche de la visite. Peu de relations significatives ressortent entre ces mesures collectives de bien-être et la production laitière.

Parmi elles, le **pourcentage de vaches atteintes de diarrhées** dans le troupeau est lié positivement et significativement à la production laitière ($p = 0,004$) : une vache appartenant à un troupeau avec des vaches atteintes de diarrhée aurait une production laitière quotidienne augmentée de 1,5kg par rapport à une vache issue d'un troupeau sans diarrhée. Ce résultat rejoint celui observé avec la mesure individuelle correspondante en notation sanitaire.

Le **pourcentage de comportements agonistiques de type coups de tête** et la production laitière ne sont pas reliés de façon significative.

Enfin, la **durée d'accès au pâturage** (en nombre moyen de jour par an) est également liée de façon significative à la production laitière. Cependant, il s'agit d'une relation **non linéaire**. La production laitière est plus élevée pour les vaches en zéro-pâturage que pour celles ayant une durée d'accès au pâturage inférieure à 220 jours par an, avec une différence de production de 2,5 kg de lait/jour. Au-delà de 220 jours de pâturage par an, la production laitière augmente de nouveau, mais reste néanmoins inférieure à celle observée chez des vaches en stabulation toute l'année.

Enfin, les indicateurs collectifs liés à la relation homme-animal sont difficilement interprétables. Seul le pourcentage de vaches approchées par l'homme à moins de 50 cm au sein d'un troupeau serait lié de façon significative et négative à la production laitière : la production laitière serait ainsi plus importante dans un troupeau où une forte proportion de vaches peut être approchée.

Tableau 18. Relation entre les mesures collectives de bien-être et la production laitière (N = 4725 vaches)

Indicateur	Classes	Effectifs et % par classe	Estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
% de vaches maigres	= 0%	1445 (30,6%)	23,7	0,61	0,42
	]0-10]%	1171 (24,8%)	23,2	0,65	
	]10-20]%	666 (14,1%)	24,3	0,83	
	> 20%	1443 (30,5%)	24,2	0,63	
Temps de couchage (en s)	[0-5,25[s	1209 (25,6%)	24,2	0,68	0,29
	[5,25-6[s	1171 (24,8%)	23,0	0,64	
	[6-6,75[s	1134 (24%)	24,1	0,63	
	≥ 6,75s	1211 (25,6%)	23,9	0,66	
% de collisions avec l'équipement lors du couchage	= 0 %	1521 (32,1%)	23,2	0,59	0,35
	]0-20]%	1171 (24,8%)	24,3	0,68	
	]20-45]%	978 (20,7%)	24,1	0,67	
	> 45%	1055 (22,3%)	23,8	0,69	
% de vaches couchées partiellement en dehors	= 0%	3591 (76%)	23,8	0,50	0,98
	> 0%	1134 (24%)	23,8	0,67	
% de vaches avec les postérieurs sales	< 80%	1521 (32,2%)	23,8	0,59	1,00
	[80-95[%	1757 (37,2%)	23,8	0,60	
	≥ 95%	1447 (30,6%)	23,8	0,62	
% de vaches avec la mamelle sale	<10%	1365 (28,9%)	24,5	0,61	0,13
	[10-20[%	822 (17,4%)	24,1	0,72	
	[20-40[%	1521 (31,2%)	23,4	0,61	
	≥ 40%	1017 (21,5%)	22,9	0,68	
% de vaches avec le quartier postérieur sale	< 25%	978 (20,7%)	24,4	0,68	0,36
	[25-50[%	1209 (25,6%)	23,9	0,64	
	[50-75[%	1290 (27,3%)	23,8	0,64	
	≥ 75%	1248 (26,4%)	23,1	0,64	
% de vaches non boiteuses	< 80%	1403 (29,7%)	24,5	0,64	0,09
	[80-90[%	1252 (26,5%)	24,1	0,63	
	[90-100[%	1446 (30,6%)	23,0	0,58	
	=100%	624 (13,2%)	23,9	0,79	

* Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe3.2.2)

Tableau 18 (suite)

Indicateur	Classes	Effectifs et % par classe	Estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
% de vaches modérément boiteuses	= 0%	822 (17,4%)	24,0	0,74	0,09
	]0-10]%	1833 (38,8%)	23,0	0,57	
	]10-20]%	1091 (23,1%)	24,1	0,64	
	> 20%	979 (20,7%)	24,6	0,69	
% de vaches sévèrement boiteuses	= 0%	2381 (20,4%)	23,6	0,55	0,70
	]0-5[%	1365 (28,9%)	23,8	0,61	
	≥ 5%	979 (20,7%)	24,2	0,70	
% de vaches sans lésions	< 10%	935 (19,7%)	24,4	0,71	0,48
	[10-40[%	1337 (28,3%)	24,0	0,63	
	[40-60[%	1091 (23,9%)	23,3	0,66	
	≥ 60%	1362 (28,8%)	23,5	0,62	
% de vaches avec une absence de poil minimum	< 5%	1134 (24%)	24,1	0,66	0,48
	[5-15[%	1040 (22%)	23,5	0,65	
	[15-30[%	1365 (28,9%)	24,2	0,63	
	≥ 30%	1186 (25,1%)	23,2	0,67	
% de vaches avec au moins une lésion	< 15%	1323 (28%)	23,3	0,62	0,21
	[15-35[%	1134 (24%)	23,3	0,67	
	[35-65[%	1097 (23,2%)	24,0	0,65	
	≥ 65%	1171 (24,8%)	24,6	0,66	
Nombre de toux par animal/15min	= 0%	1564 (33,1%)	23,1	0,60	0,05*
	]0-0,15[%	1224 (25,9%)	23,4	0,63	
	≥ 0,15%	1937 (41%)	24,5	0,56	
% de vaches avec un jetage nasal	% = 0	1091 (23,1%)	22,9	0,67	0,08*
	]0-15]%	1252 (26,5%)	23,3	0,63	
	]15-30]%	1327 (28,1%)	24,5	0,62	
	% > 30	1055 (22,3%)	24,2	0,66	
% de vaches avec un écoulement oculaire	= 0%	3236 (68,4%)	23,6	0,52	0,54
	]0-10[%	1054 (22,3%)	24,0	0,66	
	≥ 0,10%	435 (9,2%)	24,5	0,93	
% de vaches avec une dyspnée	= 0%	4725 (100%)	23,8	0,32	Non estimé
	> 0%	0 (0%)	Non estimé	Non estimé	

* Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe3.2.2)

Tableau 18 (suite)

Indicateur	Classes	Effectifs et % par classe	Estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
% de vaches avec une diarrhée	= 0%	2740 (58%)	23,1	0,52	0,004
	> 0%	1985 (42%)	24,6	0,55	
% de vaches avec un écoulement vulvaire	= 0%	4295 (90,9%)	23,9	0,48	0,17
	> 0%	430 (9,1%)	22,6	0,94	
% de vaches avec un CCS > 400 000 au cours des 3 derniers mois	< 15%	1091 (23,1%)	24,2	0,67	0,15*
	[15-20[%	1172 (24,8%)	23,4	0,65	
	[20-25[%	1134 (24%)	24,4	0,64	
	≥ 25%	1328 (28,1%)	23,0	0,63	
% de comportements agonistiques (coups de tête)	< 0,3%	1370 (29%)	24,1	0,64	0,49
	[0,3-0,5[%	1039 (22%)	24,1	0,67	
	[0,5-1[%	1228 (26%)	23,8	0,65	
	≥ 1%	1088 (23%)	23,1	0,65	
% de vaches pouvant être touchées	< 5%	1475 (32%)	23,4	0,60	0,28
	[5-12,5[%	1337 (29%)	24,4	0,64	
	≥ 12,5%	1800 (39%)	23,6	0,56	
% de vaches pouvant être approchées à moins de 50 cm sans être touchées	< 40%	1568 (34%)	24,6	0,61	0,03
	[40-55[%	1614 (35%)	23,6	0,57	
	≥ 55%	1430 (31%)	23,0	0,60	
% de vaches pouvant être approchées entre 50 et 100cm	< 25%	1245 (27%)	23,1	0,62	0,19
	[25-40[%	1844 (40%)	23,9	0,57	
	≥ 40%	1523 (33%)	24,2	0,61	
% de vaches non approchées	= 0%	1845 (40%)	24,0	0,56	0,23
	]0-10]%	1199 (26%)	23,0	0,63	
	> 10%	1568 (34%)	24,0	0,61	
Nombre moyen de jours d'accès au pâturage /an	= 0j	382 (8,1%)	25,5	0,99	0,03*
	]0-220[j	1830 (38,7%)	23,0	0,57	
	]220-260[j	1420 (30,1%)	24,0	0,62	
	≥ 260 j	1093 (23,1%)	24,3	0,64	
Nombre moyen d'heure/jour de pâturage sur l'année	< 12h	1701 (36%)	23,7	0,60	0,98
	[12-18[h	1464 (31%)	23,8	0,59	
	≥ 18h	1560 (33%)	23,8	0,62	

* Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe3.2.2)

➢ Relation entre les scores de bien-être du Welfare Quality® et la production laitière.

Les liens entre les scores de critères Welfare Quality® et la production laitière sont décrits dans le tableau 19. Le score de critère **« Absence de blessures »** est associée de façon significative et négative mais non linéaire à la production laitière (p = 0,05).

Le lien linéaire et positif observé entre la production laitière journalière et le score de **critère « Expression de comportements sociaux »** du troupeau souligne l'effet des interactions agonistiques sur la production laitières des vaches.

Enfin, le critère **« Expression d'autres comportements »** montre un lien significatif et non linéaire avec la production laitière (p = 0,02). Le score de ce critère, qui correspond à la durée d'accès pâturage, est calculé à partir du nombre de jours par an et le nombre d'heure en moyenne par jour de pâturage pour un troupeau. Cette association non linéaire entre ce score et la production confirme celle observée avec la durée annuelle d'accès au pâturage (en nombre de jours/an), constaté précédemment. Ainsi, la production laitière est plus importante pour un score de 0, ce qui coïncide avec une conduite d'élevage en zéro pâturage. Pour un score compris entre 0 et 80, la production est plus faible qu'en zéro pâturage. En revanche, lorsque la durée annuelle de pâturage est plus élevée (score > 80), la production laitière augmente de nouveau, tout en restant inférieure à celle des vaches en zéro-pâturage (score = 0).

Tableau 19. Relation entre les scores de critères du Welfare Quality® et la production laitière

Indicateur	Classes	Effectif par classe	Valeur de l'estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Score « Absence de faim prolongée »	< 40	191840,6%)	24,2	0,58	0,37
	[40-100[	1465 (31%)	23,3	0,63	
	= 100	1342 (28,4%)	23,6	0,61	
Score « Absence de soif prolongée »	< 40	1724 (36,5%)	24,2	0,61	0,42
	[40-70[	1620 (34,3%)	23,4	0,57	
	≥70	1381(29,2%)	23,9	0,63	
Score « Confort de couchage »	< 25	1181 (25%)	23,5	0,65	0,46
	[25-40[	1417 (30%)	24,2	0,62	
	[40-50[	1025 (21,7%)	23,1	0,68	
	≥ 50	1102 (23,3%)	24,1	0,67	
Score « Confort thermique »	Non mesuré				
Score « Facilités de mouvement »	Effet non estimé (classe unique : système libre non entravé)				
Score « Absence de blessures »	< 35	935 (19,8%)	24,4	0,70	0,05
	[35-50[	1134 (24%)	23,7	0,68	
	[50-65[	1337 (23,3%)	24,4	0,61	
	≥ 65	1319 (27,7%)	22,7	0,60	

Tableau 19 (suite)

Indicateur	Classes	Effectif par classe	Valeur de l'estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Score « Absence de maladies »	< 30	1412 (29,9%)	24,3	0,63	0,15
	[30-40[	1606 (34%)	24,0	0,58	
	≥40	1707(36,1%)	23,1	0,58	
Score « Absence de douleurs induites par des procédures »	< 28	567 (12%)	23,9	0,80	0,15*
	= 28	3071 (65%)	23,5	0,51	
	> 28	1087 (23%)	24,7	0,68	
Score « Expression de comportements sociaux »	< 35	1252 (26,5%)	23,1	0,61	0,05*
	[35-50[	1171 (24,8%)	23,6	0,63	
	[50-65[	1134 (24%)	23,8	0,66	
	≥ 65	1168 (24,7%)	25,0	0,68	
Score « Expression d'autres comportements »	= 0	526 (11,2%)	26,1	0,96	0,02
	]0-80]	1512 (32%)	23,1	0,59	
	]80-85]	1271 (26,9%)	23,5	0,62	
	> 85	1413 (29,6%)	24,0	0,60	
Score « Bonne relation homme-animal »	< 30	830 (18%)	24,8	0,75	0,35
	[30-40[	1199 (26,6%)	23,5	0,64	
	[40-50[	1337 (29%)	23,7	0,61	
	≥ 50	1246 (26,4%)	23,6	0,63	
Score « Etat émotionnel positif »	< 35	1157 (24,5%)	23,3	0,66	0,47
	[35-50[	1308 (27,7%)	24,4	0,64	
	[50-65[	1039 (22%)	23,5	0,66	
	≥ 65	1221 (25,8%)	23,8	0,65	

* Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe 3.2.2)

Les tableaux 20 et 21 résument l'impact des scores de principes et du score global de bien-être du Welfare Quality® sur la production laitière. Aucun des **scores de principe** ne montre de relation significative avec le niveau de production. De même, l'effet du **score global** de bien-être sur la production laitière n'est pas significatif (p = 0,81).

Tableau 20. Relation entre les scores de principes du Welfare Quality® et la production laitière

Indicateur	Classes	Effectif/classe	Valeur de l'estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Score « Bonne alimentation »	< 20	1280 (27,1%)	24,1	0,64	0,74
	[20-55[	893 (18,9%)	23,8	0,58	
	[55-80[	1190 (25,2%)	23,7	0,68	
	≥ 80	1362 (28,8%)	23,1	0,90	
Score « Logement adapté »	< 55	1446 (30,6%)	23,8	0,62	0,66
	[55-70]	2263 (47,9%)	23,6	0,54	
	> 70	1016 (21,5%)	24,2	0,70	
Score « Bonne santé »	< 30	1606 (34%)	24,1	1,20	0,14
	]30-35]	1464 (31%)	24,1	0,52	
	> 35	1655 (35%)	23,1	0,59	
Score « Comportement approprié »	< 20	1291 (28%)	24,0	0,93	0,93
	]20-37,5]	1180 (25,6%)	23,5	0,58	
	]37,5-55]	1300 (28,2%)	23,8	0,55	
	> 55	841 (18,2%)	24,0	0,97	

* Indicateurs testés dans le modèle multivarié (cf. paragraphe3.2.2).

