

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Saad Dahleb-Blida 1



Projet de fin d'études en vue de l'obtention du

**Diplôme de docteur Vétérinaire**

**Etude bibliographique des méthodes d'évaluation du bien être chez les bovins.**

Présenté par

**Ouadani Ahmed**

Devant le jury :

**Président(e)** Dr CHERGUI N. M C A Univ. Blida 1

**Examineur** Dr YAHIMI A. M C A Univ. Blida 1

**Promoteur** Dr ADEL. M C A Univ. Blida 1

**Année universitaire : 2021/2022**

## REMERCIEMENT

Je remercie tout d'abord dieu le tout puissant, de m'avoir guidé vers la science et le savoir et de m'avoir donné courage et volonté pour élaborer ce modeste travail.

Je tiens à exprimer mon respect et ma gratitude :

A Madame **ADEL Amal**, enseignante à l'université Saad Dahleb Blida 1. Pour avoir accepté, diriger et guider ce travail. Pour l'aide, les conseils et les encouragements qu'elle m'a prodigués. Pour la rigueur et la rapidité de ses corrections.

*J'adresse mes remerciements aux membres de jury :*

Dr **CHERGUI N.** Présidente du jury et Dr **YAHIMI A.** Examineur d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Aussi, je remercie les membres de ma famille qui ont toujours été là pour moi pour leur encouragement et leur soutien inconditionnel.

## Résumé

Le bien-être animal fait référence à « la qualité de vie telle qu'un animal individuel en fait l'expérience ». Il englobe au sens large non seulement la santé et le bien-être physique de l'animal, mais aussi son bien-être psychologique et la possibilité d'exprimer les comportements importants propres à son espèce.

L'amélioration du bien-être animal est un réel enjeu face aux attentes sociétales.

Pour cela, cette revue a pour objectif de montrer comment évaluer le bien-être animal en général et bovin en particulier par des méthodes et techniques faciles tels que le projet welfare quality, qui permet en quelques heures d'attribuer une note incontestable du bien-être animal. Ou encore par l'utilisation du cortisol capillaire qui consiste à utiliser des glucocorticoïdes, en particulier le cortisol, pour mesurer les réponses au stress. Et enfin, la technique des accéléromètres portables qui peuvent collecter à distance et efficacement des données détaillées liées aux mesures du comportement animal.

La question du bien-être des animaux a pris une place d'importance croissante. Elle nécessite une bonne connaissance non seulement de la biologie des espèces, mais aussi des méthodes adaptées à l'évaluation de leur bien-être.

### **Mots clés :**

Bien-être animal, bovin, évaluation, projet welfare, cortisol, accéléromètre.

## **Abstract**

Animal welfare refers to "the quality of life as experienced by an individual animal". It broadly covers not only the health and physical well-being of the animal, but also its psychological welfare and the ability to express important species-specific behaviours.

The improvement of animal welfare is a real challenge in the light of societal expectations. To this end, this review aims to show how animal welfare in general and bovine welfare in particular can be assessed using easy methods and techniques such as the welfare quality project, which allows an unequivocal animal welfare score to be awarded in a few hours. Another example is the use of capillary cortisol, which consists of using glucocorticoids, in particular cortisol, as a measure of stress responses. Finally, there is the technique of portable accelerometers which can collect detailed data related to animal behaviour measurements remotely and efficient.

The issue of animal welfare has become increasingly important. It requires a good knowledge not only of the biology of the species, but also of methods adapted to the assessment of their welfare.

### **Keywords :**

Animal wellbeing, bovine, Evaluation, welfare project, cortisol, accelerometer.

## ملخص

يشير الرفق بالحيوان إلى "نوعية الحياة التي يعيشها حيوان فردي". إنه يغطي على نطاق واسع ليس فقط الصحة والرفاهية الجسدية للحيوان ، ولكن أيضًا الرفاه النفسي والقدرة على التعبير عن السلوكيات الهامة الخاصة بالأنواع.

يعد تحسين الرفق بالحيوان تحديًا حقيقيًا في ضوء التوقعات المجتمعية. تحقيقًا لهذه الغاية، تهدف هذه الأطروحة إلى إظهار كيف يمكن تقييم رفاهية الحيوان بشكل عام ورعاية الأبقار على وجه الخصوص باستخدام طرق وتقنيات سهلة مثل مشروع جودة الرعاية، والذي يسمح بمنح درجة لا لبس فيها لرعاية الحيوان في غضون ساعات قليلة. مثال آخر هو استخدام الكورتيزول الشعري، والذي يتكون من استخدام الجلوكوكورتيكويدات ، وخاصة الكورتيزول، كمقياس لاستجابات الإجهاد.

أخيرًا، هناك تقنية مقياس التسارع المحمولة التي يمكنها جمع البيانات التفصيلية المتعلقة بالقياسات السلوكية للحيوان عن بُعد وبفعالية.

أصبحت قضية الرفق بالحيوان ذات أهمية متزايدة. إنه يتطلب معرفة جيدة ليس فقط ببيولوجيا أنواع الحيوانات ، ولكن أيضًا بالطرق التي تم تكييفها لتقييم رفاهيتها.

## الكلمات المفتاحية :

رفاهية الحيوان بقري، تقييم؛ مشروع الرفاهية، الكورتيزول، مقياس التسارع.

# Sommaire

## REMERCIEMENT

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Introduction</b> .....                                                                                                    | 1  |
| <b>Chapitre I: Généralités sur le bien-être animal</b> .....                                                                 | 2  |
| <b>1. Chronologie du bien-être animal</b> .....                                                                              | 3  |
| <b>2. Généralités sur le BIEN-ÊTRE</b> .....                                                                                 | 4  |
| 2.1 Définition du bien-être animal.....                                                                                      | 7  |
| 2.2 COMMENT LE BIEN-ÊTRE ANIMAL PEUT-IL ÊTRE MESURÉ?.....                                                                    | 7  |
| <b>Chapitre II: Les méthodes d'évaluation du bien-être</b> .....                                                             | 9  |
| <b>1. Le projet Welfare Quality</b> .....                                                                                    | 10 |
| 1.1 Présentation du projet .....                                                                                             | 10 |
| 1.2 Principes, Critères et Mesures.....                                                                                      | 10 |
| 1.3 Les indicateurs du bien être chez les vaches laitières.....                                                              | 11 |
| 1.4 Calcul de scores reflétant le niveau de bien être .....                                                                  | 13 |
| 1.5 Les cinq libertés du bien-être animal.....                                                                               | 13 |
| 1.6 Les objectifs du projet.....                                                                                             | 15 |
| <b>2. Évaluation du bien-être des bovins à l'aide du cortisol capillaire</b> .....                                           | 15 |
| 2.1 Pourquoi utilise t'on le cortisol en particulier?.....                                                                   | 16 |
| 2.2 Le mécanisme par lequel le cortisol est incorporé dans les poils.....                                                    | 16 |
| 2.3 Pendant l'échantillonnage, la concentration du cortisol est elle affectée ?.....                                         | 16 |
| 2.4 Facteurs fixes affectant la concentration du cortisol capillaire.....                                                    | 17 |
| 2.4.1 Facteur de l'âge.....                                                                                                  | 17 |
| 2.4.2 Facteur de la parité.....                                                                                              | 18 |
| 2.4.3 Facteur de la race.....                                                                                                | 18 |
| 2.4.4 Facteurs des saisons.....                                                                                              | 18 |
| 2.4.5 Facteur des lieux de prélèvement.....                                                                                  | 19 |
| 2.4.6 Facteur de la couleur de la robe .....                                                                                 | 19 |
| 2.5 Études du cortisol capillaire chez les bovins dans différentes conditions de stress...20                                 |    |
| 2.5.1 La relation entre les différentes conditions de stress et la concentration de cortisol capillaire chez les bovins..... | 20 |
| A. Gestation, parturition et lactation.....                                                                                  | 20 |
| B. Les maladies.....                                                                                                         | 21 |
| C. L'ectoparasiticide.....                                                                                                   | 22 |
| D. Nombre de parité et score corporel.....                                                                                   | 22 |
| E. La faim.....                                                                                                              | 22 |
| F. Le stress environnemental .....                                                                                           | 23 |
| G. La densité de peuplement .....                                                                                            | 23 |

|          |                                                                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| H.       | La production laitière .....                                                                                  | 23        |
| 2.5.2    | Méthode d'échantillonnage et d'analyse .....                                                                  | 24        |
| 2.5.3    | La concentration de cortisol capillaire reflète-t-elle le score du protocole d'évaluation du bien-être ?..... | 26        |
| <b>3</b> | <b>Les accéléromètres</b> .....                                                                               | <b>26</b> |
| 3.1      | Definition .....                                                                                              | 26        |
| 3.2      | Utilisation.....                                                                                              | 27        |
| 3.3      | Technique d'utilisation.....                                                                                  | 27        |
| 3.4      | Positionnement du capteur sur les animaux.....                                                                | 28        |
| 3.5      | Détection de troubles de santé.....                                                                           | 29        |
| 3.6      | L'évaluation du niveau de stress thermique ressenti.....                                                      | 30        |
|          | <b>CONCLUSION et Recommandations</b> .....                                                                    | <b>31</b> |
|          | <b>Références bibliographiques</b> .....                                                                      | <b>32</b> |

## Liste des figures

| <b>Numéro de figure</b> | <b>Titre</b>                                                                                                 | <b>Page</b> |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Figure 1</b>         | <b>Nombreux animaux dormant en dehors de l'aire de couchage montrent un défaut de bien-être</b>              | <b>5</b>    |
| <b>Figure 2</b>         | <b>Quatre grands Principes du bien-être des animaux</b>                                                      | <b>6</b>    |
| <b>Figure 3</b>         | <b>Deux grandes catégories d'indicateurs appliqués au confort de couchage chez les bovins laitiers</b>       | <b>7</b>    |
| <b>Figure 4</b>         | <b>Bien-être animal en cinq points</b>                                                                       | <b>14</b>   |
| <b>Figure 5</b>         | <b>Vache boiteuse</b>                                                                                        | <b>15</b>   |
| <b>Figure 6</b>         | <b>Processus hormonal conduisant à la mise-bas</b>                                                           | <b>21</b>   |
| <b>Figure 7</b>         | <b>Méthodologie pour classifier des comportements de ruminants à partir de données accéléromètres brutes</b> | <b>28</b>   |
| <b>Figure 8</b>         | <b>Collier avec ceinture placé sur le cou de la vache</b>                                                    | <b>29</b>   |

## Liste des tableaux

| <b>Numéro du tableau</b> | <b>Titre</b>                                                                                         | <b>Page</b> |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tableau 1</b>         | <b>Principes et critères utilisés par Welfare Quality pour l'évaluation du bien-être en élevage</b>  | <b>11</b>   |
| <b>Tableau 2</b>         | <b>Indicateurs du bien-êtres des bovins laitiers</b>                                                 | <b>12</b>   |
| <b>Tableau 3</b>         | <b>Niveau du bien-être (Principe/Critère) en fonction du score obtenu</b>                            | <b>13</b>   |
| <b>Tableau 4</b>         | <b>Facteurs fixes affectant les niveaux de cortisol capillaire chez les bovins</b>                   | <b>17</b>   |
| <b>Tableau 5</b>         | <b>Relation entre différents facteurs et la concentration de cortisol capillaire chez les bovins</b> | <b>20</b>   |
| <b>Tableau 6</b>         | <b>Exemple de performances de détection de troubles de santé par l'accéléromètre</b>                 | <b>29</b>   |

## Liste des abréviations

**BCS** : Body Condition Score.

**EIA** : enzyme immunoassays.

**ELISA** : Enzyme-linked immunoassay.

**FAO** : food and agriculture organization of the united nations.

**Fawc** : farm animal welfare council.

**HPA** : Hypothalamic-pituitary-adrenal.

**HPLC** : High Performance Liquid Chromatography .

**OIE** : Office international des épizooties.

**PBS** : Phosphate-buffered saline.

**RIA** : Radio-immunoessais.

## Introduction

D'après **l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE, 2010)**, le bien-être animal correspond à " l'état de santé physique et mental de l'animal qui prend en compte la satisfaction des besoins physiologiques et comportementaux en lui assurant un état exempt de douleur, de peur ou de détresse qui peut satisfaire son état émotionnel ".

Durant des décennies, les bovins ont été considérés comme des machines à produire, un être incapable de souffrir et pouvant être soumis à toutes contraintes (**Bourdon, 2003**).

De nos jours, les mentalités ont changé, ont évolué et le bovin se voit reconsidéré.

La préoccupation pour le bien-être animal est rentrée progressivement dans les mœurs (**Lily et al., 2016**).

Le respect du bien-être animal dans les élevages et les activités de production animale ont un impact considérable sur la production et la qualité des produits d'origine animale (**Norwood et al., 2011**).

l'Algérie n'a cependant pas signé la Déclaration universelle sur le bien-être animal qui est un accord intergouvernemental proposé pour reconnaître que les animaux sont sensibles, et pour prévenir la cruauté et réduire les souffrances.

Cependant, **l'article 58 de la loi 88-08** relative aux activités de médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale établit une infraction à l'encontre de ceux qui pratiquent de mauvais traitements à l'égard des animaux domestiques et des animaux sauvages apprivoisés ou en captivité. **L'article 60** de la même loi oblige les propriétaires des animaux dont ils ont la charge à les maintenir en bon état de santé.

De plus, **les articles 415, 449 et 457** du code pénal algérien couvrent certains comportements spécifiques punissables tels que l'empoisonnement des animaux, la mort et les blessures, la surcharge des animaux de travail, le travail avec des animaux malades, les accidents causés par l'utilisation d'armes, les mauvaises conditions de détention et les mauvais traitements infligés aux animaux domestiques, apprivoisés ou sauvages en captivité.

Ainsi, la présente étude a été menée pour définir le bien-être animal en général, puis chez les bovins en particulier, et enfin pour synthétiser les différentes méthodes applicables pour son évaluation.

**Chapitre I :**  
**Généralités sur le bien-être animal**

## 1. Chronologie du bien-être animal

Aujourd'hui, la notion de bien-être animal est omniprésente, le monde connaît l'importance des sentiments des animaux.

Tout cela n'est pas sorti de nulle part, mais a eu une histoire et une évolution dans le temps Ceci est un bref historique:

Il s'est développé au fil du temps de 1789 jusqu'aujourd'hui.

De nombreux philosophes et scientifiques avaient une opinion dans ce domaine, ce qui a contribué à son développement.

**la question de Jeremy Bentham (1789)** le philosophe anglais : « peuvent-ils raisonner ? », « peuvent-ils parler ? », « souffrent-ils ? »

**LE RAPPORT BRAMBELL (1965)** Il est à la base du principe des 5 libertés et de l'évaluation moderne du bien-être animal.

La Publication du livre « **Libération Animale** » (Animal liberation) en **1975 par Peter Singer**. Cette publication c'est l'histoire de développement du mouvement en faveur des droits des animaux.

L'apparition de la notion d'être sensible dans **la loi du 10 juillet 1976 du code rural français; Article L214.1**: Tout animal étant un être sensible doit être placé par son propriétaire dans des conditions compatibles avec les impératifs biologiques de son espèce.

**RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE (1997)** Traité d'Amsterdam De « biens marchands » dans le traité de Rome, en 1957, les animaux sont devenus des « êtres sensibles » : « Lorsqu'ils forment et mettent en oeuvre la politique de l'Union dans les domaines de l'agriculture, de la pêche, des transports, du marché intérieur, de la recherche et du développement technologique et de l'espace, l'Union et les États membres tiennent pleinement compte des exigences du bien-être des animaux en tant qu'êtres sensibles »

Le projet européen Welfare Quality (2006-2010) permet la mise en place d'un protocole d'évaluation du bien-être animal.

Création d'un portail sur le bien-être animal (2009) par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**).

Aussi, **la loi du 16 février 2015**, elle introduit quant à elle le concept d'animaux êtres vivants « doués de sensibilité » dans le code civil français.

Stratégie de la France pour le bien-être animal (2015-2020). 20 actions prioritaires sont identifiées. Par exemple, le sexage des embryons dans l'œuf ou la désignation de personnes référentes du bien-être animal dans les abattoirs.

Création en France du Centre national de référence français sur le bien-être animal (CNR, 2017) et de la Chaire bien-être animal (VetAgro Sup) en partenariat avec le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Création du premier Centre européen de référence sur le bien-être animal (2018).

**PROPOSITIONS DE LOIS 2020-2021 (2020)**, 2 propositions de lois sont discutées en France, une loi contre la souffrance animale et une loi visant à améliorer le bien-être des animaux de compagnie (**Anonyme 1, 2020**).

## **2. Généralités sur le BIEN-ÊTRE**

Le bien-être est un concept multidimensionnel et plusieurs définitions ont été proposées (**Masonand Mendl, 1993**).

Le bien-être peut se définir comme un état d'harmonie entre l'animal et l'environnement dans lequel il évolue, aboutissant à une parfaite santé mentale et physique (**Hughes, 1976**).

La notion d'ajustement de l'animal à son milieu peut être intégrée à cette définition.

Le niveau de bien-être dépend des efforts que l'animal doit fournir pour s'adapter à son environnement, si ces efforts sont trop « coûteux » pour l'animal, alors le niveau de bien-être sera faible (**Broom, 1991**).

### **Certains auteurs proposent des définitions :**

**Fraser (1997)** propose trois principes pour définir le bien-être: l'absence de souffrance (douleur, peur, soif, faim), le fonctionnement normal de l'organisme (absence de maladie, de blessures) et l'expression d'émotions positives (confort, expressions de comportements de l'animal) (**figure 1**).

En plus de ces définitions, des définitions plus opérationnelles ont été proposées, qui décrivent les paramètres à mesurer et les méthodes utilisées pour obtenir des évaluations du bien-être.

Par exemple, les cinq libertés (**FAWC, 1992 In OIE, 2010**).

Ce sont des besoins physiques, sanitaires, comportementaux, environnementaux et psychologiques de l'animal, et le respect de ces besoins peut conduire à un animal en bonne santé.

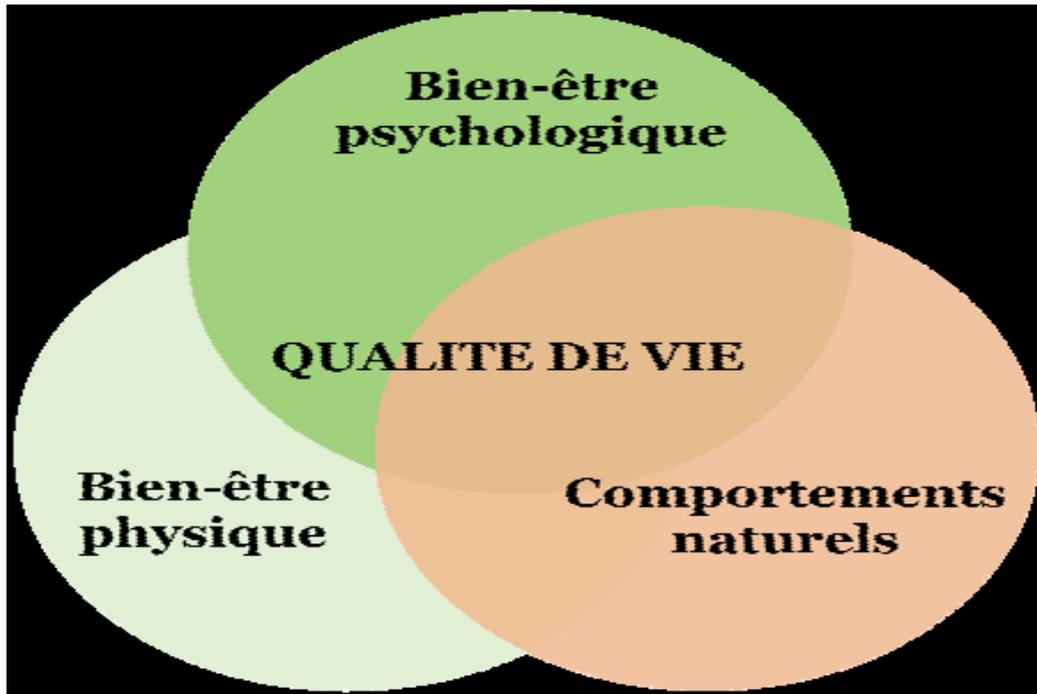
- Absence de faim, de soif et de malnutrition.
- Absence d'inconfort physique.
- Absence de douleur, de blessure et de maladie.
- Possibilité d'exprimer des comportements normaux de l'espèce.
- Absence de peur et de détresse.



**Figure 1** : Nombreux animaux dormant en dehors de l'aire de couchage montrent un défaut de bien-être (**Mounier, 2010**)

La réglementation européenne actuelle repose largement sur le respect de ces cinq libertés. Plus récemment, dans le cadre du projet européen sur la qualité du bien-être, des chercheurs ont proposé une définition et une méthodologie pour les mesures opérationnelles du bien-être animal. Dans Quality of Welfare, quatre grands principes ont été choisis pour représenter les principales dimensions du bien-être animal, permettant une évaluation holistique du bien-être animal. ILS s'appliquent à toutes les espèces en particulier les bovins et à toutes les périodes de la vie et peuvent répondre à quatre questions principales (**Botreau et al., 2007**)

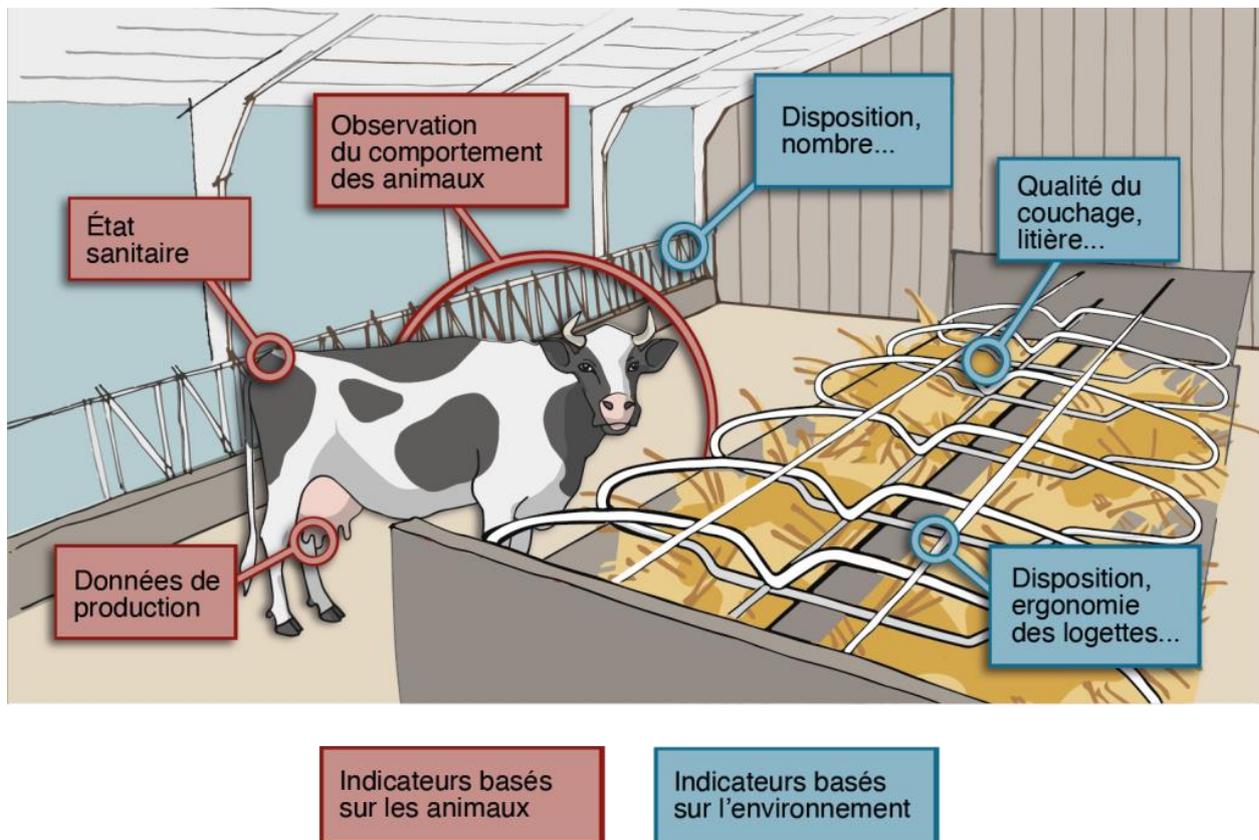
- les animaux sont-ils suffisamment nourris et l'approvisionnement en eau est-il suffisant ?
- les animaux sont-ils correctement logés ?
- les animaux sont-ils en bonne santé ?
- les animaux expriment-ils des comportements reflétant les états émotionnels optimisés (absence d'émotions négatives, présence d'émotions positives) ?