Tableau 21. Relation entre le score global de bien-être du Welfare Quality® et la production laitière

Indicateur	Classes	Effectifs (%) par classe	Estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Score global de bien-être	Excellent	0 (0%)	Ne	Ne	0,81
	Bon	1630 (35%)	23.8	0.59	
	Acceptable	2773 (58,7%)	23.7	0.53	
	Faible	250 (5,3%)	24.4	1.21	

3.2.2) Résultats de l'analyse multivariée

Ce dernier modèle a pour objectif d'estimer les relations entre les indicateurs de bien-être et la production laitière, **en tenant compte des biais de confusion liés à l'effet des autres indicateurs**. Pour cela, les variables ayant montré un lien significatif avec la production avec un risque d'erreur inférieur à 20% (p-value ≤ 0,20) dans les modèles élémentaires ont d'abord été sélectionnées.

Dans un second temps, nous avons retenu les variables en fonction de leurs interactions, et de leur degré de représentativité par rapport à l'individu. Ainsi, lorsqu'une mesure individuelle et sa mesure collective ou son score correspondant étaient tous les deux significatifs, seule la mesure individuelle a été incluse dans le modèle. Par exemple, la présence de diarrhée en notation sanitaire a été incluse aux dépends de la mesure « % de vaches en diarrhée ».

De même, le score de critère « Absence de blessures » n'a pas été inclus en raison de son lien étroit avec les indicateurs « présence de boiterie » et « présence de lésions aux postérieurs ». Une fois le modèle multivarié construit, les variables les moins significatives ont été éliminées au fur et à mesure des différents tests, jusqu'à ne conserver que les variables dont le lien avec la production laitière est très significatif (p-value $\leq 0,05$). Le tableau 22 détaille les résultats de ce modèle. Les variables confirment dans ce dernier modèle le sens et l'intensité de leur relation avec la production laitière observée dans les modèles élémentaires. Seul le score de critère « Absence de douleurs induites par des procédures » et le nombre de toux/animal/15min ne montrent pas de lien significatif avec la production laitière dans le modèle multivarié.

Ainsi, la **NEC** est bien reliée négativement à la production laitière, **les vaches les plus maigres étant les plus fortes productrices (+0,4 kg/jour)** au regard des **vaches avec un état corporel élevé, qui produisent en moyenne 2,7 kg de lait en moins par jour**. Ces vaches très maigres sont, pour la plupart, entre 0 et 80 jours de lactation, comme le montre le test de Khi-deux en annexe 8. Cette corrélation est confirmée par l'effet significatif ($p < 0,0001$) de l'interaction entre la NEC et le stade de lactation sur la production laitière, avec une production maximale atteinte par des vaches très maigres en début de lactation (cf. Annexe 9).

Les **boiteries** confirment également leur impact négatif sur la production, avec une distinction assez nette selon le degré de sévérité de la boiterie : les pertes de production vont de **0,5 kg de lait/jour pour les boiteries modérées à 2,7 kg/jour pour les boiteries sévères.**

Les **diarrhées** et les **gonflements sur l'encolure** confirment dans ce modèle leur relation positive et très significative avec la production laitière.

Par ailleurs, la production laitière augmente de façon significative et linéaire avec le score de critère **« Expression de comportement sociaux »,** ce qui démontre un **effet négatif de l'ensemble des comportements agonistiques (coups de tête, combats, poursuites…) sur la production laitière**. En effet, plus ces comportements connexes au combat sont importants dans un troupeau, plus le score du critère « Expression de comportement sociaux » est faible, et plus la production laitière des vaches appartenant à ce troupeau est diminuée. Par exemple, les vaches appartenant à un troupeau avec un score supérieur à 65 ont une production laitière augmentée de 1,9 kg/jour, par rapport à des vaches issues d'un troupeau avec un faible score, dans lequel les comportements agonistiques s'expriment fortement.

Enfin, ici encore, le lien non linéaire de la **durée d'accès au pâturage** avec la production laitière est confirmé par le modèle multivarié. Les vaches en zéro pâturage produisent en moyenne 1 kg de plus par jour que les vaches ayant un accès supérieur à 260 jours de pâturage par an. Par ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment, la conduite d'élevage en zéro pâturage est fortement corrélée au système de traite de type robot.

Tableau 22. Relation entre la production laitière et les indicateurs de bien-être du Welfare Quality® (n = 4725 vaches)

Indicateur	Classes	Effet estimé sur la production laitière (kg/j)	Intervalle de confiance à 95%	p-value
Note d'état corporel	Etat corporel normal	24,4	[23,4-25,5]	< 0,001
	très maigre	24,8	[23,6-25,9]	
	très gras	22,9	[21,7-24,1]	
Boiterie	Absence de boiterie	25,1	[24,1-26,1]	< 0,001
	Boiterie modérée	24,6	[23,5-25,7]	
	Boiterie sévère	22,4	[21,0-23,8]	
Présence de diarrhée	Non	23,3	[22,2-24,3]	< 0,001
	Oui	24,8	[23,7-26,0]	
Présence de gonflements au niveau de l'encolure	Non	23,6	[22,6-24,7]	0,009
	Oui	24,5	[23,3-25,6]	
Accès au pâturage (nombre jours /an)	= 0j	25,3	[23,3-27,2]	0,02
	]0-220]j	22,7	[21,5-23,9]	
	]220-260]j	24,0	[22,7-25,2]	
	≥ 260j	24,3	[22,9-25,6]	
Score de critère « Expression de comportements sociaux »	< 35	23,4	[22,1-24,8]	0,02
	[35-50[	23,8	[22,4-25,1]	
	[50-65[	23,6	[22,3-24,9]	
	≥ 65	25,4	[24,1-26,8]	

4. DISCUSSION

Nous discuterons dans un premier temps du niveau de bien-être ainsi que de la prévalence des principaux troubles de bien-être rencontrés dans notre échantillon, puis nous détaillerons les modifications engendrées par ces indicateurs de bien-être animal sur la production des vaches laitières, en discutant de leurs limites et en les confrontant aux résultats déjà parus dans la littérature. Nous nous attarderons également sur les relations nouvelles mises en évidence par notre étude entre certains de ces indicateurs et la production laitière. Enfin, dans une dernière partie, nous exposerons les implications pratiques de cette étude en élevage puis ses perspectives dans le domaine de la recherche scientifique.

4.1) Niveau de bien-être animal et prévalence des troubles de bien-être au sein de l'échantillon

L'échantillon étudié compte 4725 vaches, issues de 121 troupeaux Français, sélectionnés par un tirage aléatoire stratifié, et évaluées individuellement le jour de la visite d'évaluation par une notation sanitaire et/ou une mesure de la distance d'évitement, ainsi que par des mesures collectives. Les résultats de ces mesures, et des scores de bien-être calculés nous ont permis de faire un état des lieux du niveau de bien-être, et de ses principaux points forts et points faibles au sein de l'échantillon.

La majorité des élevages ont un niveau global de bien-être « Acceptable », et près d'un tiers ont un score « Bon ». Le score de Logement apparait être le point le plus respecté de notre échantillon, alors que les principes de santé et de comportement présentent les scores les plus faibles, bien qu'ils soient toutefois classés en majorité dans un niveau « Acceptable ».

Cette analyse descriptive a également montré la **variabilité importante de certains critères** au sein de la population étudiée, variabilité qui s'explique par la diversité des systèmes d'élevage rencontrée dans cette population. La forte variabilité du principe d'Alimentation ainsi que du critère « Absence de faim prolongé » qui lui est associé, montre qu'il existe en France des troupeaux avec une proportion non négligeable de vaches très maigres. La variabilité élevée du score de critère « Autre comportement » s'explique par le côtoiement dans notre échantillon de systèmes d'élevage en confinement et en pâturage. Le faible score obtenu pour le critère « Absence de douleur » est due à la pratique omniprésente de l'ébourgeonnage et/ou de l'écornage des vaches au sein des élevages, pratique le plus souvent réalisée sans anesthésie ni analgésie, compte tenu d'une législation en vigueur assez contraignante pour la détention de produits anesthésiques.

Néanmoins, aucune enquête de la sorte n'a encore été menée avec ce protocole d'évaluation en France, ni en Europe. Ainsi, **l'absence de point de comparaison et de références disponibles autres que celles fournies par le Welfare Quality®** ne nous permet pas de situer le niveau de bien-être de notre échantillon par rapport à d'autres populations.

Parmi les différents troubles de bien-être, **les prévalences des indicateurs de santé évalués dans notre étude sont d'une manière générale inférieures à celles rapportées dans la bibliographie**. La prévalence des boiteries dans l'échantillon est de 12% pour les atteintes modérées et de 2% pour les atteintes sévères, ce qui se situe en dessous des prévalences rapportées par Warnick et al. (2001) (27% et 19% respectivement), par Hernandez et al. (2005) (49% et 36% respectivement) et par Toczé (2006), qui décrit une fréquence d'environ 25 cas de boiteries pour 100 vaches présentes à un moment donné. Concernant, les métrites basées sur l'observation d'un écoulement vulvaire, les études trouvées dans la littérature ne renseignent que des données d'incidence en lactation, c'est pourquoi nous ne pouvons situer la prévalence de cette affection dans l'échantillon (0,01%). L'incidence moyenne annuelle par troupeau des dystocies est de 5,9%, ce qui rejoint celle rapportée dans la littérature (7,5% chez des vaches de race Finnish Ayrshire dans l'étude de Rajala et Gröhn (1998)). La prévalence des gonflements sur l'encolure dans notre étude est très supérieure (20%) à celle de l'étude de Kielland et al. (2009) qui est de 6%. Néanmoins, les prévalences des absences de poils sur l'encolure sont similaires, et se situent autour de 15%. Enfin, pour les autres indicateurs, l'absence de références bibliographiques ne nous permet pas de comparer les prévalences observées.

4.2) Estimation des relations entre les indicateurs de bien-être et la production laitière

L'objectif initial de notre étude était d'estimer l'impact du bien-être tel qu'il est évalué par la méthode Welfare Quality®, c'est-à-dire en considérant les scores représentatifs du troupeau. Néanmoins, nous avons choisi de **privilégier les indicateurs individuels de bien-être dans la construction du modèle multivarié, et de confirmer pour certains leurs effets tels que décrits dans la littérature**. En effet, il nous était impossible de tester ce modèle à partir de l'ensemble des scores et des mesures significatifs dans les modèles élémentaires, étant donné que certains de ces scores sont agrégés à partir de ces mesures, et sont donc étroitement liés. Par ailleurs, l'estimation des effets sur la production laitière des mesures du Welfare Quality®, à partir desquelles sont construits les scores, est une étape préliminaire à celle des effets des scores. Pour étendre notre analyse aux scores, il aurait fallu réaliser des modèles multivariés différents, en considérant les variables selon leur niveau d'étude, c'est-à-dire un modèle pour les critères et un modèle pour les principes, étant donné le lien existant entre ces deux types de variables.

Nous discuterons dans un premier temps des mesures du Welfare Quality® qui ont confirmé leurs effets attendus sur la production laitière, déjà décrits dans la littérature, puis des effets attendus mais qui n'ont pas été mis en évidence par notre étude. Ils seront suivis dans une dernière partie des relations nouvellement décrites entre certains indicateurs et la production.

Tout d'abord, les boiteries étant l'expression clinique d'un phénomène douloureux, elles sont de ce fait associées à des pertes de production laitière (Sprecher et al., 1997). Ces pertes de production, constatées dans de nombreuses publications sont confirmées par les résultats de l'étude.

Le score de locomotion utilisé par Welfare Quality® a permis de grader la sévérité de ces boiteries, et l'intensité de leurs effets sur la production. Le modèle final a montré des pertes significatives de production laitière de **0,5 kg/jour pour une boiterie modérée** et de **2,7 kg/jour pour une boiterie sévère.** Le niveau de ces pertes rejoint ceux de Reader et al. (2011) (-0,7 kg de lait/jour pour une boiterie modérée) et ceux de Bach et al. (2007) (-0,4 kg pour un score locomoteur de 3 et -2,4 kg/jour pour une boiterie sévère, avec un score locomoteur de 5). Juarez et al. (2003) rapportent des pertes de production journalières plus élevées : -2,3 kg/jour et -5,5 kg/jour pour des scores locomoteurs ≤ 3 et ≥ 4 respectivement.

Le modèle montre également un **lien significatif entre la note d'état corporel et la production laitière**. La plupart des études parues rapportent une relation positive entre la NEC au vêlage et la perte d'état corporel en début de la lactation sur la production laitière. Pour cet indicateur aussi, la méthode de NEC du Welfare Quality® diffère de celles employées par ces études, tant au niveau du moment de la notation, qu'au niveau de la méthode elle-même. Ainsi, en comparaison de la méthode d'Edmonson et al. (1989) couramment utilisée, la NEC du Welfare Quality® ne possède que trois catégories « Etat corporel normal », « Etat corporel très maigre » et «Etat corporel très gras ». Par ailleurs, la NEC du protocole Welfare Quality® est une mesure unique, non répétée dans le temps, effectuée au cours de la visite d'évaluation sur les vaches, quel que soit leur stade de lactation. Cette notation ne nous permet donc pas de comparer les relations entre la production et différentes valeurs de NEC à un stade de lactation donné, comme cela a été fait dans la littérature.

Une **production laitière augmentée de 0,4 kg/jour chez les vaches très maigres** par rapport aux vaches avec un état corporel « normal » a été mise en évidence. Ces vaches très maigres sont pour la plupart situées **entre 0 et 80 jours de lactation,** et sont celles qui produisent le plus**,** comme l'a montré l'interaction significative entre la NEC et le stade de lactation sur la production laitière**.** Ce niveau de production observé chez ces vaches s'explique par une mobilisation intense de leurs réserves corporelles. Ceci rejoint la relation entre le degré de perte d'état corporel et la production laitière rapportée par plusieurs études. Roche et al. (2007) et de Berry et al. (2007) ont ainsi relié positivement la perte d'état corporel en début de lactation à la production laitière. Ce gain de production serait, d'après ces études, plus important chez les multipares, ce que nous n'avons pu vérifier avec notre modèle unique. Il serait intéressant de tester de nouveau cette variable dans deux modèles différents, pour les primipares et les multipares respectivement. De même, d'après le modèle, **les vaches avec un état d'engraissement important ont une production inférieure de 1,5 kg/jour** à celle de vaches avec un état corporel jugé « normal ». Ce constat pourrait être nuancé par le fait qu'une partie de ces vaches est en fin de lactation (≥ 250 jours de lactation), ce qui correspond, au niveau physiologique, à une période où la vache reconstitue ses réserves corporelles en vue du tarissement, et où la production est en phase décroissante. Néanmoins, le modèle testé, ajusté en fonction de ce stade de lactation, confirme le fait qu'un engraissement trop important nuit à la production laitière.

Parmi les effets attendus et non confirmés par l'étude, celui des **métrites** a montré une **relation négative mais non significative avec la production laitière**. La présence de métrite est associée à une perte de 0,2 kg de lait/jour. La méthode de détection de ces métrites utilisée par Welfare Quality®, basée sur l'observation d'un écoulement vulvaire, est similaire à celle employée par les études retenues dans l'étude bibliographique, qui rapportent néanmoins des pertes de production liées à cette affection. Toutefois, la faible prévalence d'écoulement vulvaire observée dans l'échantillon (0,01%) pourrait expliquer l'absence de significativité de nos résultats.