**Figure 2** : Quatre grands Principes du bien-etre des animaux (**Fraser, 2008**).

Ces quatre principes (**figure 2**) sont déclinés en douze critères plus précis, qui permettent de distinguer des dimensions distinctes du bien-être animal bien que liées à la même aire fonctionnelle (exemple: le principe « Bonne alimentation » est composé des critères d'absence de faim et de soif des animaux).

Sur le terrain, les 12 critères sont évalués par des mesures validées scientifiquement selon leur pertinence, faisabilité, répétabilité et reproductibilité. Elles sont relevées directement sur les animaux, sur le matériel et par l'intermédiaire d'un questionnaire à l'éleveur. Pour les vaches laitières, 33 mesures sont relevées (**Welfare Quality, 2009**).



**Figure 3 :** Deux grandes catégories d'indicateurs appliqués au confort de couchage chez les bovins laitiers (*Sabine li, 2022 in anonyme 2*).

## 2.1 définition du bien-être animal

Le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif (**figure 3**), lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal (**Anses, 2018 in anonyme 3**).

Elle doit être lue de manière à concerner tous les animaux sensibles, quels que soient leur espèce, race, sexe, stade de développement, degré de domestication et le contexte dans lequel ils sont affectés par les humains. Cette démarche permet d'explorer de façon approfondie le bien-être et la qualité de vie d'un animal. Cependant, elle demeure indirecte parce que nous ne pouvons pas accéder directement à l'état mental de l'individu, mais nous essayons de l'inférer à partir de ses réponses comportementales, physiologiques et neurobiologiques. Aussi faut-il se prémunir du risque d'anthropomorphisme, à savoir d'exprimer une vue humaine de ce que l'animal éprouve (**Nagel, 1974**).

## 2.2 COMMENT LE BIEN-ÊTRE ANIMAL PEUT-IL ÊTRE MESURÉ ?

Pour améliorer le bien-être des animaux de ferme, il faut pouvoir l'évaluer. Or, l'évaluation du bien-être animal est complexe, ce concept étant multidimensionnel (**Broom et al., 2000, Fraser, 1995**) et ne pouvant être évalué qu'indirectement.

Pour évaluer le bien-être animal, de nombreuses méthodes ont vu le jour ces 15 dernières années (**Bartussek et Leeb, 2000; Bracke et al., 2002; Sundrum et Rubelowski, 2001**).

Depuis la fin des années 1990, on assiste à un intérêt renouvelé et croissant pour la mesure du bien-être subjectif de la part des économistes. Cette problématique s'est désormais imposée comme une question légitime en économie, comme en témoigne la profusion de livres et d'articles publiés dans des revues prestigieuses (**Kahneman et al., 2006**).

Concernant les élevages bovins, plusieurs études ont été menées pour valider des indicateurs en lien avec le bien-être directement sur l'animal. Ainsi, ont été réalisées et développées des scores d'état corporel en lien avec le statut alimentaire (**Burkholder, 2000**), des scores de boiterie (**Whay, 2003**), des scores de lésions du jarret (**Wechsler et al., 2000**) et une évaluation du tempérament des animaux en lien avec la distance de fuite (**Purcell et al., 1988; Fisher et al., 2000**).

Ces indicateurs basés sur l'animal peuvent être combinés afin d'obtenir une évaluation du bien-être dans une ferme (**Mouttotou et al., 1999; Capdeville et Veissier 2001; Leeb et al., 2001**).

**Chapitre II :**  
**Les méthodes d'évaluation du bien-être**

# 1. Le projet Welfare Quality

## 1.1 Présentation du projet

Le projet Welfare Quality est un projet européen regroupant 44 instituts de recherches et universités de 20 pays, dont la plupart sont européens.

L'objectif final, comme le résume le coordinateur du projet, Harry Blokhuis, « est de disposer d'une méthodologie permettant en quelques heures d'attribuer une note incontestable du bien-être animal valable de la Grèce à la Finlande ». Il s'agit donc pas seulement, de développer des standards européens d'évaluation en ferme du bien-être animal, mais aussi d'envisager des stratégies et des mesures pratiques permettant de l'améliorer.

Il devient alors nécessaire de pouvoir évaluer de façon harmonisée le niveau de bien-être des animaux, au moins entre les différents pays européens. C'était l'ambition du projet européen Welfare Quality (**Mounier, 2010**).

## 1.2 Principes, Critères et Mesures

La méthode Welfare Quality repose sur l'évaluation de quatre grands principes qui doivent être respectés, indépendamment les uns des autres, pour garantir le bien-être des animaux : « bonne alimentation », « bon logement », « bonne santé » et « possibilité d'exprimer des comportements appropriés ». Ces quatre principes sont divisés en 12 critères plus précis (**tableau 1**), chaque principe comportant deux à quatre critères. Par exemple, le principe « bonne alimentation » comporte deux critères: « absence de faim prolongée » et « absence de soif prolongée » (**Winckler et al., 2007**).

Les 12 critères sont appréciés par 33 mesures, chaque critère comportant une à plusieurs mesures. Par exemple, la mesure associée à « l'absence de faim prolongée » est basée sur l'état corporel des animaux (pourcentage de vaches très maigres).

**Tableau 1** : Principes et critères utilisés par Welfare Quality pour l'évaluation du bien-être en élevage **(Le Point Vétérinaire, 2010)**.

|                        |                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alimentation adaptée   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Absence de faim prolongée</li> <li>2. Absence de soif prolongée</li> </ul>                                                                                                    |
| Logement correct       | <ul style="list-style-type: none"> <li>3. Confort de couchage</li> <li>4. Confort thermique</li> <li>5. Facilité de déplacement</li> </ul>                                                                              |
| Bonne santé            | <ul style="list-style-type: none"> <li>6. Absence de blessures</li> <li>7. Absence de maladie</li> <li>8. Absence de douleur causée par les pratiques d'élevage</li> </ul>                                              |
| Comportement approprié | <ul style="list-style-type: none"> <li>9. Expression de comportements sociaux</li> <li>10. Expression des autres comportements</li> <li>11. Bonne relation homme-animal</li> <li>12. État émotionnel positif</li> </ul> |

### 1.3 Les indicateurs du bien être chez les vaches laitières

Le recours à ces indicateurs et à des valeurs seuils appropriées doit être adapté aux différentes situations rencontrées dans l'élevage des bovins laitiers **(tableau 2)**. Ces critères peuvent être considérés comme un outil de contrôle des effets imputables à la conception et à la conduite de l'élevage, dans la mesure où ces deux paramètres peuvent influencer sur le bien-être animal **(OIE, 2021)**.

**Tableau 2 : Indicateurs du bien-être des bovins laitiers (OIE, 2021 )**

|                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Comportement                                                                          | Certains comportements peuvent indiquer un problème de bien-être animal. On peut citer la diminution de la prise de nourriture, les pathologies de l'appareil locomoteur et les troubles de la posture et autres comportements anormaux.                                                                                                                                                                                                                                               |
| Taux de morbidité                                                                     | Les taux de morbidité, en y incluant les maladies infectieuses et les troubles métaboliques, les boiteries qui dépassent des seuils déterminés, sont susceptibles d'être des indicateurs directs ou indirects du niveau de bien-être animal dans l'ensemble du cheptel. La compréhension de l'étiologie des maladies ou des syndromes est importante pour détecter les problèmes éventuels de bien-être animal.                                                                        |
| Taux de mortalité et taux de réforme                                                  | Les taux de mortalité et de réforme affectent la durée de la vie productive et comme le taux de morbidité, sont susceptibles de constituer des indicateurs directs ou indirects du niveau de bien-être animal. Selon les systèmes de production, les taux de mortalité et de réforme peuvent être estimés en analysant les mortalités et les réformes et leur distribution dans le temps et dans l'espace.<br>L'autopsie est utile pour établir les causes de la mort chez les bovins. |
| Modification du poids corporel, de la condition physique et de la production laitière | Chez les animaux en croissance, une variation de poids s'écartant du taux de croissance attendu, en particulier une perte de poids soudaine et excessive, est un indicateur de mauvaise santé ou d'atteinte au bien-être animal.<br>Les performances ultérieures, incluant la production laitière et la fertilité, des génisses de remplacement peuvent être compromises par une sous-alimentation ou une suralimentation aux différents stades de l'élevage.                          |
| Efficacité de la reproduction                                                         | L'efficacité de la reproduction peut être un indicateur de l'état de santé et de bien-être des animaux. De mauvaises performances à ce niveau, comparativement aux valeurs cibles pour la race considérée, peuvent indiquer des problèmes de bien-être animal.<br>On peut citer à titre d'exemple :<br>– anoestrus ou période de post-partum prolongée,<br>– faibles taux de conception,<br>– taux élevé d'avortements.                                                                |
| Aspect physique                                                                       | L'aspect physique est susceptible d'être un indicateur de l'état de santé et de bien-être des animaux. Parmi les paramètres de l'aspect physique pouvant indiquer un problème de bien-être, peuvent être cités :<br>– la présence d'ectoparasites,<br>– la chute ou les anomalies de couleur ou de texture des poils.                                                                                                                                                                  |
| Réactions aux manipulations                                                           | Des manipulations inadaptées peuvent entraîner peur et détresse chez les bovins. Les indicateurs incluent les éléments suivants :<br>– les signes de mauvaise relation à l'homme, tels qu'une distance de fuite excessive,<br>– les comportements négatifs à l'heure de la traite, tels que la réticence à pénétrer dans la salle de traite, les coups de sabot ou les vocalisations,<br>– les animaux heurtant les systèmes de contention ou les portillons.                          |

## 1.4 Calcul de scores reflétant le niveau de bien être

Le protocole Welfare Quality comporte une méthode de calcul de scores reflétant le niveau de bien-être (**Botreau, 2008**). Au sein d'un critère, les résultats des mesures sont agrégés pour calculer un score de critère. De la même manière, au sein de chaque Principe, les scores de critères sont agrégés pour calculer un score de principe.

Le score de chacun des critères et des principes est exprimé sur une échelle de 0 à 100, où 0 correspond à la pire situation que l'on puisse obtenir et 100 au meilleur score possible (**tableau 3**).