L'impact négatif des diarrhées sur la production laitière n'a pas été retrouvé dans notre étude, qui au contraire, démontre une **production laitière significativement plus importante chez les vaches présentant des signes de diarrhées** que chez les vaches non atteintes, avec une différence de 1,5kg/jour de lait. Ce constat est confirmé par la corrélation positive entre la proportion de vaches avec des signes de diarrhée dans un troupeau et la production laitière individuelle. Ces résultats diffèrent notamment de l'étude d'Ostergaard et al. (1999) qui rapporte des pertes de production liées à la diarrhée de 2,2 et 2,4 kg/jour pour les primipares et multipares respectivement. Néanmoins, une des causes fréquentes de la diarrhée chez les vaches laitières est d'origine alimentaire et est liée à une sub-acidose ruminale, causée par un régime alimentaire riche en concentrés et pauvre en fibres. D'après Shellenberger et Kesler (1961), et Ireland-Perry et Stallings (1993), les vaches nourries par ce type de ration ont une production plus importante et ont tendance à excréter des fèces plus liquides. Ceci pourrait expliquer en partie pourquoi la production laitière des vaches de notre échantillon est corrélée positivement à l'observation de diarrhée chez ces vaches. En revanche, pour confirmer cette hypothèse il aurait été intéressant d'agréger ces résultats par troupeau et de relier ainsi cet effet de la diarrhée à un type de régime alimentaire.

Concernant **les altérations tégumentaires**, seule l'étude de Bareille et al (2003), a mis en évidence un lien significatif et négatif entre les gonflements sur les postérieurs et la production laitière. Certains indicateurs tels que la présence de **lésions sur les postérieurs** montrent une relation significative et négative avec la production laitière (-0,9kg de lait/jour) dans le modèle élémentaire basé sur plusieurs contrôles mais est non significative dans le modèle multivarié. A l'exception des gonflements sur l'encolure, les altérations (lésions, gonflements, patchs de peau sans poils) situées dans les autres régions n'ont pas montré de liens significatifs avec la production laitière. Pour certains, comme les lésions sur l'encolure et sur les antérieurs ou les gonflements sur le flanc et la mamelle, leur faible prévalence dans l'échantillon pourrait justifier l'absence de significativité de ces résultats. Néanmoins, aucune de ces variables à part les lésions sur les jarrets, n'ont de relation décrite dans la littérature avec la production laitière. **L'agrégation de ces indicateurs en un score unique pour chaque type de lésion** (score de lésions, score de gonflements et score d'absence de poils) aurait pu être envisagée afin d'augmenter la puissance statistique de ces tests. Cependant, nous avons fait le choix de **considérer ces indicateurs un à un**, pour deux raisons : tout d'abord, leur impact sur la production laitière pourrait être d'intensité différente et de ce fait, sommer ces lésions reviendrait ainsi à estimer un effet global sur la production qui pourrait différer de l'effet réel de chacun de ces indicateurs.

Une autre raison plus pratique, est la **présence de données manquantes** pour certains indicateurs. Ces données n'ont pu être collectées en raison de souillures occultant la zone à noter. Ces absences de données auraient risqué la perte ou la transformation des données brutes lors de leur somme. En revanche, **la présence de gonflements sur l'encolure a montré un effet significatif et positif sur la production laitière** dans les modèles univariés et multivariés. Les vaches présentant des gonflements sur l'encolure ont une production moyenne supérieure de 1,9 kg/jour par rapport aux vaches sans ces gonflements. Kielland et al. (2009) relient la survenue de ces gonflements à l'interaction entre la hauteur de la barre à l'auge et la hauteur au garrot des vaches. Selon eux, la probabilité de développer un gonflement à l'encolure augmente avec la taille au garrot de la vache. De même, ils démontrent une **corrélation positive entre ces lésions au niveau de l'encolure, et les vaches les plus hautes productrices**, dans les élevages utilisant des cornadis, ce qui va dans le sens de nos résultats.

La présence d'un écoulement oculaire n'a pas montré de résultats significatifs dans notre étude. Ceci peut s'expliquer en partie par la faible prévalence observée au sein de l'échantillon, ou par leur absence d'effets, ce qui ne peut être confirmé par la bibliographie, aucune étude n'ayant été menée sur ces relations. De même, aucune dyspnée n'a été observée dans l'échantillon, c'est pourquoi aucun lien n'a pu être mis en évidence avec la production laitière. La fréquence de toux a montré, dans le modèle élémentaire, une relation significative et positive avec la production laitière relation qui n'a pas été confirmé dans le modèle multivarié. Le sens de cette relation n'est évidemment pas celui attendu. Cette mesure collective est attribuée à un troupeau à l'issue de l'observation d'un de ses segments pendant 15 min, période pendant laquelle sont notés les épisodes de toux. Il est probable que le manque de sensibilité de cette notation, liée à la méthode elle-même (un animal doit être à la fois vu et entendu tousser pour être noter) et au choix d'un segment de troupeau puissent influencer en partie ce résultat.

La mesure individuelle de **la distance d'évitement vis-à-vis de l'homme n'a pas montré d'effet significatif sur la production laitière**, ce qui rejoint les résultats de Purcell et al. (1988) et Hemsworth et al. (2000). Au vue de ces résultats, la relation entre l'homme et l'animal, telle que mesurée par ce test, n'influencerait pas le niveau de production des vaches.

Certains indicateurs testés ont montré des effets nouveaux, jamais décrits dans la littérature. Dans notre étude, le nombre de coups de tête dans un troupeau n'est pas relié de façon significative à la production laitière, ce qui confirme les résultats des études menées par Andersson et al. (1984) et Fregonesi et Leaver (2001). En revanche, le **score « Expression de comportements sociaux »,** calculé à partir de l'agrégation des nombres de coups de tête et des autres comportements agonistiques tels que les déplacements, les poursuites et les combats, est corrélé positivement et de façon significative dans les deux modèles à la production laitière. Ainsi, moins il y a de phénomènes de compétitions au sein d'un troupeau, plus la production laitière individuelle est importante. La compétition à l'auge notamment, en diminuant la quantité d'aliment ingérée par les animaux, pourrait ainsi justifier son impact négatif sur la production laitière. Ce résultat souligne donc **l'importance des phénomènes de compétition sur le bien-être et la production des vaches laitières**.

La **durée annuelle d'accès au pâturage** a montré également une association avec la production laitière en période hivernale. Cette relation, non linéaire, se caractérise par une production nettement supérieure chez les vaches en zéro-pâturage par rapport aux vaches ayant un accès au pâturage compris entre 0 et 220 jours par an. Cet écart entre les vaches en confinement et celles ayant un accès au pâturage, alors qu'elles sont toutes en bâtiment lors de l'évaluation, s'explique ici par un **effet « Robot de traite** » marqué. En effet, la conduite d'élevage en zéro-pâturage est fortement corrélée au système de traite de type robot, comme le montre l'annexe 10. De plus, en raison d'une fréquence de traite plus élevée, les vaches traites en système robot ont une production moyenne légèrement plus élevée que les vaches en système de traite traditionnel (Wagner-Storch et Palmer, 2003). Pour s'affranchir de l'influence de ce système de traite, un ajustement du modèle en fonction de cette variable aurait pu être réalisé.

Le score « Absence de blessures » a montré un lien significatif modéré et non linéaire sur la production laitière dans le modèle élémentaire. Ce score étant très lié à certains indicateurs individuels tels que les boiteries, il n'a pas été testé dans le modèle multivarié.

De même, **la plupart des scores de critère et de principe et le score global du Welfare Quality® ne sont pas corrélés de façon significative avec la production laitière.** L'agrégation des mesures en score, pourrait, en transformant les données brutes, expliquer en partie l'absence de significativité de ces résultats. De plus, ce score est le résultat de l'agrégation de nombreuses variables qui ont un effet avéré sur la production laitière pouvant être positif ou négatif. Thomsen et al. (2007) ont obtenu des résultats intéressants avec un score obtenu à partir de l'agrégation de mesures individuelles telles que la NEC, la présence de boiterie, de lésions aux jarrets, d'écoulement vulvaire et d'absences de poils sur la production laitière de toute une lactation. Selon leur étude, la production laitière moyenne journalière est réduite de façon significative par ce score. Néanmoins, les mesures et scores du Welfare Quality® sont plus nombreux et leur intégration se fait à plusieurs niveaux (au niveau du critère, puis du principe et du score global). De ce fait, le risque de transformer les données est plus élevé avec ce protocole.

Pour estimer les effets des indicateurs de bien-être sur la production, nous avions pour objectif initial d'étudier la production sur plusieurs contrôles laitiers situés autour de la visite (le mois précédent, celui concomitant, et celui suivant la visite). En raison de l'absence de convergence de ce modèle pour les mesures collectives et les scores, un deuxième modèle a été construit, basé cette fois sur un seul contrôle. Ce contrôle a été effectué, pour la majorité des vaches, durant le mois concomitant à la visite (CL_0), avec un intervalle maximal de 20 jours entre la visite et le contrôle. En revanche, pour les vaches sans CL_0, le contrôle le plus proche avant ou après ce contrôle a été considéré, à condition qu'il ait été réalisé dans un délai de 65 jours par rapport à la visite. De ce fait, le modèle a également été ajusté en fonction du rang de contrôle.

Le fait d'étudier la production laitière sur un contrôle unique réduit la précision des estimations. Bien que la majorité des contrôles ait été effectuée dans un délai de 20 jours autour de la visite, ce délai pouvait s'étendre à 65 jours pour les vaches n'ayant pas de CL_0.

Dans ce cas, certaines variations mineures dans la production, notamment celles survenant à très court-terme, ont pu ne pas être détectées. Néanmoins les **résultats des mesures individuelles estimés par le modèle sur plusieurs contrôles laitiers sont proches de ceux trouvés par le modèle basé sur un seul contrôle.** De plus, certains indicateurs, notamment ceux relatifs à la santé, ont montré une faible stabilité dans le temps, ce qui a conforté le choix de restreindre la période d'étude de la production laitière à un seul contrôle.

Par ailleurs, nous avons choisi de ne pas tester les indicateurs « % de dystocies », « % de syndromes de vaches couchées ». En effet, ces données collectives ont été recueillies sur les douze mois précédant la visite. Or, comme l'a montré la revue bibliographique, les dystocies et les syndromes de vaches couchées ont un impact à très court-terme sur la production laitière. De ce fait, tester ces indicateurs sur la production à un moment donné, sans lien avec des épisodes récents de dystocie ou de syndrome de vache couchée nous aurait exposé à des résultats difficilement interprétables. Il en est de même pour les mesures : « % de vaches avec la queue coupée », « % de vaches écornées » et « % de mortalité dans le troupeau ». En revanche, malgré leur absence de lien de causalité avec la production, ces mesures du Welfare Quality® demeurent des marqueurs d'une mauvaise conduite d'élevage. L'estimation de leurs effets sur la production aurait permit d'évaluer l'impact d'une telle conduite d'élevage menée dans un troupeau sur la production laitière de ses vaches.

4.3) Perspectives

4.3.1) Applications pratiques en élevage

L'étude menée a permis de décrire le niveau de bien-être animal et ses principaux troubles au sein d'un échantillon représentant la diversité des élevages laitiers rencontrés en France. Elle peut ainsi être extrapolée à l'ensemble des troupeaux français.

Bien que les scores de bien-être n'aient pas montré d'effets significatifs pour la plupart, certains indicateurs individuels et collectifs du Welfare Quality® ont confirmé leur impact négatif sur la production laitière. Parmi eux, les boiteries, un des troubles sanitaires le plus fréquemment rencontré en élevage laitier, sont responsables de pertes de production allant de 0,5 kg/jour pour une boiterie modérée à 2,7 kg/jour pour une boiterie sévère. D'autre part, l'expression des comportements de compétition et l'accès au pâturage ont par ailleurs montré leur lien avec la production laitière. L'absence de significativité des scores du Welfare Quality® ne doit pas pour autant faire négliger leur importance dans l'évaluation du bien-être animal en élevage. Ces scores étant le résultat de l'agrégation de mesures principalement basées sur les animaux, ils offrent une vision représentative du bien-être animal dans sa globalité au sein d'un élevage. En soulignant l'importance de certains troubles de bien-être animal sur la production laitière comme les boiteries, cette étude pourrait favoriser la prise en considération de ce bien-être par les professionnels de l'élevage, et notamment de ses indicateurs individuels tels que les boiteries.

4.3.2) Perspectives scientifiques

Dans la continuité de cette étude, il serait intéressant d'évaluer les effets sur la production laitière des scores de bien-être animal du Welfare Quality®, en ne considérant que ceux qui ont montré un effet significatif dans le modèle élémentaire, et en construisant un modèle multivarié pour chaque niveau d'étude (pour les critères, puis pour les principes), vu le lien existant entre certaines de ces variables. La mise en évidence d'un impact économique pour les scores du Welfare Quality® permettrait de souligner la pertinence de ce protocole dans l'évaluation du bien-être. De même, elle serait un argument de poids en faveur de l'évaluation régulière du bien-être animal dans les élevages et du développement de l'activité de conseil dans ce domaine.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'estimer la relation entre la production des vaches laitières et leur bien-être, en utilisant les indicateurs de bien-être définis par le protocole Welfare Quality®. Une revue bibliographique préliminaire a permis de faire ressortir les principales relations déjà connues entre certains indicateurs et la production. Une étude menée durant l'hiver 2010-2011 sur 4725 vaches issues de 121 troupeaux laitiers a ensuite permis d'évaluer les associations entre les indicateurs du Welfare Quality® et la production laitière.

La revue bibliographique a souligné l'impact négatif et important des boiteries et des mammites à court et à long terme sur la production laitière. De même, des études ont montré un effet négatif des métrites précoces, des dystocies, des diarrhées, et de la relation entre l'homme et l'animal sur la production laitière. Le niveau de production est étroitement corrélé avec la note d'état corporel au vêlage et la perte d'état corporel des vaches en début de lactation.

L'étude menée rassemble les données de troupeaux sélectionnés à partir d'un tirage aléatoire stratifié puis évalués par le protocole Welfare Quality® au cours d'une visite unique hivernale. Des mesures relevées sur les vaches et leur environnement ont permis le calcul de différents scores de bien-être. La majorité des élevages ont obtenu un score global de bien-être considéré comme acceptable ainsi qu'un bon score de logement. Néanmoins, la santé et le comportement ont présenté les scores les plus faibles. Le score de l'alimentation a montré une grande variabilité entre les troupeaux. Enfin, l'estimation des relations entre les indicateurs de bien-être et la production a été réalisée grâce à des modèles linéaires mixtes testés pour les mesures individuelles et pour les mesures collectives séparément, en considérant la production laitière du contrôle laitier situé le plus proche de la visite.