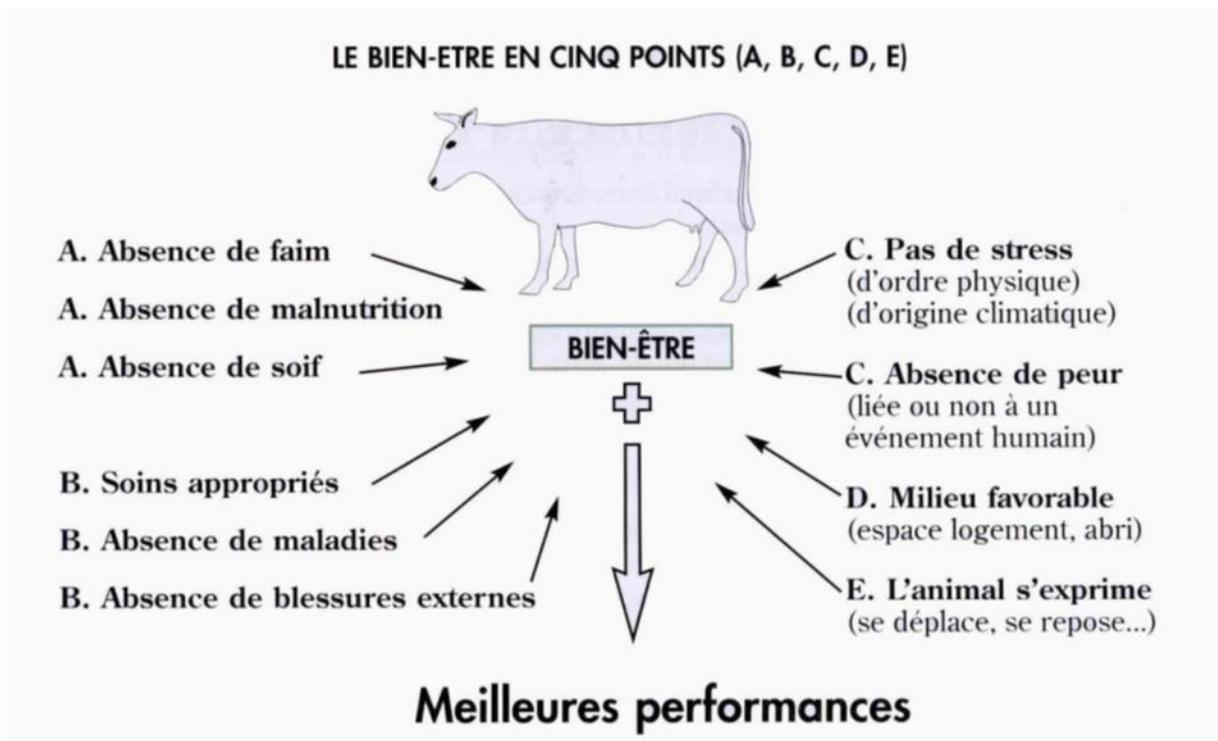
L'ensemble des scores de principes permet de classer l'élevage dans une catégorie reflétant le niveau global de bien-être des animaux dans cet élevage.

**Tableau 3** : Niveau du bien-être (Principe/Critère) en fonction du score obtenu (**Botreau, 2008**).

| Score du Principe ou du Critère | Niveau de bien-être du Principe ou du Critère |
|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| $100 \geq \text{Score} > 80$    | Excellent                                     |
| $80 \geq \text{Score} > 55$     | Bon                                           |
| $55 \geq \text{Score} > 20$     | Acceptable                                    |
| $20 > \text{Score}$             | Faible                                        |

## 1.5 Les cinq libertés du bien-être animal

Cet outil est basé aussi sur les 5 libertés fondamentales (figure 4), définies par le Farm Animal Welfare Council, depuis 1992 :



**Figure 4 :** Bien-être animal en cinq points (A B C D E) (anonyme 4).

**Liberté 1 :** Ne pas souffrir de faim et soif

Accès à de l'eau fraîche en quantité (nombre et dimension des abreuvoirs) et en qualité suffisante (état de propreté), ainsi que l'accès à une nourriture adéquate assurant la bonne santé et la vigueur des animaux.

**Liberté 2 :** Ne pas souffrir de contrainte physique

Environnement lumineux, comportant des abris et une aire de repos confortable, de taille suffisante.

**Liberté 3 :** Ne pas souffrir de douleurs, de blessures et de maladies (**figure 5**) ;

Prévention, diagnostic rapide et traitements adaptés sont les maîtres-mots de l'éleveur, qui est dans l'obligation de respecter la Charte des Bonnes Pratiques d'Élevage et les normes sanitaires avec une gestion stricte des carnets vétérinaires et pharmacie d'élevage.



**Figure 5 : Vache boiteuse (Delacroix, 2008).**

**Liberté 4 :** Avoir la liberté d'exprimer des comportements appropriés à l'espèce;

Contact permanent avec d'autres congénères.

**Liberté 5 :** Ne pas éprouver de peur ou de détresse.

Conditions d'élevage et pratiques n'induisant pas de souffrances psychologiques

Ces cinq libertés proposent donc une liste des besoins physiologiques comportementaux, sanitaires, environnementaux, et même psychologiques des animaux (**anonyme 5**).

## **1.6 Les objectifs du projet**

Welfare Quality est un projet européen de recherche centré sur l'intégration du bien-être des animaux dans les filières alimentaires de qualité. Le projet a pour objectifs de concilier les attentes sociétales et les besoins des marchés, de développer des systèmes fiables d'appréciation du bien-être des animaux en ferme et d'information sur les produits, et de mettre au point des solutions permettant de résoudre des problèmes spécifiques de bien-être (**keeling, 2004**).

## **2. Évaluation du bien-être des bovins à l'aide du cortisol capillaire**

Le bien-être peut être évalué à l'aide de différentes méthodes telles que la gestion, les ressources et les mesures basées sur les animaux (**Welfare Quality, 2009**).

Une autre façon d'évaluer le bien-être consiste à utiliser des glucocorticoïdes, en particulier le cortisol, pour mesurer les réponses au stress (**Cook, 2012**).

## 2.1 Pourquoi utilise-t-on le cortisol en particulier ?

Une Comparaison a été faite entre des scores de bien-être et des concentrations de cortisol dans des échantillons de poils mélangés à l'aide du protocole d'évaluation Welfare Quality pour évaluer si les deux méthodes sont cohérentes chez les vaches laitières **(Vesel et Pavić 2019)**. Le cortisol, aussi parfois appelé l'hormone du stress, est une hormone glucocorticoïde. Son taux sanguin est contrôlé par l'axe hypothalamo-hypophysio-surrénalien (HPA). Dans un organisme, le cortisol présente une activité catabolique avec un métabolisme accéléré du glucose, des graisses et des protéines **(Sjaastad et al., 2010)**.

Les niveaux de cortisol sanguin augmentent avec l'adaptation métabolique en raison de l'activité élevée de l'axe HPA pendant le stress.

Étant donné que le cortisol est libéré en réponse au stress **(Sjaastad et al., 2010)**, il est de plus en plus utilisé comme biomarqueur du stress chez les animaux **(Romero, 2004)**.

La relation entre l'activité de l'axe HPA et la concentration de cortisol capillaire a été confirmée chez les vaches laitières et les veaux **(Gonzalez-de-la-Vara Mdel et al., 2011)**.

Contrairement aux concentrations de cortisol dans le sang, la salive, les matières fécales, l'urine et le lait, les concentrations de cortisol dans les cheveux sont un marqueur de stress chronique pendant des semaines ou des mois **(Meyer et Novac., 2012)**.

## 2.2 Le mécanisme par lequel le cortisol est incorporé dans les poils

Le mécanisme exact par lequel le cortisol est incorporé dans les poils n'est pas encore entièrement compris. On pense que la principale source d'incorporation est l'apport vasculaire pendant la croissance des poils, de plus le cortisol peut être incorporé dans les poils à partir des tissus environnants et éventuellement des fluides tels que la sueur et le sébum. Certaines études rapportent que le follicule pileux lui-même est une source potentielle de synthèse de cortisol, mais la plupart des auteurs pensent que le cortisol capillaire reflète les niveaux systémiques **(Meyer et Novak, 2012)**.

## 2.3 Pendant l'échantillonnage la concentration du cortisol est elle affectée ?

Il est peu probable que les concentrations de cortisol capillaire soient affectées par le traitement et les changements physiologiques ou aigus quotidiens pendant l'échantillonnage **(Mastromonaco et al., 2014)**.

Il est important de souligner que le prélèvement capillaire est non invasif et simple et indolore **(Mesarcova et al., 2017)**.

De plus, les poils peuvent être conservés à température ambiante **(Gow et al., 2010)** et seule une petite quantité de poils est nécessaire pour l'analyse **(Stalder et Kirschbaum, 2012)**.

En raison de ces avantages, le cortisol capillaire semble être un biomarqueur non invasif très prometteur du bien-être animal et a été impliqué dans l'hébergement, la gestion et la manipulation des animaux (**Heimbürge et al., 2019**).

## 2.4 Facteurs fixes affectant la concentration du cortisol capillaire

### 2.4.1 Facteur de l'âge

Certaines études suggèrent un effet de l'âge sur la concentration de cortisol dans les poils (**tableau 4**), par exemple, les vaches Busha matures avaient une concentration plus élevée que les génisses Busha (**Nedić et al., 2017**).

Les vaches Busha vivent dans des conditions environnementales difficiles, qui pourraient inhiber la perte de poils chez les vaches (**Nedic et al., 2017**).

Par conséquent, les vaches qui ont subi des provocations chroniques peuvent avoir des concentrations de cortisol plus élevées que les génisses en raison des différences d'âge des poils.

D'autre part, les génisses de 15 jours avaient des concentrations de cortisol capillaire plus élevées que les vaches de 2 ans, ce qui peut être le résultat d'une stimulation de l'axe hypophyso-surrénalien fœtal plus tard au cours de la gestation (**González-de-la-Vara Mdel, et al., 2011**).

**Tableau 4** : Facteurs affectant les niveaux de cortisol capillaire chez les bovins (**Ghassemi et al., 2016**).

| facteur              | Concentration de cortisol dans les poils                                                            |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| age                  | plus élevé chez les veaux de 15 jours, mais plus faible chez les génisses que chez les vaches       |
| La parité des vaches | légèrement supérieur chez les vaches multipare                                                      |
| Race                 | Supérieur chez les vaches Holstein                                                                  |
| Environnement        | plus faible chez les vaches busha et les parties distales des cheveux en raison de l'irradiation UV |
| saison               | Superieur pendant la période chaude                                                                 |
| région               | Élevé au niveau de l'attache de la queue                                                            |
| Couleur des poils    | Differents résultats                                                                                |

### 2.4.2 Facteur de la parité

Dans une étude de **Burnett et al. (2014)**, les concentrations de cortisol capillaire étaient légèrement plus élevées chez les vaches multipares par rapport aux vaches primipares.

Ces résultats vont à l'encontre de l'idée que les vaches primipares subissent plus de stress en raison des changements pendant la transition (**Burnett et al., 2014**), et suggèrent que les vaches plus âgées ne sont pas nécessairement mieux adaptées à la gestion du troupeau (**Talló-Parra et al., 2018**).

Dans l'ensemble, les changements liés à l'âge peuvent être dus à l'état physiologique plutôt qu'à l'âge lui-même.

### 2.4.3 Facteur de la race

Il a été rapporté que les concentrations de cortisol capillaire étaient affectées par la race. Chez les vaches laitières, les vaches Holstein-Frise ont des concentrations plus élevées dans les poils par rapport aux génisses F1 croisées entre les races Suédoise Rouge et Montbéliarde (**Perić et al., 2013**).

Les Holstein et les génisses présentaient également des concentrations plus élevées que les génisses Busha (**Nedić et al., 2017**), peut-être en raison d'une production laitière plus élevée et de systèmes de production intensifs, et donc d'une plus grande demande métabolique et du stress qui y est lié. Les concentrations de cortisol capillaire plus faibles des vaches Busha par rapport aux vaches Holstein pourraient également s'expliquer par l'effet de l'irradiation UV, qui a été rapporté par **Ghassemi et al (2016)**.

Cela peut être la raison pour laquelle les concentrations de cortisol sont plus élevées dans la partie proximale (près de la peau) du poil des vaches Busha au pâturage que dans la partie distale (**Nedić et al., 2017**).

### 2.4.4 Facteurs des saisons

En ce qui concerne l'effet des saisons, les concentrations les plus élevées ont été trouvées dans les poils collectés en juin, suivis de décembre, mars et septembre. Chez les vaches des régions au climat plus frais du Japon, les différences de concentration de cortisol dans les poils de mars à juin étaient plus élevées que chez les vaches des régions au climat chaud au cours de la même période, peut-être en raison d'un manque d'adaptation thermique (**Braun et al., 2017**).

Dans une étude de **Perić et al. (2017)**, les vaches hébergées dans des enclos intérieurs présentaient des concentrations de cortisol capillaire significativement plus élevées entre août et octobre. Cette étude montre que le stress thermique entraîne une augmentation des concentrations capillaires de cortisol. Le stress thermique est en effet un problème de bien-être bien connu.

#### **2.4.5 Facteur des lieux de prélèvement**

Les concentrations de cortisol étaient plus élevées dans les poils prélevés sur l'attache de la queue par rapport aux poils prélevés sur les lignes du dos et de la croupe, et significativement plus élevées par rapport aux poils prélevés sur les épaules des vaches laitières **(Burnett et al., 2014)**.

Dans une étude sur des bovins de boucherie, les poils de l'attache de la queue étaient plus concentrés que les poils du cou et de la croupe et les poils de la tête et des épaules **(Moya et al., 2013)**.

Les poils de l'attache de queue poussent 10 fois plus vite que les poils des hanches et des épaules **(Burnett et al., 2014)**.

Selon les auteurs il faut plus de sang pour que les poils de l'attache de la queue poussent, ce qui signifie qu'ils sont plus exposés au cortisol dans le sang qui pourrait être incorporé dans les poils.

#### **2.4.6 Facteur de la couleur de la robe**

Certaines études ont trouvé des concentrations plus élevées dans les cheveux blanc par rapport aux cheveux noirs, tandis qu'une autre étude a trouvé le contraire. Aucune différence dans la concentration des cheveux noirs et blancs n'a été trouvée **(Talló-Parra et al., 2015)**.

Dans des conditions de stress thermique, des concentrations de cortisol capillaire plus faibles ont été détectées chez les vaches avec plus de 85 % de couleur de pelage blanc par rapport aux vaches avec plus de 80 % de couleur de pelage noir. ILS ont conclu que les vaches Holstein à pelage blanc étaient plus résistantes au stress thermique. selon les auteures Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour élucider l'effet de la couleur des cheveux sur les concentrations de cortisol capillaire **(Ghassemi et al., 2016)**.

## 2.5 Études du cortisol capillaire chez les bovins dans différentes conditions de stress

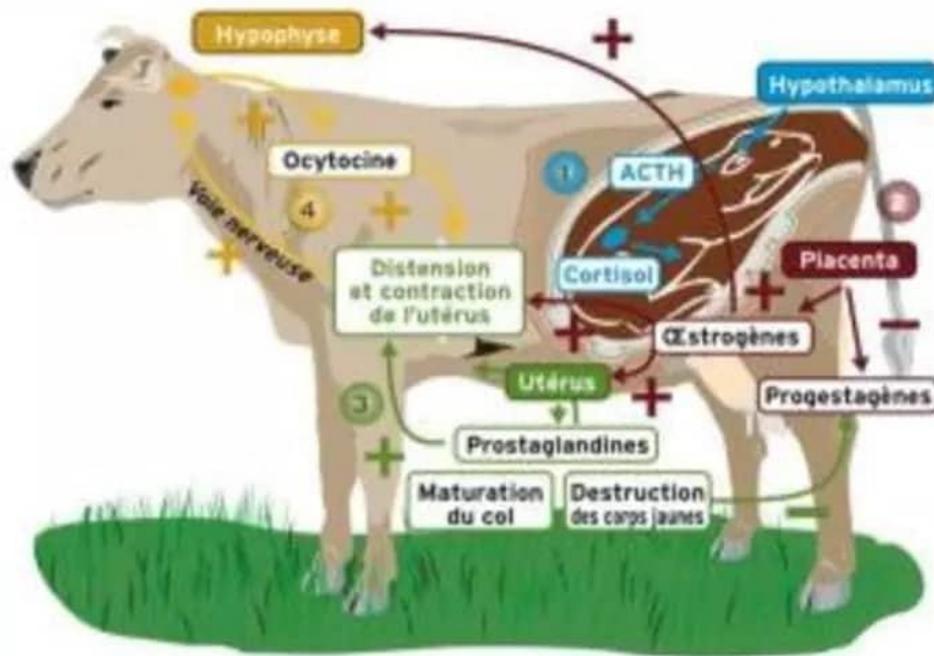
**Tableau 5 :** Relation entre différents facteurs et la concentration de cortisol capillaire chez les bovins (Schubach et al., 2017).

| Facteur                     | La concentration du cortisol dans les cheveux                          |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Gestation                   | concentration supérieure reflétant le troisième trimestre de gestation |
| Phase de lactation          | Plus élevé au début de lactation                                       |
| Maladies                    | Plus élevé chez les vaches malades                                     |
| Ectoparasites               | plus élevé si non traité pendant la période chaude                     |
| bcs                         | Resultats variable                                                     |
| Changements d'environnement | Plus élevé en raison de changements d'environnement                    |
| Densité de peuplement       | plus élevé chez les animaux à densité de peuplement plus élevée        |
| Rendement laitier           | plus élevé chez les vaches à faible rendement laitier                  |

### 2.5.1 La relation entre les différentes conditions de stress et la concentration de cortisol capillaire chez les bovins

#### A. Gestation, parturition et lactation

Des niveaux plus élevés de cortisol capillaire ont été détectés dans les poils des vaches à la parturition (**figure 6**) Par rapport aux vaches non gestantes (reflétant la fin de la gestation) et dans d'autres Aucune différence n'a été observée entre les vaches gestantes et non gestantes dans l'étude (**Burnett et al., 2015**).



**Figure 6** : Processus hormonal conduisant à la mise-bas (anonyme 6).

Les vaches en bonne santé avaient des concentrations de cortisol capillaire plus faibles que les vaches qui ont vêlé un mois avant l'échantillonnage. Ces résultats confirment que la période de transition, la fin de la gestation et le début de la lactation, est une période stressante pour les vaches (Braun et al., 2015).

Des concentrations plus élevées ont été détectées le jour du vêlage et au jour 21 post-partum par rapport aux mesures ultérieures chez les vaches multipares (Burnett et al., 2015).

## B. Les maladies

Dans une étude de Burnett et al., (2015) des concentrations plus élevées de cortisol dans les poils ont été détectés chez des vaches atteintes de maladies récentes telles que la mammite clinique (tableau 5), la métrite clinique, la transposition de déplacement de la caillette, la rétention placentaire, la fièvre de lait, la cétose clinique et la boiterie chronique.

Cependant, les animaux diagnostiqués avec une endométrite subclinique étaient impossibles à distinguer des vaches en bonne santé (burnett et al., 2015).

Dans une autre étude, des différences ont également été détectées entre des vaches en bonne santé et des vaches ayant récemment souffert d'une maladie (mammite, métrite ou fourbure) (Comin et al., 2013).

Les différences entre les vaches saines et malades n'ont pas été trouvées dans l'étude de Talló-Parra et al. (2018) peut être en raison d'interventions vétérinaires rapides, qui ont raccourci l'évolution de la maladie et diluer la période de la maladie dans des échantillons de cheveux

âgés de 2 mois. Une classification plus sensible concernant le type de maladie et sa gravité manquait.

Dans une étude de **Fischer-Tenhagen et al. (2018)** aucune corrélation n'a été observée entre la boiterie chronique et le cortisol capillaire.

Une corrélation significative a été trouvée pour la mammite subclinique (**Comin et al., 2013**), Une faible relation a été détectée dans l'étude entre le nombre de cellules somatiques et la concentration de cortisol capillaire (**Talló-Parra et al., 2018**), tandis que dans d'autres études, la connexion entre le nombre de cellules somatiques et le cortisol capillaire n'a pas été détectée (**Burnett et al., 2015**).

Dans l'ensemble, la plupart des études montrent un lien entre une concentration plus élevée de cortisol capillaire et des vaches cliniquement compromises. Des concentrations plus élevées de cortisol capillaire chez les vaches malades suggèrent que ces animaux étaient également soumis à un stress à long terme, entraînant une sensibilité accrue à différentes maladies (**Comin et al., 2013**).

Une concentration plus élevée de cortisol dans les poils pourrait donc être un indicateur de maladies futures et, d'autre part, un indicateur d'états pathologiques subcliniques, qui ne sont généralement pas détectés rapidement, ce qui signifie que les vaches souffrent de stress pendant une période plus longue. La méthodologie d'échantillonnage des poils est cruciale pour une évaluation correcte du bien-être et de la maladie dans de telles circonstances.

### **C. L'ectoparasiticide**

Dans une étude de **Nedić et al. (2018)** des concentrations inférieures de cortisol capillaire ont été trouvées chez les vaches traitées avec l'ectoparasiticide par rapport aux vaches non traitées aux jours 21 (juillet) et 42 (août) après le premier traitement. Les résultats indiquent et confirment que l'infestation ectoparasitaire est stressante (problème de bien-être) pour les vaches et peut être diminuée en utilisant l'ectoparasiticide.

### **D. Nombre de parité et score corporel**

Les vaches multipares minces (<2,75 sur une échelle de 1 à 5) avaient des niveaux de cortisol capillaire inférieurs à ceux des vaches avec un score d'état corporel (BCS) modéré (>2,75) et moyen (2,75), tandis que les différences entre les BCS n'étaient pas détectées chez les vaches primipares (**Burnett et al., 2015**).

### **E. La faim**

Une corrélation négative modérée a été trouvée entre le BCS moyen et la concentration de cortisol capillaire à l'échelle d'une ferme (**Vesel et Pavić, 2019**). Cela suggère que la faim est une condition stressante pour les vaches et influence la concentration de cortisol capillaire, mais nous pouvons également supposer que les vaches avec un BCS inférieur ont une condition subclinique qui a provoqué une concentration plus élevée de cortisol capillaire.

## F. Le stress environnemental

Des études indiquent que la concentration de cortisol capillaire est affectée par le stress environnemental, tel que le changement de logement, l'alimentation, la routine du troupeau, le changement de structure sociale et autres. La concentration de cortisol dans les poils a augmenté du jour 7 au jour 40 après le début du pâturage et est restée constante jusqu'au jour 70 après le pâturage, ce qui indique un stress lié au changement des conditions hivernales en intérieur aux conditions de haute montagne en été (changement de groupes sociaux, d'alimentation, de logement, transports) **(Comin et al., 2011)**. De même, dans une étude de **Perić et al. (2017)** la concentration de cortisol capillaire a augmenté au cours du premier mois de pâturage.

Au cours du deuxième mois de pâturage, les concentrations étaient similaires aux concentrations de poils des vaches gardées à l'intérieur, ce qui suggère que les animaux se sont adaptés à un nouvel environnement, à une alimentation différente et à une activité physique accrue. Une augmentation significative de la concentration de cortisol a été trouvée dans les échantillons de cheveux du dernier mois de pâturage, ce qui reflétait la période où les vaches paissaient sur des pâturages à une altitude plus élevée après la relocalisation. L'augmentation de la concentration de cortisol dans les cheveux pourrait être due à des pâturages pauvres en nutriments et à un bilan énergétique négatif. **Talló-Parra et al. (2018)** n'a pas réussi à démontrer un changement de la concentration de cortisol après le changement de stress social qui en résulte en raison d'un nouvel environnement, peut-être en raison de la courte durée de l'événement stressant.