Cette étude a souligné l'importance des mesures individuelles basées sur les animaux dans l'évaluation de leur bien-être. Les résultats attendus pour les indicateurs individuels sanitaires ont notamment été en partie confirmés. L'étude a ainsi montré des pertes de production liées aux boiteries augmentant avec leur degré de sévérité. La note d'état corporel a par ailleurs confirmé son lien étroit avec le niveau de production. De même, les phénomènes de compétition au sein des troupeaux ont ici été associés de façon négative à la production laitière. Néanmoins, cette étude n'a pas mis en évidence de résultats significatifs pour la plupart des scores de bien-être du Welfare Quality®. Le principe d'agrégation en scores de mesures ayant des effets différents sur la production laitière pourrait expliquer ce constat. Pour autant, ces résultats ne permettent pas de conclure à l'absence d'un lien entre le bien-être animal dans sa globalité et la production des vaches laitières.

A terme, le développement de l'activité de conseil en bien-être animal en élevage, à travers la réalisation régulière d'évaluations et la mise en place de solutions adaptées à chaque exploitation permettrait de faire concilier le bien-être avec la production des vaches laitières.

BIBLIOGRAPHIE

Andersson, M., J. Schaar et H. Wiktorsson (1984). Effects of drinking water flow rates and social rank on performance and drinking behaviour of tied-up dairy cows. *Livestock Production Science* **11**(6): 599-610.

Archer, S. C., M. J. Green et J. N. Huxley (2010). Association between milk yield and serial locomotion score assessments in UK dairy cows. *Journal of Dairy Science* **93**(9): 4045-4053.

Bach, A., Dinarés, M., Devant, M., et Carré, X. (2007). Associations between lameness and production, feeding and milking attendance of Holstein cows milked with an automatic milking system. *Journal of Dairy Research* **74**(1): 40-46.

Bareille, N. (2007). Le mal-être de l'animal malade et sa gestion en élevage. *INRA Productions Animales* **20 (1)**: 87-92.

Bareille, N., Beaudeau, F., Billon, S., Robert, A., et Faverdin, P. (2003). Effects of health disorders on feed intake and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science* **83**(1): 53-62.

Barkema, H. W., Westrik, J. D., Van Keulen, K.A.S., Schukken, Y. H. et Brand, A. (1994). The effects of lameness on reproductive performance, milk production and culling in dutch dairy farms. *Preventive Veterinary Medicine* **20**: 249-259.

Bartlett, P.C., G.Y.Miller, C.R. Anderson et J.H. Kirk (1990). *Journal of Dairy Science* **73**(10) : 2794-2800.

Bartussek, H. (1999). A review of the animal needs index (ANI) for the assessment of animals' well-being in the housing systems for Austrian proprietary products and legislation. *Livestock Production Science* **61**(2): 179-192.

Berry, D. P., Buckley, F., et Dillon, P. (2007a). Body condition score and live-weight effects on milk production in Irish Holstein-Friesian dairy cows. *Animal* **1** (9): 1351-1359.

Berry, D. P., Lee, J. M., Macdonald, K. A. et Roche, J. R. (2007b). Body condition score and body weight effects on dystocia and stillbirths and consequent effects on post-calving performance. *Journal of Dairy Science* **90**: 4201-4211.

Bicalho, R. C., L. D. Warnick et C. L. Guard (2008). Strategies to Analyze Milk Losses Caused by Diseases with Potential Incidence Throughout the Lactation: A Lameness Example. *Journal of Dairy Science* **91**(7): 2653-2661.

Breuer, K., P. H. Hemsworth, J. L. Barnettt, L. R. Matthews et G. J. Coleman (2000). Behavioural response to humans and the productivity of commercial dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **66**: 237-288.

Bruckmaier, R. M. et J. W. Blum (1998). Oxytocin release and milk removal in ruminants. *Journal of Dairy Science* **81**: 939-949.

Channon, A. J., A. M. Walker, T. Pfau, I. M. Sheldon et A. M. Wilson (2009). Variability of Manson and Leaver locomotion scores assigned to dairy cows by different observers. *Veterinary Record* **164**(13): 388-392.

Chesnin, A. (2011). Impact de la dermatite digitée sur la production des vaches laitières. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes, France: 103 p.

Consortium TNS Opinion & Social. (2007). "Attitudes of European Union citizens towards Animal Welfare."

Cooper, M. D., D. R. Arney et J. C. Phillips (2008). The effect of temporary deprivation of lying and feeding on the behaviour and production of lactating dairy cows. *Animal* **2:2**: 275-283.

Coulon, J.B. et F. Lescourret (1997). Effet des mammites cliniques sur la production des vaches laitières. *Rencontres Recherche et Ruminants* **4** 265-268.

Dantzer, R. (2002). Le Bien-être des animaux d'élevage. *Agrobiosciences, Cycle Bien-être animal*: p 15.

De Vries, M., E. A. M. Bokkers, T. Dijkstra, G. van Schaik et I. J. M. de Boer (2011). Invited review: Associations between variables of routine herd data and dairy cattle welfare indicators. *Journal of Dairy Science* **94**(7): 3213-3228.

Deluyker, H. A., J. M. Gay, L. D. Weaver et A. S. Azari (1991). Change of Milk Yield with Clinical Diseases for a High Producing Dairy Herd. *Journal of Dairy Science* **74**(2): 436-445.

Dohoo, R. et S. Wayne Martin (1983). Disease, production and culling in Holstein-Friesian cows. IV. Effetcs of disease on production. *Preventive Veterinary Medicine* **2 (1984)**: 755-770.

Domecq, J. J., A. L. Skidmore, J. W. Lloyd et J. B. Kaneene (1997). Relationship Between Body Condition Scores and Milk Yield in a Large Dairy Herd of High Yielding Holstein Cows. *Journal of Dairy Science* **80**(1): 101-112.

Dubuc, J., T. F. Duffield, K. E. Leslie, J. S. Walton et S. J. LeBlanc (2011). Effects of postpartum uterine diseases on milk production and culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **94**(3): 1339-1346.

Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver et G. Webster (1989). A Body Condition Scoring Chart for Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **72**(1): 68-78.

European Food Safety Authority (EFSA) Scientific Committee. Panel on Animal Health and Welfare (AHAW) (2012). Scientific opinion on the use of animal-based measures to assess welfare of dairy cows. *EFSA Journal* **10(1)**: 1-81.

Forkman, B. et L. Keeling (2009). Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle, Beef, and Veal Calves, Welfare Quality® Reports No. 11. 1-314.

Fregonesi, J. A. et J. D. Leaver (2001). Behaviour, performance and health indicators of welfare for dairy cows housed in strawyard or cubicle systems. *Livestock Production Science* **68**: 205-216.

Garnsworthy, P. C. et J. H. Topps (1982). The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Animal Science* **35**(01): 113-119.

Green, L. E., V. J. Hedges, Y. H. Schukken, R. W. Blowey et A. J. Packington (2002). The Impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science* **85**(9): 2250-2256.

Gröhn, Y. T., J. J. McDermott, Y. H. Schukken, J. A. Hertl et S. W. Eicker (1999). Analysis of correlated continuous repeated observations: modeling the effect of ketosis on milk yield in dairy cows. *Preventive Veterinary Medicine* **39**(2): 137-153.

Harmon, R.J. (1994). Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *Journal of Animal Science* **77**(7) : 2103-2112.

Hemsworth, P. H., G. J. Coleman, J. L. Barnettt et S. Borg (2000). Relationships between human-animal interactions and productivity of commercial dairy cows. *Journal of Animal Science* **78**: 2821-2831.

Hernandez, J. A., E. J. Garbarino, J. K. Shearer, C. A. Risco et W. W. Thatcher (2005). Comparison of milk yield in dairy cows with different degrees of lameness. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **227**(8): 1292-1296.

Hortet, P. et H. Seegers (1998). Loss in milk yield and related composition changes resulting from clinical mastitis in dairy cows. *Preventive Veterinary Medecine 37* : 1-20.

Hortet, P. et H. Seegers (1998). Calculated milk production losses associated with elevated somatic cell counts in dairy cows : review and critical discussion. Veterinary Research **29** : p497-510.

Ireland-Perry R. L. et S. C. C. (1993). Fecal consistency as related to dietary composition in lactating cows. Journal of dairy science **76**: 1074-1082.

Jones, G.M., R.E. Pearson, G.A. Clabaugh et C.W. Heald (1984). Relationships between somatic celle counts and milk production. *Journal of Dairy Science* **67(**8) : 1823-1831.

Juarez, S. T., P. H. Robinson, E. J. DePeters et E. O. Price (2003). Impact of lameness on behavior and productivity of lactating Holstein cows. *Applied Animal Behaviour Science* **83**(1): 1-14.

Kielland, C., L. E. Ruud, A. J. Zanella et O. Østerås (2009). Prevalence and risk factors for skin lesions on legs of dairy cattle housed in freestalls in Norway. *Journal of Dairy Science* **92**(11): 5487-5496.

Knierim, U. et C. Winckler (2009). On-farm welfare assessment in cattle: validity, reliability and feasibility issues and future perspectives with special regard to the Welfare Quality approach. *Animal Welfare* **18**(4): 451-458.

Koldeweij., E., U. Emanuelson et L. Janson (1999). *Acta Veterinaria Scandinavica* **40** : 47-56.

Larrère C., L. C. (2004). Actualités de l'animal machine. *Le Sens Public, 20 septembre 2004.* URL: http://www.sens-public.org/spip.php?article77.

Laurent, E. (2012). Répétabilité, stabilité et reproductibilité de la méthode d'évaluation du bien-être animal Welfare Quality® en élevages bovins laitiers, Université Jean Monnet, Facultés de Sciences et Techniques de Saint Etienne. **Master Ecologie Ethologie**: 28p.

Lescourret, F. et J.B. Coulon (1994). Modeling the impact of mastitis on milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science* **77** (8) : 2289-2301.

Lucey, S., G. J. Rowlands et A. M. Russell (1986). Short-term associations between disease and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Research* **53**(01): 7-15.

Macmillan, K.L.., Duirs, G.F.et D.M. Duganzich (1983). Associations between dry cow therapy, clinical mastitis, and somatic cell count score with milk and fat production in ten New Zealand dairy herds. Journal of dairy science **66** : 259-265.

Markusfeld, O., N. Galon et E. Ezra (1997). Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Veterinary Record* **141**(3): 67-72.

O'Callaghan, K. (2002). Lameness and associated pain in cattle - challenging traditional perceptions. *In Practice* **24**: 212-219.

Østergaard, S. et Y. T. Gröhn (1999). Effects of Diseases on Test Day Milk Yield and Body Weight of Dairy Cows from Danish Research Herds. *Journal of Dairy Science* **82**(6): 1188-1201.

Pedron, O., F. Cheli, E. Senatore, D. Baroli et R. Rizzi (1993). Effect of Body Condition Score at Calving on Performance, Some Blood Parameters, and Milk Fatty Acid Composition in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **76**(9): 2528-2535.

Phillips, C., Ed. (2002). Cattle Behaviour and Welfare. Oxford.

Plesch, G., N. Broerkens, S. Laister, C. Winckler et U. Knierim (2010). Reliability and feasibility of selected measures concerning resting behaviour for the on-farm welfare assessment in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* **126**: 19-26.

Purcell, D., C. W. Arave et J. L. Walters (1988). Relationship of Three Measures of Behavior to milk Production. *Applied Animal Behaviour Science* **21**: 307-313

Rajala, P. J. et Y. T. Gröhn (1998). Effects of Dystocia, Retained Placenta, and Metritis on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **81**(12): 3172-3181.

Rajala-Schultz, P. J., Y. T. Gröhn et C. E. McCulloch (1999). Effects of Milk Fever, Ketosis, and Lameness on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **82**(2): 288-294.

Rajala-Schultz, P. J., Y. T. Gröhn, C.E. McCulloch et C. E. McCulloch (1999). Effects of Clinical Mastitis on Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **82**(6): 1213-1220.

Raubertas, R.F. et G.E. Shook (1982). Relationship between lactation measures of somatic cell concentration and milk yield, *Journal of Dairy Science* **65**(3) :419-425.

Reader, J. D., M. J. Green, J. Kaler, S. A. Mason et L. E. Green (2011). Effect of mobility score on milk yield and activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **94**(10): 5045-5052.

Regula, G., J. Danuser, B. Spycher et B. Wechsler (2004). Health and welfare of dairy cows in different husbandry systems in Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine* **66**(1-4): 247-264.

Roche, J. R., P. G. Dillon, C. R. Stockdale, L. H. Baumgard et M. J. VanBaale (2004). Relationships Among International Body Condition Scoring Systems. *Journal of Dairy Science* **87**(9): 3076-3079.

Roche, J. R., N. C. Friggens, J. K. Kay, M. W. Fisher, K. J. Stafford et D. P. Berry (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* **92**(12): 5769-5801.

Roche, J. R., Lee, J. M., Macdonald, K. A., et Berry, D. P. (2007). Relationships Among Body Condition Score, Body Weight, and Milk Production Variables in Pasture-Based Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **90**(8): 3802-3815.

Rowlands, G. J. et S. Lucey (1986). Changes in milk yield in dairy cows associated with metabolic and reproductive disease and lameness. *Preventive Veterinary Medicine* **4**: 205-221.

Ruegg, P. L. et R. L. Milton (1995). Body Condition Scores of Holstein Cows on Prince Edward Island, Canada: Relationships with Yield, Reproductive Performance, and Disease1. *Journal of Dairy Science* **78**(3): 552-564.

Rushen, J., A. M. B. De Passillé et L. Munksgaard (1999). Fear of people by cows and effects on milk yield, behavior, and heart rate at milking. *Journal of Dairy Science* **82**: 720-727.

Rutherford, K. M. D., F. M. Langford, M. C. Jack, L. Sherwood, A. B. Lawrence et M. J. Haskell (2009). Lameness prevalence and risk factors in organic and non-organic dairy herds in the United Kingdom. *The Veterinary Journal* **180**(1): 95-105.

Seegers, H., C. Fourichon et F. Beaudeau (2003). Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds. *Veterinary Research* **34** : 475-491.

Shellenberger, P. R. et K. E. M. (1961). Rate of passage of feeds through the digestive tract of Holstein Cows. Journal of dairy science **20**: 416-419.

Sprecher, D. J., D. E. Hostetler et J. B. Kaneene (1997). A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* **47**(6): 1179-1187.

Sunderland, E. (2002). A Study of the Association Between Cattle Cubicle Design and Cow Cleanliness. *Cattle Practice* **10 (2)**: 147-155.

The European Commission. L'UE et la protection animale : objectifs politiques. URL : http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/policy/index_fr.htm, consulté le 10 mars 2012.

The European Commission. Les principales références en Droit Communautaire concernant la Protection Animale. URL : http://ec.europa.eu/food/animal/welfare/references_fr.print.htm, consulté le 10 mars 2012.

Thomsen, P. T., S. Østergaard, J. T. Sørensen et H. Houe (2007). Loser cows in Danish dairy herds: Definition, prevalence and consequences. *Preventive Veterinary Medicine* **79**(2-4): 116-135.

Toczé, C. (2006). Bien-être des vaches laitières : fréquence de boiteries dans différents systèmes de logement et facteurs de risque impliqués. Thèse de doctorat vétérinaire. Nantes, France.