## G. La densité de peuplement

Les concentrations de cortisol capillaire des veaux de boucherie élevés dans deux systèmes de production différents en matière de bien-être animal (concernant la densité de peuplement et l'accès à un espace extérieur et au pâturage) n'étaient pas statistiquement significativement différentes entre les deux groupes **(Braun et al., 2019)**.

Dans l'étude sur les génisses de boucherie, des concentrations plus élevées de cortisol ont été détectées dans les poils d'animaux gardés dans des enclos secs avec une densité de peuplement de 14 m<sup>2</sup> /génisse par rapport aux animaux gardés sur des pâturages avec une densité de peuplement de 2,5 ha/génisse au jour 98 après répartition **(Schubach et al., 2017)**, montrant que la densité de peuplement peut influencer la concentration de cortisol capillaire.

## H. La production laitière

Certaines études ont détecté une relation négative entre la production de lait et les niveaux de cortisol capillaire **(Burnett et al., 2015)**.

Cela suggère que le stress peut entraîner une baisse de la production de lait ou que les animaux étaient mal nourris et étaient dans un état catabolique. La comparaison des concentrations de

cortisol dans les poils de 2 mois à toute la période de lactation et a également révélé une forte corrélation négative (**Talló-Parra et al., 2018**).

## 2.5.2 Méthode d'échantillonnage et d'analyse

Afin de pouvoir détecter des concentrations plus élevées de cortisol dans les poils en raison de facteurs de stress spécifiques, le temps d'échantillonnage est important (**Talló-Parra et al., 2018**).

Le cortisol incorporé dans les poils pendant la période d'étude doit être analysé à l'aide de la méthode shave-re-shave (**Heimbürge et al., 2019**) (avant le début de la période d'étude et après la fin de l'expérience) (**Meyer et Novak 2012**) La méthode consiste à raser une certaine zone au début de l'étude, en écartant cet échantillon de poils de l'analyse. Après une période d'intérêt, les poils repoussés sont rasés à nouveau (**Meyer et al., 2012**).

Dans la tige pileuse Un délai d'une à deux semaines doit être considéré car le cortisol se dépose initialement dans les racines pileuses situées juste sous la surface de la peau (**Russel et al., 2012**).

La longueur des poils doit être prise en compte lors de l'évaluation d'une période de temps spécifique (**Talló-Parra et al., 2018**).

Les poils de l'attache de la queue poussent à un rythme de  $0,51 \pm 0,05$  mm/jour, ce qui est plus de 10 fois plus rapide que la croissance des poils sur les fesses et les épaules.

Pour refléter les périodes biologiquement importantes chez les vaches laitières en lactation, telles que les périodes de transition, un taux de croissance élevé des poils est une condition préalable (**Burnett et al., 2014**).

Dans une étude de **Burnett et al. (2014)**, les poils blancs de l'attache de la queue avaient une concentration plus élevée que les poils blancs d'autres zones.

Dans une étude sur des bovins de boucherie, les poils de la queue présentaient des concentrations plus élevées de cortisol et étaient plus fortement associés au cortisol salivaire et fécal que les poils dans d'autres régions (**Moya et al., 2013**).

Pour cette raison, la zone d'échantillonnage préférée semble être l'interrupteur de queue. Pour éviter la contamination par le sang, les poils ne doivent pas être tirés, mais coupés ou rasés près de la peau (**Meyer et Novak, 2012**).

Les poils peuvent être stockés dans un endroit sombre à température ambiante pour éviter les effets possibles de l'exposition aux UV (**Wester et al., 2016**).

Dans une étude de **Vesel et Pavić (2019)**, les échantillons de poils ont dû être nettoyés manuellement en raison de la contamination par la saleté et les matières fécales pour éviter une éventuelle mesure du cortisol fécal.

Il y a probablement un dépôt de cortisol sur la tige du poil provenant de la salive, de la sueur et du sébum (**Meyer et Novak, 2012**).

Il a été estimé que 21 % du cortisol total du poil chez les vaches Holstein et 32 % du cortisol total du poil chez les vaches Busha se trouvent à la surface du poil (**Nedić et al., 2017**). Parce que le cortisol se diffuse dans ces fluides à partir de la circulation sanguine, et que la concentration est influencée par le stress aigu.

Pour évaluer le stress chronique, la salive, la sueur et le sébum doivent être retirés de la surface des poils avant l'analyse.

L'isopropanol a été reconnu comme un solvant efficace des stéroïdes et est donc de préférence utilisé pour le traitement des poils (**Davenport et al., 2006**).

Les concentrations de cortisol étaient plus élevées dans les cheveux non lavés que dans les cheveux lavés avec de l'isopropanol (**Nedić et al., 2017**).

Après le lavage, il est indiqué d'utiliser des ciseaux pour couper les poils en petits morceaux (1 mm) ou en poudre. Les concentrations sont plus élevées dans les poils poudrés que dans les poils hachés de bovins (**Burnett et al., 2014**).

Les poils peuvent être placés dans de l'azote liquide et broyés dans un mortier à l'aide d'un pilon (**Vesel et Pavić, 2019**) ou un broyeur à boulets.

Le méthanol est normalement utilisé comme solvant pour l'extraction du cortisol. Il provoque un gonflement des poils, une diffusion du cortisol et une solubilisation.

Après évaporation du solvant, l'extrait capillaire est reconstitué dans un milieu approprié, comme le tampon PBS.

La concentration de cortisol peut être analysée par EIA, RIA, immunoessais chimioluminescents, spectrométrie de masse HPLC et HPLC avec détection de fluorescence (**Meyer et Novak, 2012**).

Le RIA a été utilisé pour analyser le cortisol chez les vaches laitières à l'aide d'un test de validation.

La validation complète de l'EIA chez les bovins de boucherie a été achevée, et la reproductibilité et la fiabilité acceptables de l'EIA pour la détection des concentrations capillaires de cortisol chez les bovins laitiers ont été démontrées (**Talló-Parra et al., 2015**).

Une expérience de **Vesel et Pavić (2019)** a révélé que la détection du cortisol capillaire chez les vaches laitières par ELISA est efficace.

Les méthodes de collecte, de préparation et d'analyse doivent être entièrement validées pour les bovins laitiers afin d'être utilisées dans la pratique quotidienne. Des différences individuelles élevées ont été trouvées entre les vaches dans plusieurs études (**Comin et al., 2013**), mais aussi les concentrations moyennes de cortisol analysées diffèrent considérablement entre les différents rapports.

À notre connaissance, il n'existe pas de valeurs de référence pour les niveaux normaux de cortisol ou de seuils chez les bovins qui différeraient entre les animaux stressés et non stressés. Dans une étude de **Vesel et Pavić (2019)** les concentrations de cortisol étaient plus élevées par rapport à d'autres études (**Comin et al., 2011**). Cependant, ils sont similaires aux résultats de **Nedić et al. (2017)**. Cela pourrait être dû à l'utilisation de protocoles d'échantillonnage et d'analyse similaires ou différents pour la détection du cortisol capillaire et renforce le besoin de normalisation.

### **2.5.3 La concentration de cortisol capillaire reflète-t-elle le score du protocole d'évaluation du bien-être?**

Dans une étude de **Vesel et Pavić (2019)** les scores de bien-être de 8 fermes (avec 180 à 470 vaches laitières) évalués par le protocole d'évaluation Welfare Quality et les concentrations de cortisol capillaire dans des échantillons regroupés (de 17 à 33 vaches laitières sélectionnées au hasard dans les troupeaux évalués) ont été comparés à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson. Il n'y avait aucune preuve réelle de concordance: des concentrations moyennes de cortisol plus faibles n'ont pas été détectées dans les échantillons de poils regroupés provenant d'exploitations ayant obtenu de meilleurs scores à l'aide du protocole d'évaluation Welfare Quality. Cela pourrait être interprété dans le contexte d'une étude montrant que le stress chronique peut entraîner une diminution de l'activité de l'axe HPA dans certaines circonstances, concernant le facteur de stress et la réponse individuelle (**Miller et al., 2007**).

Cela pourrait être la raison pour laquelle dans les élevages avec les scores de bien-être les plus bas, où les vaches étaient censées être soumises à un stress à long terme, les concentrations de cortisol n'étaient pas plus élevées par rapport aux autres élevages.

Toute fois, une corrélation négative modérée avec la concentration de cortisol capillaire a été détectée pour les critères de bien-être « Absence de faim prolongée » et « Absence de douleur induite par les procédures de gestion ». La limite de l'étude est que seules 8 exploitations ont été étudiées et testées pour la corrélation de ces deux variables. De plus, l'échantillon de vaches dont les poils ont été prélevés était petit (en moyenne 8 % du troupeau).

## **3. Les accéléromètres**

Des technologies émergent dans le cadre de l'élevage de précision pour améliorer l'efficacité de la conduite de l'élevage (**Rutten et al., 2016**) et le suivi de la santé et du bien-être (**Medria Solutions, 2020**).

Plusieurs types de capteurs ont été utilisés dans la littérature pour surveiller le comportement des animaux (**Delagarde et al., 1999**) mais les accéléromètres portables semblent actuellement les plus prometteurs de ces capteurs .

### **3.1 Définition**

Les accéléromètre sont un outil d'aide à l'amélioration du bien-être développés à l'origine comme outils d'aide à la détection de chaleur, les changements de comportement sont bien

reconnus comme un indicateur de blessure (p. ex. Boiterie); (**González et al., 2008**) ou une mauvaise santé (par exemple, une maladie métabolique ou infectieuse);(**Itlé et al., 2015; Neave et al., 2018**) et peut être utilisé pour détecter l'œstrus (**Dolecheck et al., 2015**).

### 3.2 Utilisation

La prédiction du vêlage a été réalisée en utilisant le temps de rumination tel que mesuré par un accéléromètre auriculaire, un accéléromètre pour les jambes (temps allongé et épisodes allongés) et en combinaison avec des variables d'un capteur vaginal (température). Les données combinées de ces trois capteurs ont donné une sensibilité de 77 % et une spécificité de 77 % (**Ouellet et al., 2016**).

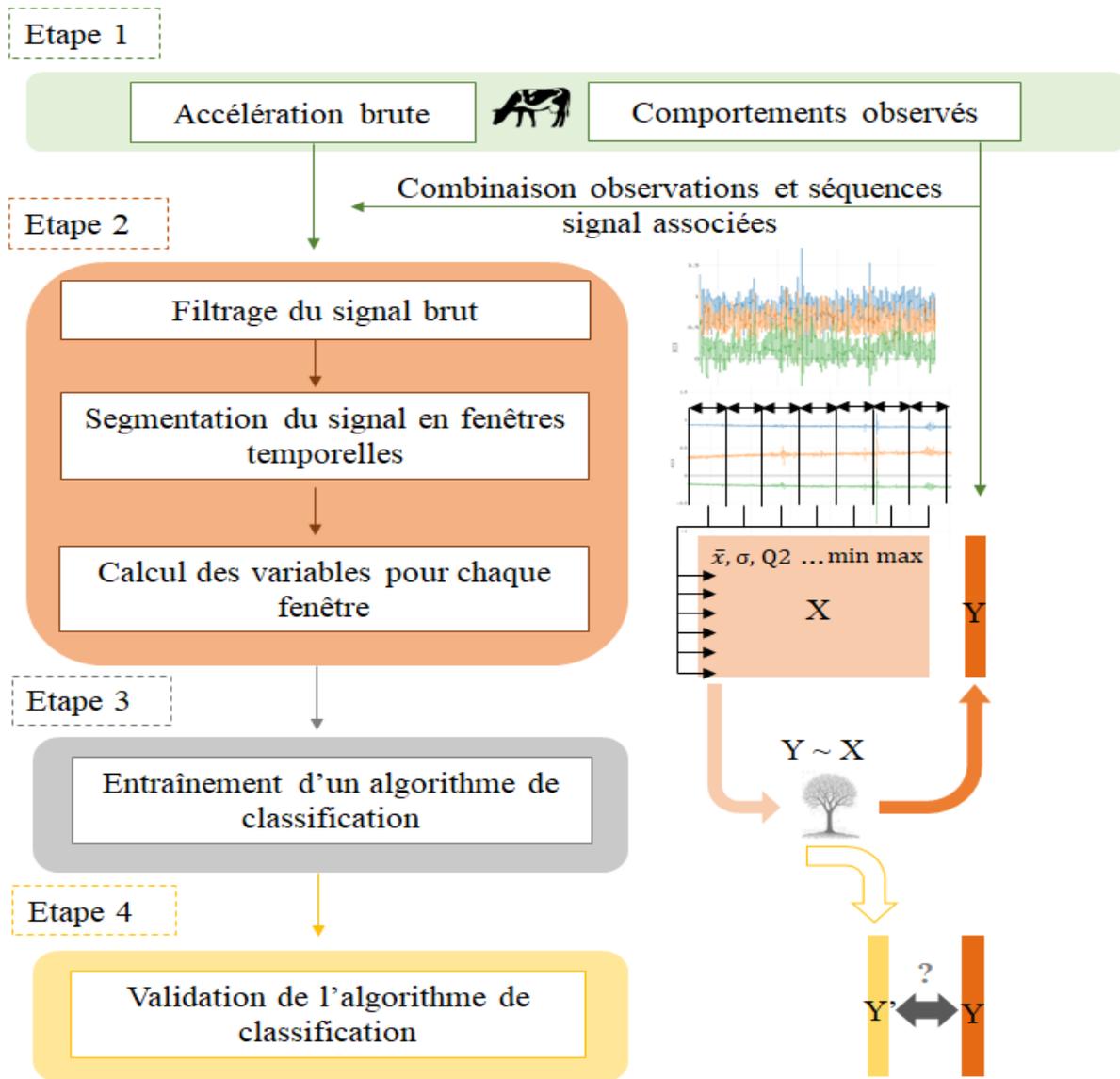
Les niveaux d'activité des bovins laitiers au pâturage ont été enregistrés avec un accéléromètre à collier et utilisés pour détecter les épisodes de chaleur. Une forte augmentation de ces niveaux d'activité mesurés par accéléromètre était associée à des événements de chaleur enregistrés et dérivait d'une précision de 82 à 100 % dans la détection des événements de chaleur (**Shahriar et al., 2016** ).

Une augmentation du nombre de pas a été constatée pendant l'œstrus (**Silper et al., 2015**).

Bien que les comportements courants des ruminants puissent être prédits de manière relativement précise (par exemple, se nourrir, ruminer, se reposer, se déplacer, se coucher, se tenir debout), certains autres comportements sont plus difficiles à prédire. Ces derniers comprennent ceux qui ont tendance à être rarement étudiés. Par exemple, les comportements de transition tels que « se coucher » et « se lever » sont souvent mal prédits (**Martiskainen et al., 2009, Vázquez Diosdado et al., 2015**).

### 3.3 Technique d'utilisation

Tous les composants électroniques du collier ont été configurés pour fonctionner en mode basse consommation, pour minimiser la consommation d'énergie et prolonger la durée de vie de la batterie. La revue de **Brown et al. (2013)** met en exergue la méthodologie la plus fréquemment utilisée pour obtenir des comportements d'animaux à partir de données d'accéléromètres. Celle-ci s'envisage généralement en quatre étapes, comme illustré dans la (**Figure 7**). La première étape vise à collecter des données brutes à partir d'un accéléromètre embarqué sur l'animal. Les animaux sont également observés en parallèle de façon à coupler le signal de l'accéléromètre enregistré avec les activités observées. La seconde étape consiste à traiter le signal de l'accéléromètre afin d'extraire des variables pertinentes qui seront utilisées à l'étape suivante pour entraîner un algorithme de classification. Enfin, la dernière étape vise à valider le modèle calibré.



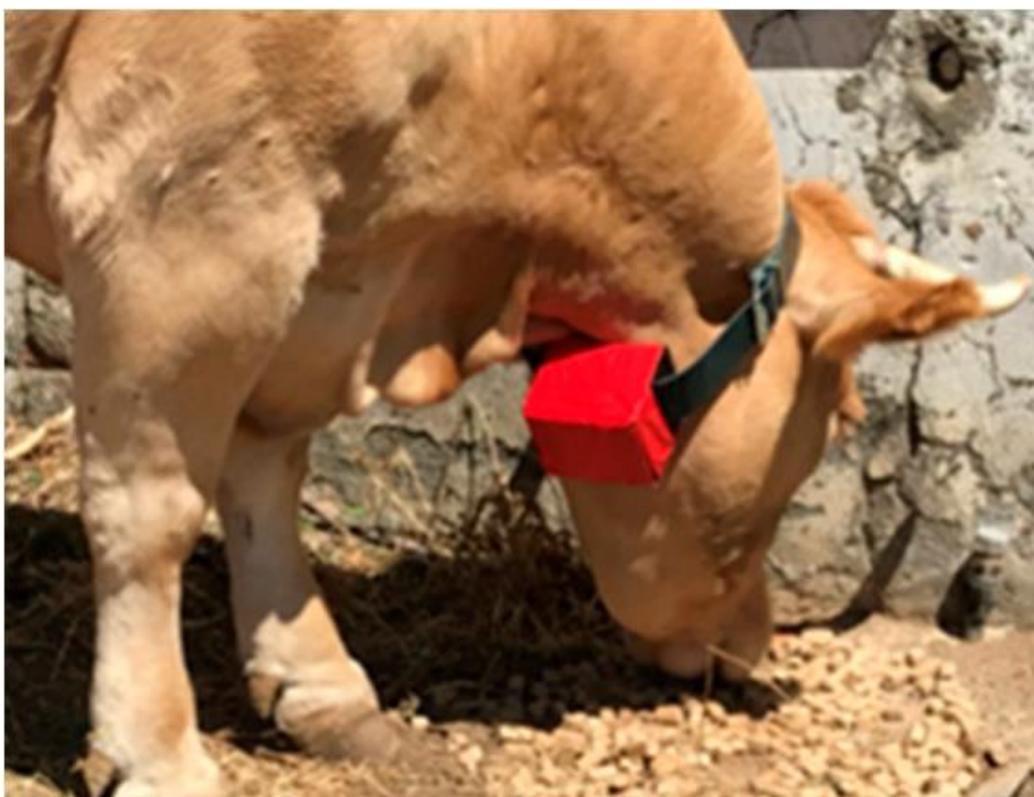
**Figure 7 :** Méthodologie pour classifier des comportements de ruminants à partir de données d'accéléromètres brutes (Brown et al., 2013).

### 3.4 Positionnement du capteur sur les animaux

Des accéléromètres ont été fixés à différentes positions sur le corps des ruminants, principalement autour du cou (figure 8) à l'aide d'un collier (Smith et al., 2016), sur la patte à l'aide d'un ruban adhésif (Robert et al., 2009) ou sur l'oreille à l'aide d'une étiquette (Fogarty et al., 2020).

Les autres positions principales sont sous la mâchoire (Watanabe et al., 2008) ou sur le côté de la tête à l'aide d'un licol (Kour et al., 2018) ou sur le dos à l'aide d'un harnais ou d'un adhésif (Lush et al., 2018).

Les positions restantes ne représentaient que 4% de toutes les études et impliquaient le garrot à l'aide d'une ceinture ou d'un patch (Abell et al., 2017) ou réticulum à l'aide d'un capteur de bolus sensible au mouvement (Hamilton et al., 2019).



**Figure 8** : Collier avec ceinture placé sur le cou de la vache (González-Sánchez et al., 2021).

### 3.5 Détection de troubles de santé

**Tableau 6** : Exemple de performances de détection de troubles de santé par l'accéléromètre (Stongorerro et al., 2016 in anonyme 7, 2021)

| Pathologie                                  | Sensibilité de détection | Intervalle entre l'alerte de l'outil de monitoring et le constat d'un problème chez le bovin par l'éleveur |
|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Déplacement de caillette (n=41)             | 98%                      | -3                                                                                                         |
| Cétose (n=54)                               | 91%                      | -1.5                                                                                                       |
| Indigestion (n=9)                           | 89%                      | -0.5                                                                                                       |
| Mammite clinique (n=123)                    | 58%                      | -0.5                                                                                                       |
| Mammite clinique avec trouble associé (n=9) | 89%                      | -1.5                                                                                                       |
| Mammite a E coli (n=31)                     | 55%                      | -0.4                                                                                                       |
| Mérite (n=349)                              | 55%                      | -1.2                                                                                                       |
| Mérite avec trouble associé (n=27)          | 78%                      | -1.3                                                                                                       |

### 3.6 L'évaluation du niveau de stress thermique ressenti

Les conséquences technico-économiques du stress thermique subi par les bovins peuvent être rapidement importantes; baisse d'ingestion, d'immunité, de fertilité... La maîtrise de ce stress est donc un réel enjeu pour les éleveurs mais reste délicate car le niveau de stress est lui-même difficile à appréhender. Le monitoring permet néanmoins aujourd'hui d'en évaluer l'impact et donc d'aider à la mise en place de solutions d'atténuation du stress thermique (solutions matérielles) ou de son impact (pratiques d'élevage). La mesure de l'hyperventilation, comportement de régulation de la température corporelle, quand elle est disponible, en fonction du système de monitoring utilisé, permet d'évaluer les moments d'apparition (à l'échelle de la journée ou de l'année) et l'intensité du stress thermique (total des minutes d'hyperventilation), à l'individu ou au troupeau. Le niveau de 10% des animaux manifestant ce comportement à un instant t constitue notamment le seuil d'apparition de l'hyperthermie (**Bar et al., 2019 in anonyme 7, 2021**).

## Conclusion et Recommandations

Les bovins ne sont pas seulement des machines de production, mais aussi des êtres vivants qui ont également besoin d'attention. Y prêter attention ne sera pas une perte de temps ou d'argent, mais plutôt une augmentation de la qualité et de la quantité de leur produits, et donc une augmentation du profit.

La santé physique, des niveaux de production satisfaisants ou l'absence de stress ne suffisent pas. Les sentiments de l'animal doivent également être pris en compte, des sentiments subjectifs désagréables tels que la dépression, la détresse et des signes d'expression émotionnelle positive doivent être recherchés.

Le monde se rend compte maintenant que les sentiments des animaux sont importants pour non seulement améliorer la qualité de la production mais aussi parce qu'ils sont des êtres vivants.

Une attention particulière a été portée aux bases scientifiques de la notion de bien-être, qui repose sur les caractéristiques psychiques des animaux, êtres sensibles et conscients.

Ce domaine devra être pris en compte et développé à l'avenir, en Algérie, spécifiquement pour évaluer le bien-être des bovins.