Tranter, W. P. et R. S. Morris (1991). A case study of lameness in three dairy herds. *New Zealand Veterinary Journal* **39**: 88-96.

Treacher, R. J., I. M. Reid et C. J. Roberts (1986). Effect of body condition at calving on the health and performance of dairy cows. *Journal of Animal Science* **43**(01): 1-6.

Veissier, I., C. Beaumont et F. Lévy (2007). Les recherches sur le bien-être animal : buts, méthodologie et finalité. *INRA Productions Animales* **20 (1)**: 3-10.

Wagner-Storch, A. M. et R. W. Palmer (2003). Feeding Behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* **86**(4): 1494-1502.

Waltner, S. S., J. P. McNamara et J. K. Hillers (1993). Relationships of Body Condition Score to Production Variables in High Producing Holstein Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* **76**(11): 3410-3419.

Warnick, L. D., D. Janssen, C. L. Guard et Y. T. Gröhn (2001). The Effect of Lameness on Milk Production in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **84**(9): 1988-1997.

Webster, J. (2005). The assessment and implementation of animal welfare: theory into practice. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* **24(2)**: 723-734.

Welfare Quality® (2009). Welfare quality® assessment protocol for cattle. Welfare quality® Consortium, Lelystad, Netherlands: 182.

Whay, H. (2002). Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. *In Practice* **24**(8): 444-449.

Wittrock, J. M., K. L. Proudfoot, D. M. Weary et M. A. G. von Keyserlingk (2011). Short communication: Metritis affects milk production and cull rate of Holstein multiparous and primiparous dairy cows differently. *Journal of Dairy Science* **94**(5): 2408-2412.

ANNEXES

Annexe 1. Description des mesures effectuées dans l'évaluation du bien-être animal dans un troupeau laitier par la méthode Welfare Quality®

- Critères et mesures du Principe P1 « Bonne alimentation »
  - Critère C1 « Absence de faim prolongée

Mesure : Note d'état corporel

Méthode de mesure

La notation se fait par **l'observation de 4 sites** : cavité autour de la base de la queue, reins, vertèbres lombaires, reliefs osseux (base de la queue, ischium, ilium, côtes).

Indicateurs pour les races laitières :

Région du corps	Très maigre	Très grasse
Cavité autour de la base de la queue	Cavité profonde	Cavité pleine et présence de replis ou de tissus gras,
Reins	Creux profond entre les os des hanches et de la colonne vertébrale	Bosse entre les os des hanches et la colonne vertébrale
Vertèbres	Extrémités pointues	Extrémités non discernables
Base de la queue, os des hanches, colonne et cotes	Reliefs osseux proéminents	Contours de graisse épais visibles sous la peau,

Indicateurs pour les races mixtes :

Région du corps	Très maigre	Très grasse
Cavité autour de la base de la queue	Cavité observable	Cavité pleine et présence de replis ou de tissus gras,
Reins	Creux visible entre les os des hanches et de la colonne vertébrale	Bosse entre les os des hanches et la colonne vertébrale
Vertèbres	Extrémités visibles	Extrémités non discernables
Base de la queue, os des hanches, colonne et cotes	Reliefs osseux proéminents	Contours de graisse épais visibles sous la peau,

Classification au niveau individuel

0 = état corporel normal

1 = très maigre : indicateurs « très maigre » présents sur au moins 3 zones du corps,

2 = Très grasse : indicateurs « très grasses » présents sur au moins 3 zones du corps,

Classification au niveau du troupeau

% de vaches très maigres

- Critère C2 « Absence de soif prolongée »

Mesures	Méthodes de mesure
Nombre d'abreuvoirs	Evaluation de tous les points d'eau du bâtiment **Classification (au niveau du troupeau)** : - nombre d'animaux par enclos, - type de point d'eau (bac ouvert, bac à bascule, bol simple, bol à réservoir, bol avec balle, pipette) - Bacs ouverts : mesure de la longueur du bac - Bol simple, à réservoir, avec système antigel, pipette : comptage du nombre de points d'eau.
Propreté des abreuvoirs	Evaluation de tous les points d'eau du bâtiment Pour chaque point d'eau, vérifier : - La propreté de l'abreuvoir (saletés récentes ou vieilles sur la partie intérieure du bac/bol : bouse, moisissures, aliment pourri) - La propreté de l'eau : coloration de l'eau. **Classification (au niveau du troupeau):** 0 = propre : abreuvoir et eau propre au moment de l'inspection 1 = partiellement propre : un des deux indicateurs (abreuvoir et eau) est sale alors que l'autre est propre 2 = sale : abreuvoir et eau sale au moment de l'inspection,
Débit d'eau des abreuvoirs	Evaluation de tous les points d'eau du bâtiment dans lequel les vaches en lactation sont logées. Vérifier la quantité d'eau (en L) sortant de l'abreuvoir par min. **Classification (au niveau du troupeau)** : Nombre d'abreuvoir avec un débit suffisant
Fonctionnement des abreuvoirs	Evaluation de tous les points d'eau du bâtiment dans lequel les vaches en lactation sont logées, Vérification du fonctionnement correct de chaque point d'eau : leviers amovibles et sortie d'eau lors de l'actionnement du levier, **Classification (au niveau du troupeau)**: 0 = fonctionnement correct des points d'eau 2 = pas de fonctionnement correct des points d'eau

➢ Critères et mesures du Principe P2 « Logement adapté »

- Critère C3 « Confort de couchage »

Mesure	Méthode de mesure
Temps de couchage (s)	Observer les 6 séquences de couchage, sans interférences (gêne par un congénère ou l'homme), Le couchage débute lorsque l'animal plie le membre antérieur et se baisse, puis se termine lorsque les postérieurs sont au sol et que l'animal a retiré ses membres antérieurs de dessous son corps.
Collision avec équipement durant le couchage	Observer les 6 séquences de couchage, La collision est lorsqu'une partie du corps heurte l'équipement, Elle est vue ou entendue par l'observateur. **Classification (au niveau du troupeau):** 0 = pas de collision 2 = au moins une collision
Animaux couchés partiellement /totalement en dehors des zones de couchage	Observer un segment de bâtiment à la fois, et pour chacun, compter : - Le nombre d'animaux couchés - Le nombre d'animaux couchés avec leur jarret sur le bord de la zone de couchage - Le nombre d'animaux couchés avec les deux postérieurs complètement en dehors de la zone de couchage,
Propreté des flancs, de la mamelle et des membres,	Observation d'un coté de l'animal et de derrière, de la partie inférieur des membres postérieurs à partir des jarrets et la partie supérieure des membres postérieurs, le flanc et la base de la queue. **Classification au niveau individuel :** Partie inférieure des membres postérieurs à partir des jarrets : 0 = pas de saleté ou éclaboussures 2 = plaque(s) de saleté séparée(s) ou continue(s) Partie supérieure des membres postérieurs, flancs et base de la queue : 0 = pas de saleté ou éclaboussures 2 = plaque(s) de saleté séparée(s) ou continue(s) Mamelle : 0 = pas de saleté ou éclaboussures, Trayons propres 2 = plaque(s) de saleté séparée(s) ou continue(s) et /ou trayons sales. **Classification au niveau du troupeau :** Partie inférieure des membres postérieurs à partir des jarrets : 0 = % d'animaux ne présentant pas de saleté ou éclaboussures 2 = % d'animaux présentant au moins une plaque de saleté Partie supérieure des membres postérieurs, flancs et base de la queue : 0 = % d'animaux ne présentant pas de saleté ou éclaboussures 2 = % d'animaux présentant au moins une plaques de saleté Mamelle : 0 = % d'animaux ne présentant pas de saleté ou éclaboussures et ayant des trayons propres, 2 = % d'animaux présentant au moins une plaque de saleté et/ou des trayons sales,

- Critère C4 « Confort thermique

  Aucune mesure actuellement effectuée.

- Critère C5 « Facilités de déplacement »

Mesures	Méthodes de mesures
Présence d'attache	Présence d'une stabulation libre ou entravée
Accès aux pâtures ou aires d'exercices extérieures	- Présence d'une aire d'exercice extérieure ou pâture. 0 = oui 2 = non - Fréquence (nombre de jours/an) de l'accès à l'aire d'exercice/pâture - Durée de l'accès à l'aire d'exercice/pâture (temps en h/jour).

➢ Critères et mesures du principe P3 « Bonne santé »

- Critère C6 « Absence de blessures »

Mesure	Méthode de mesure
Présence de boiteries (chez les vaches en système libre)	Mouvement anormal causée par la réduction de la capacité pour l'animal d'utiliser normalement un ou plusieurs de ses membres, La boiterie peut varier en sévérité selon la capacité ou l'incapacité pour l'animal de reporter le poids de son corps sur le membre boiteux, Les indicateurs de boiterie en mouvement sont : - Foulée irrégulière - Irrégularité du rythme de pose des pieds au sol - Variation de la durée d'appui. Il est donc nécessaire de prendre en compte : - Le minutage des pas - Le rythme des foulées - Le port de poids par pied Evaluation de la présence/absence de boiterie par un score de locomotion : observation de la démarche sur un sol antidérapant, en ligne droite. **Classification au niveau individuel :** 0 = Pas de boiterie : rythme de foulée régulier et report de poids équivalent sur les 4 pieds, 1 = Boiterie modérée : rythme de foulée irrégulier 2 = Boiterie sévère : forte réticence au report de poids sur un/plusieurs membres, **Classification au niveau du troupeau** : 0 = % d'animaux non boiteux 1 = % d'animaux modérément boiteux 2 =% d'animaux très boiteux

- Critère C6 « Absence de blessures » (suite)

Mesure	Méthode de mesure
Présence de boiteries (chez les vaches à l'attache)	Mouvement anormal causée par la réduction de la capacité pour l'animal à utiliser normalement un ou plusieurs de ses membres, La boiterie varie en sévérité selon l'incapacité pour l'animal de reporter le poids de son corps sur le membre boiteux. **Dans le cas des stabulations entravées, les vaches ne peuvent être évaluées par un score de locomotion** Les **indicateurs de boiteries** sont : - Au repos : soulagement d'un membre en particulier - Appui du sabot sur le coté - Piétinement : changement de répartition du poids du corps entre les pieds ou mouvements répétés du même pied - Réticence à supporter le poids sur le pied affecté. **Evaluation par un score** : observation de la posture, du report de poids sur les membres lorsque l'observateur fait bouger la vache, observation de la position reprise après ces mouvements. **Classification au niveau individuel :** 0 = non boiteux : la vache ne présente aucun indicateur décrit ci-dessus 2 = très boiteux : la vache présente 1 à 4 indicateurs décrits ci-dessus **Classification au niveau du troupeau :** 0 = % d'animaux non boiteux 2 = % d'animaux très boiteux
Présence d'altérations tégumentaires	Altérations tégumentaires : - **patch sans poils** : amincissement ou perte du pelage, hyperkératose - **lésion** : plaie, croute, dermatite due aux ectoparasites… - **gonflement** Observation à 2 m de distance de la vache, de 5 zones, de l'arrière vers l'avant : postérieurs, quartier postérieur, flanc/mamelle, antérieurs, cou/épaule/dos, La partie intérieure des membres du coté opposé est prise en compte, mais pas le ventre, ni la partie inférieure des membres situés du coté de l'observateur, Comptage du nombre de **lésions supérieures à 2 cm**, Le score maximal (>20) est obtenu lorsque : - L'animal présente plus de 20 altérations tégumentaires/catégorie - La zone affectée est au moins aussi large que la taille de la main **Classification au niveau individuel :** Nombre de patchs sans poils Nombre de lésions/gonflements **Classification au niveau du troupeau** : - % d'animaux sans altérations tégumentaires. - % d'animaux avec quelques altérations tégumentaires : au moins un patch sans poil mais pas de lésions ni gonflements. - % d'animaux avec d'importantes altérations tégumentaires : au moins une lésion ou gonflement.

- Critère C7 « Absence de maladies »

Mesure	Méthode de mesure
Observation de toux	Observation continue dans tous les segments du bâtiment : noter les animaux vus et entendus tousser (25 vaches maximum évaluées /segment). Le temps total d'observation est de 120 minutes, et de 10 minutes/ segment. **Classification au niveau du troupeau** : Nombre moyen de toux par animal/15 minutes,
Observation de jetage nasal	Jetage : écoulement clairement visible, sortant des naseaux, épais, transparent ou de couleur jaune/vert. **Classification au niveau individuel** : 0 = pas de jetage 2 = jetage **Classification au niveau du troupeau** : % d'animaux présentant un jetage
Observation d'écoulement oculaire	Ecoulement oculaire : écoulement visible, humide ou sec, de taille ≥ 3 cm. **Classification au niveau individuel :** 0 = pas d'écoulement oculaire 2 = écoulement oculaire **Classification au niveau du troupeau :** % d'animaux présentant un écoulement oculaire.
Observation de dyspnée	Dyspnée : présence d'une difficulté respiratoire (expiration réalisée par les muscles intercostaux et souvent accompagnée d'un bruit prononcé) **Classification au niveau individuel** : 0 = pas de dyspnée 2 = dyspnée **Classification au niveau du troupeau** : % d'animaux présentant une dyspnée.
Observation de diarrhée	Présence de bouse liquide derrière le haut et sur chaque coté de la queue, La zone couverte étant au moins de la taille d'une main. **Classification au niveau individuel :** 0 = pas de signes de diarrhée 2 = signes de diarrhée **Classification au niveau du troupeau :** % d'animaux présentant des signes de diarrhée.
Observation d'écoulement vulvaire	Ecoulement purulent de la vulve ou plaques de pus sur la partie inférieure de la queue. **Classification au niveau individuel :** 0 = pas d'écoulement vulvaire 2 = Ecoulement vulvaire **Classification au niveau du troupeau :** % d'animaux présentant un écoulement vulvaire.

- Critère C7 « Absence de maladies » (suite)

Mesure	Méthode de mesure
Comptage des cellules somatiques dans le lait	Données individuelles couvrant la période de 3 mois précédant la visite dans l'exploitation, obtenues à partir des résultats du contrôle laitier. Une **inflammation subclinique de la mamelle** est suspectée lorsque le comptage de cellules somatiques (CCS) est **supérieur à 400 000**. **Classification au niveau individuel** : 0 = CCS < 400 000 dans les 3 mois précédant la visite. 2 = CCS ≥ 400 000 au moins une fois au cours des 3 mois précédant la visite. **Classification au niveau du troupeau :** % d'animaux ayant un CCS > 400 000 au moins une fois au cours des 3 mois précédant la visite.
Taux de mortalité	% d'animaux morts, euthanasiés ou abattus en urgence au cours des 12 mois précédant la visite.
Nombre de dystocies	% de vêlage ayant nécessité une assistance, au cours des 12 mois précédant la visite.
Nombre de syndrome de vache couchée	% de vaches couchées (vaches ne pouvant pas se déplacer seules) au cours des 12 mois précédant la visite.

- Critère C8 « Absence de douleur induites par des pratiques d'élevage

Mesure	Méthode de mesure
Ecornage	**Classification au niveau du troupeau :** 0 = pas d'écornage 1 = Ebourgeonnage des veaux par thermocautérisation 2 = Ebourgeonnage chimique des veaux à l'aide d'une pate caustique 3 = écornage des autres bovins ET 0 = utilisation d'anesthésiants 1 = pas d'utilisation d'anesthésiants ET 0 = utilisation d'analgésiques 1 = pas d'utilisation d'analgésiques
Caudectomie	**Classification au niveau du troupeau :** 0 = pas de coupe de queue 1 = coupe de queue à l'aide d'anneaux en caoutchouc 2 = coupe de queue par chirurgie ET 0 = utilisation d'anesthésiants 1 = pas d'utilisation d'anesthésiants ET 0 = utilisation d'analgésiques 1 = pas d'utilisation d'analgésiques

- Critères et mesure du principe P4 « Comportement approprié »

  - Critère C9 « Expression de comportements sociaux »

Mesure	Méthode de mesure
Expression de comportements agnostiques	Notation simultanée des comportements agonistiques et de cohésion. Les comportements agonistiques sont des **comportements connexes au combat**, qui incluent les comportements d'agression et de soumission. Il faut veiller à ne pas y associer les comportements de chaleur. Observer un segment de bâtiment à la fois en relevant le nombre d'animaux observés (maximum 25 vaches). Le temps total est de 120 minutes, soit 10 minutes au minimum par segment. Noter, par scan sampling, le nombre d'animaux couchés, en train de s'alimenter, de s'abreuver, et debout immobile. Entre chaque scan : relever le nombre d'expression des comportements listé ci-dessous : ➢ **Coup de tête** : l'animal « acteur » donne un coup de tête, avec pour point de contact son front, ses cornes ou la base de ses cornes, L'animal receveur ne réagit pas. ➢ **Déplacement** : l'animal «acteur» donne un coup de tête comme ci-dessus mais cette fois, l'animal receveur réagit par un déplacement ou un évitement d'au moins une 1/2 longueur d'animal ou ¼ de longueur d'animal latéralement. ➢ **Poursuite** : L'animal « acteur » fait fuir un animal en le suivant, La poursuite est notée que si précédée d'une interaction agonistique mais non d'un combat. ➢ **Combat** : deux animaux se poussent au niveau de la tête l'un vers l'autre, pieds enfoncés dans le sol. ➢ **Poursuite-lever** : l'animal « acteur » donne un coup de tête, heurte, pousse ou s'appuie avec force sur l'animal receveur, qui est couché, L'animal receveur répond en se levant. **Classification au niveau du troupeau :** Nombre de comportements agressifs/animal/ heure.

- Critère C10 « Expression d'autres comportements »

Mesure	Méthode de mesure
Accès à la pâture	**<u>Classification au niveau du troupeau :</u>** Nombre de jours par an où les animaux ont accès à la pâture Nombre d'heures par jour passées à la pâture

- Critère C11 « Bonne relation homme-animal »

Mesure	Méthode de mesure
Distance d'évitement avec l'homme	Se placer dans le couloir d'alimentation à 2 mètres devant les animaux à tester (50 à 70% du troupeau), La tête de l'animal doit être complètement hors du cornadis, L'animal doit avoir détecté la présence de l'évaluateur et le regarde, Approcher ensuite l'animal en positionnant le bras à 45° du corps et en présentant le dos de la main, avec une vitesse d'un pas/seconde, Ne pas regarder l'animal dans les yeux mais son museau, S'arrêter lorsque l'animal montre un signe d'évitement (l'animal recule ou bouge sa tête sur le coté pour essayer de sortir du cornadis) et apprécier cette distance d'évitement (entre la main de l'examinateur et le museau de l'animal) avec une résolution de 10 cm : en dessous de 10 cm, le résultat est de 0 cm, Lorsque la réaction de l'animal ou de ses voisins n'est pas claire, retester ces animaux plus tard, **<u>Classification au niveau individuel :</u>** Distance d'évitement (en cm) **<u>Classification au niveau du troupeau :</u>** % d'animaux pouvant être touchés % d'animaux approchés à moins de 50 cm sans être touchés, % d'animaux approchés entre 100 et 50 cm, %d'animaux ne pouvant pas être approchés à moins de 100 cm,

- Critère C12 « Etat émotionnel positif »

Mesure	Méthode de mesure
Appréciation qualitative du comportement	Sélectionner 1 à 8 points d'observations, permettant d'observer les différentes zones de la ferme. Pour chaque point d'observation, attendre quelques minutes que les animaux s'habituent à la présence de l'observateur. Le temps total de doit pas dépasser 20 min. Noter la qualité d'expression de leur activité au niveau du groupe. Une fois terminé, noter les 20 indicateurs ci-dessous en utilisant une échelle visuelle analogue (VAS) : Actif/ Relaxé/ Frustré/ Irritable/ Coléreux/ Amical/ Inquiet/ Peureux/ Qui s'ennuie/ Joueur/ Sociable/ Agité /Apathique/ Calme/ Occupé positivement/ Joyeux/ Content/ Vivant/ Plein d'entrain/ En détresse/ Indifférent/ Curieux Chaque VAS est défini sur la gauche par un minimum et sur la droite par un maximum. Le minimum signifie que la qualité de l'expression est absente chez tous les animaux observés. Le maximum signifie que la qualité d'expression est présente chez tous les animaux observés. Pour chacun des termes, tracer une ligne de 125 mm, sur l'échelle du point approprié. La mesure de ce terme est la distance en mm entre le point minimum et le point où la ligne tracée croise l'échelle, Si le score augmente, cela signifie qu'il devient plus négatif. **Classification au niveau du troupeau** : Echelle continue (pour chacun des paramètres) à partir du point minimum.

Annexe 2. Définitions des mots-clés et résultats de la recherche bibliographique sur le lien entre les indicateurs de bien-être définis dans le Welfare Quality® et la production laitière

Indicateurs	Définition et méthode d'évaluation du Welfare Quality®	Mots-clés utilisés	Résultats de la recherche
Note d'état corporel	Evaluée par une **notation d'état corporel**, Des indicateurs d'état « très maigres » et « très grasses » sont définis spécifiquement pour les races laitières et mixtes,	(Body condition Score) AND (Milk production OR performance) AND (Dairy Cows)	Huit études retenues,
Provision et qualité de l'eau	Nombre d'animaux/abreuvoirs Type longueur (cm) propreté et débit des abreuvoirs d'eau (L/min)	(Water flow rate OR water provision) AND (Milk production OR performance) AND Dairy Cow)	Une étude recensée sur l'effet du débit d'eau sur les performances des vaches laitières,
Boiteries	Mouvement anormal (foulée et rythme de pose du pied irréguliers, durée d'appui du pied modifiée), du à la réduction de la capacité de l'animal à utiliser un ou plusieurs de ses membres, Evaluée par un **score de locomotion**,	(Lameness OR Locomotor disorders) AND (Milk production OR performance) AND (Dairy cows)	Trois types d'études selon la méthode de détection des boiteries employée : score de locomotion/ observation de signes cliniques de boiteries/diagnostic lésionnel de l'affection podale, Seuls six études basées sur un **score locomoteur** retenues car conforme à la méthode Welfare Quality®,
Ecoulements vulvaires	Ecoulement purulent de la vulve ou plaques de pus sur la partie inférieure de la queue,	(Vaginal discharge) AND (Milk production OR performance) puis (Metritis) AND (Milk Production) AND (Dairy cows),	Cinq études basées sur l'observation de cet écoulement ont été retenues, ainsi qu'une étude pour lequel la méthode diagnostique n'est pas détaillée. **Les études reposant sur un diagnostic des métrites en routine (palpation transrectale et examen vaginal) ont été écartées.**
Dystocies	Vêlage ayant nécessité une assistance	(Dystocia) AND (Milk production) AND (Dairy cows)	Quatre études
Diarrhée	Présence de bouse liquide sur le haut et sur les cotés de la queue.	(Diarrhea OR Digestive Disorders) AND (Milk production) AND (Dairy cows)	Les diarrhées ont peu fait l'objet d'études sur ce sujet : seules deux publications ont été trouvées.

Annexe 2 (suite)

Indicateurs	Définition et méthode d'évaluation selon le Welfare Quality®	Mots-clés utilisés	Résultats de la recherche
Mammites	Comptage de cellules somatiques (CCS) dans le lait couvrant la période de 3 mois précédant la visite dans l'exploitation. Données obtenues à partir des résultats du contrôle laitier.	(mastitis OR Milk Somatic cell count) AND (Dairy cows) AND (Milk production OR performance)	Deux revues sélectionnées
Altérations tégumentaires	Patchs de peau sans pilosité Lésions : plaies, dermatites… Gonflements	(Cutaneous lesions) AND (Milk production OR performance) AND (Dairy cows) puis (Hock lesions OR lesions of the tarsus) AND (Milk production) AND (Dairy cows)	L'effet de ces lésions sur la production laitière est peu décrit. La recherche a été affinée en spécifiant un type de lésions (tarsites) fréquemment rencontré chez les vaches laitières : deux études ont été recensées.
Troubles respiratoires	Toux, jetage nasal, dyspnée, écoulement oculaire.	Respiratory disorders OR) AND (Milk production OR performance)	Nous n'avons pu répertorier aucune étude sur ce sujet, ces troubles demeurant assez peu décrits en pratique chez les vaches laitières.
Confort de couchage	Durée de couchage Nombre de collisions avec les équipements, Propreté des flancs et de la partie supérieure des membres, Animaux couchés partiellement/totalement en dehors des zones de couchage	(Lying comfort OR Bedding quality) AND (Milk production OR performance) AND (Dairy cows)	Aucune étude n'a évalué le lien direct entre ces indicateurs et la production. Néanmoins, les effets d'une privation de couchage sur la production et du type de logement sur le comportement de couchage des vaches ont été étudiés.
Relation homme-animal	Distance d'évitement vis-à-vis de l'homme	(Human –animal interaction OR Flight distance OR approach distance) AND (Milk production) AND (dairy cows)	Trois études recensées
Expression de comportements agonistiques	Coups de tête, déplacements, poursuites, combats, poursuites-lever.	(Natural behavior) AND (Milk production OR performance) AND (Dairy cows)	Deux études recensées
Etat émotionnel positif	Appréciation qualitative du comportement par l'évaluateur	(Positive emotional state) AND (Milk production OR performance)	Aucune étude décrivant cette association n'a été recensé.

Annexe 3. Caractéristiques (Sources, échantillonnage et recueil de données) des études retenues

➢ **Annexe 3.1**. Caractéristiques des études portant sur la relation entre la NEC et la production laitière

Source	Période d'étude	Pays	Race	Nombre de troupeaux	Nombre de vaches	Nombre de lactations	Type de troupeaux[a]	PL305 moy (kg)
Waltner et al. (1993)	1988-1990	Etats-Unis	Holstein	1	350	NR	Exp	9541
Domecq et al. (1997)	1993-1994	Etats-Unis	Holstein	1	779	NR	Com	10500
Pedron et al. (1993)	NR	Italie	Holstein	3	219	NR	Com	NR
Roche et al. (2007)	NR	Nouvelle-Zélande	Holstein-Friesian, Jersey,	1	897	2635	NR	NR
Berry et al. (2007)	1999-2000	Irlande	Holstein	66	8353	9886	Com et exp	6877
Markusfeld et al. (1997)	1993-1995	Israël	Holstein	8	2162	2162	Com	8800-11800
Ruegg et Milton (1995)	1991-1992	Canada	Holstein	13	429	429	Com	7225
Garnsworthy et Topps (1982)	NR	Royaume-Uni	British friesian, Ayrshire, Friesian x Ayrshire,	NR	48	NR	NR	NR

NR : Non renseigné dans l'étude,

[a] : **Com** : commercial, **Exp** : expérimental

➢ **Annexe 3.2.** Caractéristiques des études portant sur la relation entre les boiteries et la production laitière

Source	Période d'étude	Pays	Race	Nombre de troupeaux	Nombre de vaches	Type de troupeau [a]	PL305 moyenne/vache (kg) [b]	Personne réalisant le diagnostic de boiterie
Archer et al. (2010)	2009	Royaume-Uni	Holstein	7	1400	com	7300-9400	Observateur
Hernandez et al. (2005)	2002-2003	États-Unis	Holstein	1	465	com	11818	Vétérinaire
Bach et al. (2006)	2004-2005	Espagne	Holstein	1	120	exp	NR	Observateur
Juarez et al. (2003)	2001-2002	États-Unis	Holstein	2	788	com	NR	Vétérinaire
Tranter et al. (1991)	1989-1990	Nouvelle-Zélande	NR	3	838	NR	NR	Eleveur + observateur
Reader et al. (2011)	2007-2008	Royaume-Uni	Holstein	1	200	com	9000	Observateur

NR : non renseigné
[a] **com** : commercial, **exp** : expérimental
[b] **PL305** : Production laitière standardisée à 305 jours

➢ **Annexe 3.3.** Caractéristiques des études portant sur la relation entre les métrites et la production laitière

Source	Période d'étude	Pays	Race	Nombre de troupeaux	Nombre de vaches	Nombre de lactations	Type de troupeau[a]	PL305 moy/vache
Rowlands et Lucey (1986)	1977-1982	Royaume-Uni	British friesian	5	732	NR	Com, exp	1594
Dohoo et Martin (1983)	NR	Canada	Holstein-Friesian	32	2008	2875	Com	NR
Rajala et Gröhn (1998)	1993	Etats-Unis	Finnish ayrshire	2337	37776	NR	Com	NR
Bareille et al. (2003)	1988-1998	France	Holstein	1	551	1050	Exp	NR
Dubuc et al. (2011)	2007-2008	Canada	Holstein	6	2178	NR	Com	NR
Ostergaard et al. (2011)	1985-1997	Danemark	Danish red, black and white, jersey, red and white, crossbreeds	3	4414	4414	Exp	NR

[a] **Com** : commercial, **exp** : expérimental
NR : non renseigné

Annexe 4. Estimation des effets des indicateurs sur la production laitière : méthodes et des modélisations statistiques des études retenues

➢ **Annexe 4.1.** Méthodes et des modélisations statistiques des études retenues sur la relation entre la NEC et la production laitière

Source	Méthode statistique [a]	Variables de production laitière [b]		Variables de NEC [c]	Variables d'ajustement [d]					
		Variables cumulées sur la 1ère partie de lactation	Variables cumulées sur la 2nde partie de lactation / lactation entière		Sla	T	SV	P	M	Autres
Waltner et al. (1993)	RNLM	PJCc3,5%, Pcum90c3,5%	Pcum305c3,5%	NECv, ΔNECv	+	+	-	+	-	AgV
Domecq et al. (1997)	RLM + PCA	Pcum120, MYA	-	ΔNECt, NECv,	+	+	+	+	+	DT
Pedron et al, (1993)	RLM	-	PL305, PL305EA	NECv, ΔNECv	+	+	+	+	+	-
Roche et al. (2007)	RLM, CDCL (formule de Wilmink)	Pcum60, Pcum60c4%	Pcum270, Pcum270c4%	NECt, ΔNECt, NECv, ΔNECv, NECmin, ΔNECmin-305	+	+	+	+	-	-
Berry et al. (2007)	RLM, CDCL (formule de Wilmink)	Pcum60	Pcum305	ΔNECt, NECv, NECmin	+	+	+	+	-	-
Markusfeld et al. (1997)	RLM	Pcum90, Pcum90c3,5%	Pcum180	NECv	+	+	+	+	+	CCS, DT
Ruegg et Milton (1995)	RLM	PJC	PL305, PL305c3,5%	NECv, ΔNECv, NECmin	+	+	-	+	-	-
Garnsworthy et Topps (1982)	CDCL, comparaison des moyennes	Pcum112	-	NECv	+	+	+	+	+	+

[a] **RNLM** : régression non linéaire mixte, **RLM** : régression linéaire mixte, **PCA** : analyse des principales composantes, **CDCL** : comparaison des courbes de lactation,
[b] 1ère partie de lactation : du vêlage au pic de lactation, **PJCc3,5%** : production au jour du contrôle corrigée à 3,5% de matières grasses, **PcumX** : Production cumulée à X jours, **PcumXc3,5%** : production cumulée à X jours corrigée à 3,5% de matières grasses, **PcumXc4%** : production cumulée à X jours corrigée à 4% de matières grasses, **PL305** : production laitière standardisée à 305j, **PL305EA** : production laitière en équivalent adulte standardisée à 305, **MYA** : milk yield acceleration (= taux d'augmentation journalière de la production, en kg/jour)
[c] **NECt** : NEC à l'entrée au tarissement, **ΔNECt** : variation de NEC pendant le tarissement, **NECv** : NEC au vêlage, **ΔNECv** : variation de NEC entre le vêlage et NEC min, **NECmin** : NEC minimale atteinte au moment du pic de lactation**,** **ΔNECmin-305** : gain de NEC entre NEC min et 305jours,
[d] **Sla** : stade de lactation, **T** : troupeau, **V** : saison de vêlage, **P** : parité, **M** : maladies, **AgV** : âge au vêlage, **DT** : durée du tarissement, **CCS** : concentration en cellules somatiques

➢ **Annexe 4.2.** Méthodes et modélisations statistiques des études retenues sur la relation entre les boiteries et la production laitière (PL)

Source	Critères d'inclusion des vaches [a]	Méthode statistique [b]	Variable de PL[c]	Variables d'ajustement [f]							Effets sur la production laitière		
				Sla	T	V	P	PP	M	Autres	PL/j avant diagnostic	PL/j après diagnostic	PL sur la lactation totale
Archer et al. (2010)	NR	RLM	PJC	+	+	-	+	-	-	Sa	-	-	+
Hernandez et al. (2005)	<100 jours Post-partum	RLM	PL305EA	+	+	+	+	-	+	R	-	-	+
Bach et al. (2006)	NR	RLM	PL/jour	+	+	-	+	-	-	NbT	+	+	+
Juarez et al. (2003)	Multipares	RLM	PL/jour	-	+	-	+	-	-	DStS	-	+	-
Tranter et al. (1991)	NR	AU	PLL	Ap	-	Ap	Ap	-	-	-	-	-	+
Reader et al. (2011)	NR	RLM	PLm16j	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-

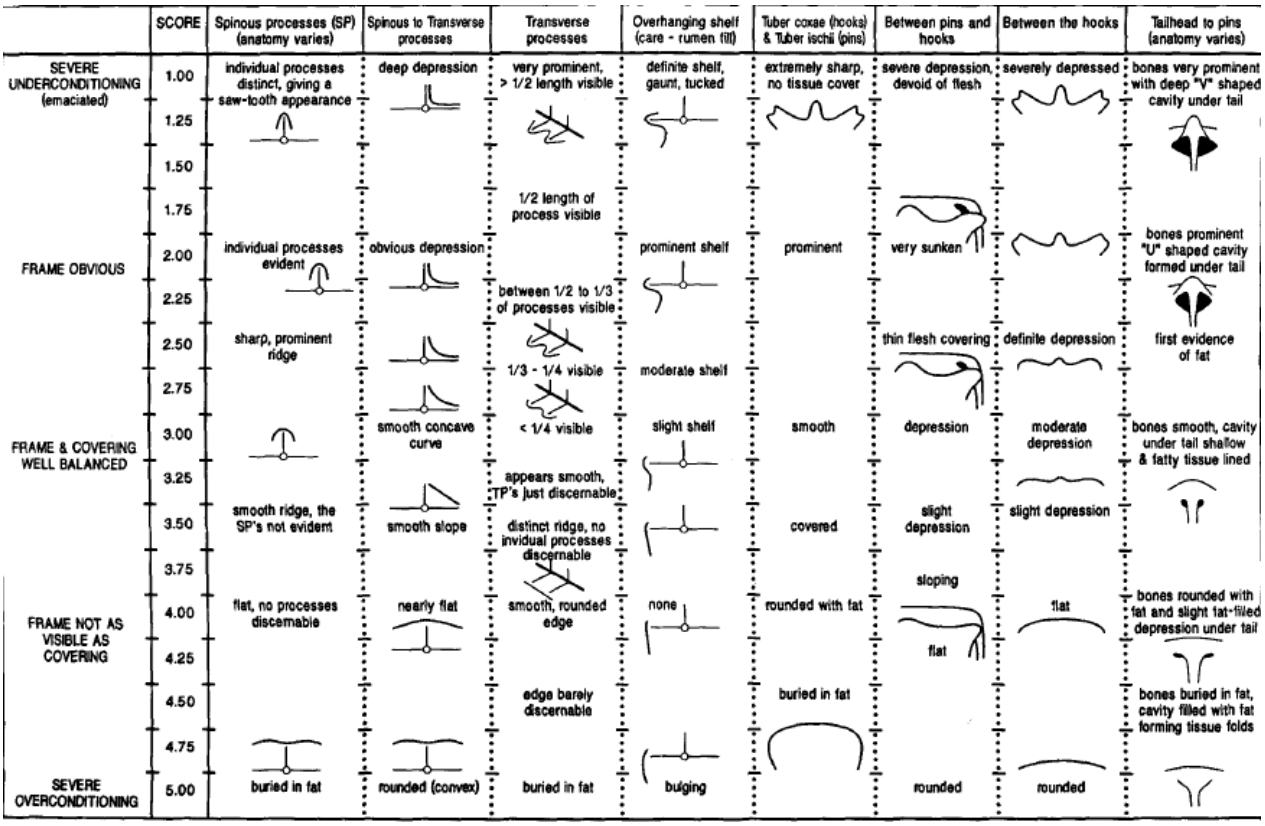
[a] : **NR** : non renseigné
[b] : **RLM** : régression linéaire mixte, **AU** : analyse univariée
[c] : **PL305EA** : production laitière équivalent adulte standardisée à 305 jours**, PL/jour** : production laitière journalière, **PJC** : production au jour du contrôle, **PLL** : production de la lactation entière, **PLm16j** : production laitière moyenne des 16 jours précédant le diagnostic,
[d] : **-** : effet non étudié, **+** : effet étudié,
[e] : voir paragraphe « estimations des effets à long-terme », Nr : non réalisable,
[f] : **+** : prise en compte de cette variable, **-** : absence de prise en compte de la variable, **Sla** : stade de lactation, **T** : troupeau, **V** : saison de vêlage, **P** : parité, **PP** : potentiel de production, **M** : maladie(s) concomittante(s), **Sa** : saison, **R** : réforme, **NbT** : nombre de traites quotidiennes, **DStS** : distance entre la salle de traite et la stabulation, **App** : réalisation d'une procédure d'appariement,
[g] : **-** : absence de données sous cette forme, + : présence de données sous cette forme**.**

➢ **Annexe 4.3.** Méthodes et des modélisations statistiques des études retenues sur la relation entre les métrites et la production laitière

Source	Critères d'inclusion	Méthode statistique[a]	Variable de PL[b]	Effet à court-terme[c]	Variables d'ajustement[e]							Estimations des effets sur la PL :			
					Sla	T	V	P	PP	M	Autres variables	PL/j avant diagnostic	PL/j après diagnostic	PL/j sur toute la lactation	PL sur la lactation totale
Rowlands et Lucey (1986)	Durée lactation > 15 sem	CDCL	PL305	-	-	+	+	+	+	-	AnV	NE	-	-	+
Dohoo et Martin (1983)	NR	PA	PLJ (DMT)	-	-	+	-	-	+	+	AnV	-	-	+	-
Rajala et Gröhn (1998)	NR	MLM	PJC, PL305	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+
Bareille et al. (2003)	<140 PP sans troubles sévères de santé et nourries ad libitum	MLM	PL/j	+	+	+	-	+	+	-	VG	NE	-	-	-
Dubuc et al. (2011)	NR	MLM	PJC, PL305	+	+	+	+	+	-	+	Dy, Ju	-	-	-	+
Ostergaard et al.(1999)	NR	MLM	PLce/j	+	+	+	+	+	-	+		+	+	+	-

NR = Non renseigné, **NE** = Non étudié
[a]: **CDCL** = comparaison des courbes de lactation, **PA**= path analyse, **MLM** = modèle linéaire mixte,
[b] : **PJC** = production au jour du contrôle, **PL305EA** = production laitière standardisée à 305 jours
[c] : **+** = présence des données sous cette forme, **-** = absence des données sous cette forme,
[d] : voir paragraphe « estimations des effets à long-terme »
[e] : **Sla** = stade de lactation, **T** = troupeau, **V** = saison de vêlage, **P** = parité, **PP** = potentiel de production, **M** = maladies concomitante(s), **AnV**= année de vêlage, **VG** = valeur génétique, **Dy** = dystocie, **Ju** =jumeaux.

Annexe 5. Grille de notation de l'état corporel selon la méthode d'Edmonson et al.(1989)



Annexe 6. Distribution des vaches de l'échantillon selon les résultats des mesures de l'évaluation Welfare Quality®

➢ **Annexe 6.1 :** Distribution des vaches selon les mesures individuelles

Mesure	N	Classe	Effectifs et % par classe
Distance d'évitement (en cm)	3937	[0-10]	889 (22,6%)
		]10-40]	1033 (26,2%)
		]40-70]	940 (23,9%)
		> 70	1075 (27,3%)
NEC	3417	Etat corporel normal	2665 (78%)
		Etat corporel très maigre	513 (15%)
		Etat corporel très gras	239 (7%)
Boiterie	3422	Absence	2921 (86%)
		Boiterie modérée	401 (12%)
		Boiterie sévère	99 (2%)
Diarrhée	3457	Non	3028 (88%)
		Oui	429 (12%)
Dyspnée	3457	Non	3457 (100%)
		Oui	0 (0%)
Jetage nasal	3457	Non	2827 (82%)
		Oui	630 (18%)
Ecoulement oculaire	3457	Non	3343 (97%)
		Oui	114 (3%)
Ecoulement vulvaire	3458	Non	3444 (99,99%)
		Oui	14 (0,01%)
Propreté des jarrets	3460	Oui	642 (19%)
		Non	2818 (81%)
Propreté du quartier postérieur	3461	Oui	1663 (19%)
		Non	1798 (81%)
Propreté de la mamelle	3459	Oui	2583 (75%)
		Non	876 (26 %)
Absence de poils sur les postérieurs	3124	Non	2335 (75%)
		Oui	789 (25%)
Absence de poils sur le quartier postérieur	3389	Non	2858 (84%)
		Oui	531 (16%)
Absence de poils sur l'encolure	3454	Non	2968 (86%)
		Oui	486 (14%)
Absence de poils sur les antérieurs	2969	Non	2584 (87%)
		Oui	385 (13%)
Absence de poils sur le flanc et la mamelle	3431	Non	3390 (98,8%)
		Oui	41 (1,2%)
Absence de poils sur d'autres régions	3464	Non	3449 (99,6%)
		Oui	15 (0,4%)

Annexe 6.1 (suite)

Mesure	N	Classe	Effectifs (%) par classe
Absence de poils sur d'autres régions	3464	Non	3449 (99,6%)
		Oui	15 (0,4%)
Lésions sur les postérieurs	3127	Non	2889 (92,4%)
		Oui	238 (7,6%)
Lésions sur le quartier postérieur	3413	Non	3316 (97,2%)
		Oui	97 (2,8%)
Lésions sur l'encolure	3450	Non	3420 (98,7%)
		Oui	30 (0,9%)
Lésions sur le flanc et la mamelle	3430	Non	3202 (93,4%)
		Oui	228 (6,6%)
Lésions sur les antérieurs	2965	Non	2940 (99,2%)
		Oui	25 (0,8%)
Lésions sur d'autres régions	3464	Non	3459 (99,9%)
		Oui	5 (0,1%)
Gonflements sur les postérieurs	3128	Non	2794 (89,3%)
		Oui	334 (10,7%)
Gonflements sur le quartier postérieur	3413	Non	3237 (94,8%)
		Oui	176 (5,2%)
Gonflements sur les antérieurs	2964	Non	2818 (95,1%)
		Oui	146 (4,9%)
Gonflements sur l'encolure	3450	Non	2757 (79,9%)
		Oui	693 (20,1%)
Gonflements sur le flanc et la mamelle	3430	Non	3406 (99,3%)
		Oui	24 (0,7%)
Gonflements sur d'autres régions	3464	Non	3456 (99,8%)
		Oui	8 (0,2%)

➢ **Annexe 6.2**. Distribution des vaches selon les mesures collectives du Welfare Quality®

Mesure	N	Moyenne ± Ecart-type	Minimum	Maximum	Classes	Effectifs et % par classe
% de vaches maigres	4725	16,2 ± 20,3	0	87,5	= 0%]0-10]%]10-20]% > 20%	1445 (30,6%) 1171 (24,8%) 666 (14,1%) 1443 (30,5%)
Temps de couchage	4725	6,1 ± 1,1	3,1	6,9	<5,3 [5,3-6[s [6-6,75[s ≥ 6,75s	1209 (25,6%) 1171 (24,8%) 1134 (24%) 1211 (25,6%)
% de collisions avec l'équipement lors du couchage	4725	28,2 ± 29,5	0	100	= 0%]0-20]%]20-45]% > 45%	1521 (32,1%) 1171 (24,8%) 978 (20,7%) 1055 (22,3%)
% de vaches couchées partiellement en dehors	4725	2,5 ± 6,6	0	45,8	= 0% > 0%	3591 (76%) 1134 (24%)
% de vaches avec les postérieurs sales	4725	81,1 ± 22,3	2,7	100	[0-80[% [80-95[% > 95%	1521 (32,2%) 1757 (37,2%) 1447 (30,6%)
% de vaches avec la mamelle sale	4725	24,9 ± 22,2	0	96,7	[0-10[% [10-20[% [20-40[% ≥ 40%	1365 (28,9%) 822 (17,4%) 1521 (31,2%) 1017 (21,5%)
% de vaches avec le quartier postérieur sale	4725	50,3 ± 27,5	3	100	[0-25[% [25-50[% [50-75[% ≥ 75%	978 (20,7%) 1209 (25,6%) 1290 (27,3%) 1248 (26,4%)

Annexe 6.2 (suite)

Mesure	N	Moyenne ± Ecart-type	Minimum	Maximum	Classes	Effectifs et % par classe
% de vaches non boiteuses	4725	84,1 ± 13,7	26,9	100	[0-80[% [80-90[% [90-100[% = 100%	1403 (29,7%) 1252 (26,5%) 1446 (30,6%) 624 (13,2%)
% de vaches modérément boiteuses	4725	13 ± 11,2	0	48,6	= 0%]0-10]%]10-20]% > 20%	822 (17,4%) 1833 (38,8%) 1091 (23,1%) 979 (20,7%)
% de vaches sévèrement boiteuses	4725	2,9 ± 4,4	0	34,6	= 0%]0-5[% ≥ 5%	2381 (50,4%) 1365 (28,9%) 979 (20,7%)
% de vaches sans lésions	4725	39,6 ± 29,2	0	100	[0-10[% [10-30[% [30-60[% ≥ 60%	935 (19,7%) 1337 (28,3%) 1091 (23,9%) 1362 (28,8%)
% de vaches avec une absence de poil minimum	4725	20,1 ± 16,8	0	65,5	[0-5[% [5-15[% [15-30[% ≥ 30%	1134 (24%) 1040 (22%) 1365 (28,9%) 1186 (25,1%)
% de vaches avec au moins une lésion	4725	40,4± 31,4	0	100	[0-15[% [15-35[% [35-65[% ≥ 65%	1323 (28%) 1134 (24%) 1097 (23,2%) 1171 (24,8%)
Nombre de toux par animal/15min	4725	0,14 ± 0,14	0	0,96	= 0]0-0,15[≥ 0,15	1564 (33,1%) 1224 (25,9%) 1937 (41%)

Annexe 6.2 (suite)

Mesure	N	Moyenne ± Ecart-type	Minimum	Maximum	Classes	Effectifs et % par classe
% de vaches avec un jetage nasal	4725	18,5 ± 16,5	0	58,3	= 0%]0-15]%]15-30]% > 30%	1091 (23,1%) 1252 (26,5%) 1327 (28,1%) 1055 (22,3%)
% de vaches avec un écoulement oculaire	4725	3,3 ± 7,7	0	45,7	= 0%]0-10[% ≥ 0,10%	3236 (68,4%) 1054 (22,3%) 435 (9,2%)
% de vaches avec une dyspnée	4725	0,02 ± 0,2	0	2,8	= 0% > 0%	4725 (100%) 0 (0%)
% de vaches avec une diarrhée	4725	13,2 ± 20,5	0	84,6	= 0% > 0%	2740 (58%) 1985 (42%)
% de vaches avec un écoulement vulvaire	4725	0,4 ± 1,4	0	11,4	= 0% > 0%	4295 (90,9%) 430 (9,1%)
% de vaches avec un CCS > 400 000 au cours des 3 derniers mois	4725	20,6 ± 8,5	2	45	<15% [15-20[% [20-25[% ≥ 25%	1091 (23,1%) 1172 (24,8%) 1134 (24%) 1328 (28,1%)
% de dystocies	4725	5,9 ± 5,6	0	25	= 0%]0-5[%]5-10[% ≥ 10%	897 (19%) 1252 (26,5%) 1720 (36,4%) 856 (18,1%)
% de mortalité	4725	5,9 ± 5,6	0	17	≤ 1%]1-5[% ≥ 5%	1701 (36%) 1796 (38%) 1228 (26%)

Annexe 6.2 (suite)

Mesure	N	Moyenne ± Ecart-type	Minimum	Maximum	Classes	Effectifs et % par classe
% de vaches couchées	4725	4,5 ± 4,3	0	19	< 2% [2-3[% [3-7[% ≥ 7%	1134 (24%) 1171 (24,8%) 1091 (23,1%) 1329 (28,1%)
% de vaches écornées	4725	99,6 ± 3,7	50	100	< 100% = 100%	156 (3,3%) 4569 (96,7%)
% de vaches avec la queue coupée	4725	0,01 ± 0,08	0	1	= 0% > 0%	4687 (99,2%) 38 (0,8%)
% de coups de tête	4725	0,8 ± 1	0	6,9	< 0,3% [0,3-0,5[% [0,5-1[% ≥ 1%	1370 (29%) 1039 (22%) 1228 (26%) 1088 (23%)
% de vaches pouvant être touchées	4612	10,6 ± 8,9	0	36,7	< 5% [5-12,5[% ≥ 12,5%	1475 (32%) 1337 (29%) 1800 (39%)
% de vaches pouvant être approchées à moins de 50 cm sans être touchées	4612	47,1 ± 17,5	6,1	90,5	<40% [40-55[% ≥ 55%	1568 (34%) 1614 (35%) 1430 (31%)
% de vaches pouvant être approchées entre 50 et 100cm	4612	33,4 ± 16,3	0	81,1	< 25% [25-40[% ≥ 40%	1245 (27%) 1844 (40%) 1523 (33%)
% de vaches non approchées	4612	8,9 ± 12,1	0	64,2	= 0 % < 10% >10 %	1845 (40%) 1199 (26%) 1568 (34%)
Durée d'accès au pâturage (jours/an)	4725	217,7 ± 85,7	0	365	= 0j]0-5[j]5-10j ≥ 10	382 (8,1%) 1830 (38,7%) 1420 (30,1%) 1093 (23,1%)
Nombre moyen d'heure/jour de pâturage sur l'année	4725	13,6 ± 6,3	0	24	[0-12[h [12-18[h ≥ 18h	1701 (36%) 1464 (31%) 1560 (33%)

Annexe 7. Relations entre les mesures individuelles et la production laitière, estimées par le modèle univarié basé sur trois contrôles laitiers

Effet	Classes	Effectif/classe	Valeur de l'estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Note d'état corporel	Normal	2665	ref		
	Très maigre	513	+0,7	0,40	< 0,001
	Très gras	239	-2,2	0,44	
Boiterie	Absence	2921	Ref		
	Modérée	401	-0,8	0,40	< 0,001
	Sévère	99	-2,7	0,57	
Ecoulement vulvaire	Non	3444	ref		
	Oui	14	-0,3	1,4	0,84
Ecoulement oculaire	Non	3343	ref		
	Oui	114	-0,6	0,55	0,22
Dyspnée	Non	3457	ref		
	Oui	0	Ne	Ne	Ne
Diarrhée	Non	3028	ref		
	Oui	429	+ 1,4	0,4	< 0,001
Jetage Nasal	Non	2827	ref		
	Oui	630	-0,3	0,37	0,26
Propreté des jarrets	Oui	642	ref		
	Non	2818	-0,6	0,33	0,01
Propreté du quartier postérieur	Oui	1663	ref		
	Non	1798	-0,5	0,33	0,01
Propreté de la mamelle	Oui	2583	ref		
	Non	876	-0,6	0,36	0,004
Absence de poils sur les postérieurs	Oui	2335	ref		
	Non	789	-0,2	0,30	0,10
Absence de poils sur le quartier postérieur	Oui	2858	ref		
	Non	531	+ 0,1	0,39	0,87
Absence de poils sur l'encolure	Oui	2968	ref		
	Non	486	+0,3	0,39	0,17
Absence de poils sur les antérieurs	Oui	2584	ref		
	Non	385	+0,1	0,43	0,75
Absence de poils sur le flanc et la mamelle	Oui	3390	ref		
	Non	41	+0,6	0,78	0,41
Absence de poils sur d'autres régions	Oui	3449	ref		
	Non	15	+2,4	1,2	0,04
Lésions sur les postérieurs	Non	2889	ref		
	Oui	238	-0,9	0,46	0,01
Lésions sur le quartier postérieur	Non	3316	ref		
	Oui	97	+0,3	0,58	0,59
Lésions sur l'encolure	Non	3420	ref		
	Oui	30	-0,6	0,90	0,47
Lésions sur le flanc et la mamelle	Non	3202	ref		
	Oui	228	+0,3	0,46	0,47

Annexe 7 (suite)

Effet	Classes	Effectif/classe	Valeur de l'estimé (kg/j)	Ecart-type	p-value
Lésions sur les antérieurs	Non	2940	ref		
	Oui	25	+0,6	0,96	0,49
Lésions sur d'autres régions	Non	3459	ref		
	Oui	5	+0,9	1,90	0,64
Gonflements sur les postérieurs	Non	2794	ref		
	Oui	334	-0,2	0,44	0,58
Gonflements sur le quartier postérieur	Non	3237	ref		
	Oui	176	+0,14	0,51	0,74
Gonflements sur les antérieurs	Non	2818	ref		
	Oui	146	-0,5	0,53	0,22
Gonflements sur l'encolure	Non	2757	ref		
	Oui	693	+1	0,41	0,001
Gonflements sur le flanc et la mamelle	Non	3406	ref		
	Oui	24	+0,3	0,98	0,75
Gonflements sur d'autres régions	Non	3456	ref		
	Oui	8	-1,2	1,89	0,53
Distance d'évitement (en cm)	[0-10]	889	24,1	0,34	0,19
	]10-40]	1033	24,4	0,33	
	]40-70]	940	24,5	0,33	
	> 70	1075	24,4	0,33	

Annexe 8. Répartition des vaches selon leur note d'état corporel et leur stade de lactation au jour de la visite

Note d'état corporel	Stade de lactation à la visite (jours)				
	[0-80[	[80-150[	[150-250[	≥ 250	Total
Normal	**847** 0,6* *22,4*	**914** 0,1* *26,2*	**544** 0,2* *27,8*	**360** 0,01* *23,6*	**2638**
Très maigre	**160** 14,4* *31,2*	**125** 0,4* *24,4*	**134** 0,3* *26,1*	**94** 6,2* *18,3*	**513**
Très gras	**43** 9,7* 13,3	**88** 0,1* 24,9	**51** 0,4* 25,3	**57** 16,2* 36,5	**233**
Total	**783**	**873**	**927**	**801**	**3384**

La fréquence observée est en gras, et les pourcentages en lignes sont en italique.
* Contribution au Khi-deux.

Annexe 9. Relation entre la production laitière et l'interaction entre la note d'état corporel et le stade de lactation le jour de la visite

Stade de lactation (jours)	Note d'état corporel	Estimé (kg/jour)	Ecart-type	p-value
[0-80]	Normal	30,3	0,56	p < 0,0001
	Très maigre	30,4	0,66	
	Très gras	29,6	0,93	
]80-150]	Normal	26,1	0,56	p < 0,0001
	Très maigre	26,5	0,69	
	Très gras	24,1	0,78	
]150-250]	Normal	22,0	0,58	p < 0,0001
	Très maigre	22,3	0,77	
	Très gras	19,6	0,90	
> 250	Normal	17,8	0,60	p < 0,0001
	Très maigre	17,5	0,90	
	Très gras	14,6	0,86	

Annexe 10. Répartition des vaches selon leur accès au pâturage (nombre moyen de jour par an) et le système de traite

Système de traite	Accès au pâturage (jours /an en moyenne)				Total
	= 0	]0-220]	]220-260]	> 260	
Robot	**181** 123,4* *47,4*	**374** 0,51* *20,4*	**225** 19,2* *15,9*	**222** 0,41* *20,3*	**1002**
Salle de traite	**201** 33,2* *52,6*	**1456** 0,14* *79,6*	**1195** 5,2* *84,1*	**871** 0,11* *79,7*	**3723**
Total	**382**	**1830**	**1420**	**1093**	**4725**

p-value < 0,0001

La fréquence observée est en gras, et les pourcentages en lignes sont en italique.

* Contribution au Khi-deux.

Vu : **Le Professeur Rapporteur**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire,
Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes
Atlantique ONIRIS
Professeur BARILLE

Vu : **Le Directeur Général**

De l'Ecole Nationale Vétérinaire,
Agroalimentaire et de l'Alimentation
Nantes Atlantique ONIRIS
P. SAI

ONIRIS
Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire
et de l'Alimentation Nantes Atlantique
Et par délégation
Professeur F. POULIQUEN
Directeur du Service des Formations Universitaires

Nantes, le 18.09.2012

Vu :

Le Président de la Thèse
Professeur P. LUSTENBERGER

Vu : Le Doyen de la Faculté de
Médecine de Nantes
Professeur J.-M. ROGEZ

Vu et permis d'imprimer

NOM : HOOGVELD

Prénom : Charlotte

HOOGVELD Charlotte

IMPACT DU BIEN-ÊTRE ANIMAL ÉVALUÉ PAR LA MÉTHODE WELFARE QUALITY® SUR LA PRODUCTION DES VACHES LAITIÈRES

RÉSUMÉ : L'objectif de cette étude était d'estimer la relation entre les indicateurs de bien-être animal du protocole Welfare Quality® et la production laitière. Pour cela, 4725 vaches issues de 121 troupeaux français sélectionnés par tirage aléatoire stratifié et évaluées au cours d'une visite hivernale, ont participé à l'étude. Les données de production concomitantes à la visite et issues du contrôle laitier ont été extraites de bases de données nationales. Deux modèles linéaires mixtes et un modèle multivarié ont été construits et ajustés par un effet aléatoire vache et un effet troupeau. L'impact négatif des boiteries sur la production laitière a été confirmé, avec des pertes de 0,5 et 2,7 kg/jour pour les boiteries modérées et sévères respectivement. La note d'état corporel a également démontré son lien étroit avec la production laitière, et une relation négative entre les comportements agonistiques dans un troupeau et la production laitière a été mise en évidence. Enfin, le principe d'agrégation des mesures en scores pourrait expliquer l'absence de significativité des résultats pour la plupart des scores du Welfare Quality®.

MOTS-CLÉS : bovin**,** vache laitière, bien-être animal, production de lait, modèle linéaire mixte.

ABSTRACT: The aim of this study was to assess the impact of Welfare Quality® indicators on milk production. 4725 cows from 121 French herds selected with a random sampling and classed in stratified groups were evaluated during a wintry visit. Test-day milk yields concomitant to the visit were extracted from national milk databases. Two linear mixed models and a multivariate model were used and adjusted by a random cow effect and a random herd effect. This study confirmed the negative effect of lameness on milk production, with a loss of 0.5 kg and 2.7 kg per day for moderate and severe lameness respectively. Body condition score also confirmed it close relationship with milk production, and a negative association between agonistic behavior in herd and individual milk production has been highlighted. Finally, the principle of aggregation of measures could explain the lack of significance of the results for most of the Welfare Quality® scores.

KEY-WORDS: cattle, dairy cow, animal welfare, milk production, mixed linear model.

JURY :

	Président :	Monsieur Patrick Lustenberger, Professeur à la Faculté de Médecine de Nantes
	Rapporteur :	Madame Nathalie Bareille, Professeur à Oniris
	Assesseur :	Madame Christine Fourichon, Maître de conférences à Oniris

ADRESSE DE L'AUTEUR : 1 avenue du cépage, 44300 NANTES.

Imprimeur : MD Graphic – 44300 Nantes