## Références bibliographiques

**Abell , Theurer, ME. Larson, RL. White, BJ. Hardin, DK. Randle RF (2017)** Prédire les événements comportementaux des taureaux dans un pâturage à plusieurs taureaux avec analyse vidéo, accéléromètres et algorithmes de classification Calcul. Électron. Agric. , 136 , p. 221 - 22

**Anonyme 1 :**

[https://chaire-bea.vetagro-sup.fr/chronologie-du-bien-etre-animal-faits-marquants/?fbclid=IwAR3wU8h04r9oPOJv\\_FyltDZu7FAtSJQzTZbtSGLza\\_k7mp5WZQ1iXC7PW9Y](https://chaire-bea.vetagro-sup.fr/chronologie-du-bien-etre-animal-faits-marquants/?fbclid=IwAR3wU8h04r9oPOJv_FyltDZu7FAtSJQzTZbtSGLza_k7mp5WZQ1iXC7PW9Y)

**Anonyme 2 :**

[/https://chaire-bea.vetagro-sup.fr/comment-evaluer-le-bien-etre-animal](https://chaire-bea.vetagro-sup.fr/comment-evaluer-le-bien-etre-animal)

**Anonyme 3 :**

<https://www.laventureduvivant.fr/le-bien-etre-animal-quest-ce-que-cest>

**Anonyme 4 :**

<https://www.gdscreuse.fr/?p=5107>

**Anonyme 5 :**

[/https://www.ciwf.fr/animaux-delevage/quest-ce-que-le-bien-etre-animal](https://www.ciwf.fr/animaux-delevage/quest-ce-que-le-bien-etre-animal)

**Anonyme 6 :**

<https://www.reussir.fr/bovins-viande/quand-arrive-lheure-du-velage>

**anonyme 7 :**

[/https://www.msd-sante-animale.fr/msd-mag/monitoring-outil-aide-amelioration-bien-etre](https://www.msd-sante-animale.fr/msd-mag/monitoring-outil-aide-amelioration-bien-etre)

**Bartussek H., Leeb C. & Held S., 2000.** Animal Need Index for cattle ANI 35 L /Cattle. 20.

**Botreau, R. Veissier, I. Butterworth, A. Keeling (2007),** Définition des critères d'évaluation globale du bien-être animal.

**Botreau R. 2008.** Evaluation Multicritère du bien-être animal (exemple des vaches laitières en ferme). Thèse doctorat. Institut des sciences et institut du vivant de l'environnement (Agro Paris tech), France 393.

**Bourdon J.P., 2003.** Recherche agronomique et bien-être des animaux d'élevage. Histoire et Sociétés rurales, Suppl., 19, 221-239.

**Broom D. M. Animal welfare 1991:** concepts and measurements. *Journal of Animal Science*, 69 4167–4175.

**Broom D.M., Johnson K.G., 2000.** *Kluwer Academic Publishers.* 211p

**Braun, U, Michel, N, Baumgartner, MR, Hässig, M and Binz, TM., (2017)** Cortisol concentration of regrown hair and hair from a previously unshorn area in dairy cows. *Research in Veterinary Science* 114, 412–415.

**Braun, U, Wiest, A, Lutz, T, Riond, B, Stirn, M, Hilbe, M, Baumgartner, MR and Binz, TM., (2019)** Hair cortisol concentration in veal calves reared under two different welfare production labels. *Research in Veterinary Science* 123, 286–292.

**Brown, D.D., Kays, R., Wikelski, M., Wilson, R., Klimley, A.P., 2013.** Observing the unwatchable through acceleration logging of animal behavior. *Anim. Biotelemetry* 16.

**Burnett, TA, Madureira, AML, Silper, BS and Nadalin, A., (2014)** Short communication: factors affecting hair cortisol concentrations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 97, 7685–7690.

**Burnett, TA, Madureira, AM, Silper, BF, Tahmasbi, A, Nadalin, A, Veira, DM and Cerri, RL., (2015)** Relationship of concentrations of cortisol in hair with health, biomarkers in blood, and reproductive status in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98, 4414–4426.

**Burkholder, WJ. 2000**

Use of body condition scores in clinical assessment of the provision of optimal nutrition. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 217, 650-654.

**Comin, A, Prandi, A, Perić, T, Corazzin, M, Dovier, S and Bovolenta, S., (2011)** Hair cortisol levels in dairy cows from winter housing to summer highland grazing. *Livestock Science* 138, 69–73.

**Cook, NJ (2012)** : milieux d'échantillonnage mini-invasifs et mesure des corticostéroïdes en tant que biomarqueurs de stress chez les animaux. *Journal canadien des sciences animales* 92, 227 – 259.

**Comin, A, Perić, T, Corazzin, M, Veronesi, MC, Meloni, T, Zufferli, V, Cornacchia, G and Prandia, A., (2013)** Hair cortisol as a marker of hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation in Friesian dairy cows clinically or physiologically compromised. *Livestock Science* 152, 36–41.

**Davenport, MD, Tiefenbacher, S, Lutz, CK, Novak, MA and Meyer, JS., (2006)** Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques. *General and Comparative Endocrinology* 147, 255–261.

**Delagarde, J.-P. Caudal, J.-L. Peyraud (1999)** Développement d'un débitmètre automatique pour le bétail au pâturage *Annales de Zootechnie*, 48 (5), 329 – 339.

**Delacroix M., 2008.** Les maladies de l'appareil locomoteur. Article. 4ed. P.797. 2855571499.

**Dolecheck K.A., Silvia W.J., Heersche Jr., G., Chang Y.M., Ray D.L., Stone A.E., Wadsworth B.A., Bewley J.M. 2015** Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies, 98 8723-8731.

**Fraser D., 1995.** *Animal Welfare*, 4, 103-117

**Fraser, D. Weary, D M. Pajor, E A. Milligan, B N. (1997)** A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns *Animal Welfare* 6: 187-205.

**Fraser D., 2008.** Understanding animal welfare. *Acta Veterinaria Scandinavica*, vol. 50, n° 1,. 937-945.

**Fischer-Tenhagen, C, Ladwig, M, Heuwieser, W and Thöne-Reineke, C., (2018)**

Short communication: is hair cortisol a potential indicator for stress caused by chronic lameness in dairy cows? *Journal of Dairy Science* 101, 5439–5443.

**González L.A., Tolkamp B.J., Coffey M.P., Ferret A., Kyriazakis I. 2008** Changes in feeding behavior as possible indicators for the automatic monitoring of health disorders in dairy cows, 91:1017–1028.

**González-Sánchez, C.; Sánchez-Brizuela, G.; Cignal, A.; Fraile, J.-C.; Pérez-Turiel, J.; Fuente-López, E.d.l. 2021** Prediction of Cow Calving in Extensive Livestock Using a New Neck-Mounted Sensorized Wearable Device: A Pilot Study. *Sensors*, 21, 8060.

**González-de-la-Vara Mdel, R, Valdez, RA, Lemus-Ramirez, V, Vázquez-Chagoyán, JC, Villa-Godoy, A and Romano, MC., (2011)** Effects of adrenocorticotrophic hormone challenge and age on hair cortisol concentrations in dairy cattle. *Canadian Journal of Veterinary Research* 75, 216–221.

**Ghassemi Nejad , J , Kim , BW , Lee , BH et Sung , KI ( 2016 )** Couleur du pelage et des poils : taux de cortisol et de sérotonine dans les poils de vaches Holstein en lactation dans des conditions de stress thermique . *Journal des sciences animaux*

**Hamilton , C. Davison , C. Tachtatzis , I. Andonovic , C. Michie , H. Ferguson , L. Somerville , N.**

**Heimbürge, S, Kanitz, E and Otten, W., (2019)** The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology* 270, 10–17.

**Hughes B.O 1976..** Behaviour as an index of welfare. In 5th European Poultry conference, 1005–1018, Malta.

**Itle A.J. Huzzey J.M. Weary D.M. von Keyserlingk M.A.G 2015.** Clinical ketosis and standing behavior in transition cows, 98 128-134.

**Kahneman, D. Krueger A.B. (2006) :** *Developments in The Measurement of Subjective Well-Being*, *Journal of Economic* 20(1),3-24.

**Keeling. (2004) Principes et critères pour le bien-être des animaux d'élevage**

[http://www.welfarequality.net/media/1055/wq\\_factsheet\\_10\\_07\\_090428-fr-2.pdf](http://www.welfarequality.net/media/1055/wq_factsheet_10_07_090428-fr-2.pdf)

**Kour , Patison KP , Corbet NJ , Swain DL ( 2018 )** Validation de l'utilisation d'un accéléromètre pour mesurer le comportement d'allaitement chez les veaux de boucherie du nord de l'Australie Appl. Comportement animal. Sci. , 202 , 1 – 6.

**Le Point Vétérinaire n° 307 du (2010)** Évaluation du bien-être selon la méthode Welfare Quality

**Lily I., Marie S., (2016).** Introduction de la notion de bien-être animal au sein de l'OIE : Historique-actualités-perspectives. Thèse de doctorat en vétérinaire. Ecole National vétérinaire d'Alfort : Faculté de médecine de Créteil, 78.

**Lush , Wilson RP , Holton MD , . Hopkins P, Marsden KA , Chadwick DR, King AJ (2018)** Classification des événements de miction des moutons à l'aide d'accéléromètres pour faciliter les mesures améliorées des contributions du bétail aux émissions d'oxyde nitreux Calcul. Électron. Agric. , 150 , p. 170 – 177.

**Mason, G. and Mendl, M.1993** Why is there no simple way of measuring animal welfare ? *Animal Welfare*, 2 :301–319.

**Mounier, L. de Boyer des Roches, A. Veissier, I., (2010)** Évaluation du bien-être selon la méthode Welfare Quality.

[https://www.researchgate.net/publication/341773079\\_Evaluation\\_du\\_bien-etre\\_selon\\_la\\_methode\\_Welfare\\_QualityR/link/5edf7ba892851cf1386c1f21/download](https://www.researchgate.net/publication/341773079_Evaluation_du_bien-etre_selon_la_methode_Welfare_QualityR/link/5edf7ba892851cf1386c1f21/download)

**Medria Solutions [Document WWW], 2020.** Bouquet Farmlife : Entrez dans la nouvelle ère du monitoring

**Meyer, J.S.; Novak, M.A., (2012).** Minireview: Hair cortisol: A novel biomarker of hypothalamic-pituitary-adrenocortical activity *Endocrinology* 153(9):4120-7.

**Moya, D, Schwartzkopf-Genswein, KS and Veira, DM., (2013)** Standardization of a non-invasive methodology to measure cortisol in hair of beef cattle. *Livestock Science* 158, 138–144.

**Mouttotou et al., 1999, Capdeville et Veissier, 2001, Leeb et al., 2001** Ces indicateurs basés sur l'animal peuvent être combinés afin d'obtenir une évaluation du bien-être dans une ferme.

**M.T. Keane A. Madouasse<sup>g</sup>S. Couvreur<sup>f</sup>A.F. Smeaton<sup>e</sup>L. Shalloo<sup>c d</sup>L. Riaboff<sup>a c</sup> al. 2022**

Predicting livestock behaviour using accelerometers: A systematic review of processing techniques for ruminant behaviour prediction from raw accelerometer data  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016816992100627X>

**Nagel T., 1974.** What Is It Like to Be a Bat? *Philos. Rev.*, 83, 435-450.

**Neave, HW ; Lomb, J.; Fatigúé, DM ; LeBlanc, SJ; Huzzey, JM; von Keyserlingk 2018,** MAG Changements de comportement avant le diagnostic de métrite chez les vaches laitières, *101* , 4388–4399.

**Nedić, S, Pantelić, M, Vranješ-Đurić, S, Jovanović, L, Čebulj-Kadunc, N, Kobal, S, Snoj, T and Kirovski, D., (2017)** Cortisol concentrations in hair, blood and milk of Holstein and Busha cattle. *Slovenian Veterinary Research* 54, 163–172.

**Nedić, S, Kirovski, D, Vujanac, C, Prodanović, R, Jovanović, L, Kobal, S and Snoj, T., (2018)** Preventing ectoparasite infestations reduces glucocorticoid concentrations in the hair of cows – short communication. *Acta Veterinaria Hungarica* 66, 390–393.

**Norwood, b. Lusk, J. (2011)** *Économie du bien-être animal* , vol. 33, 463-483

**OIE (2010)** Code sanitaire pour les animaux terrestres. Volume 1. Dispositions générales. Dix Neuvième.

**OIE (2021)** - Code sanitaire pour les animaux terrestres. bien-être animal dans les systèmes de production des bovins laitiers.

**Ouellet, V. Vasseur, E. Heuwieser, W. Burfeind, O. Maldague , X. Charbonneau, E. 2016**

Évaluation des indicateurs de vêlage mesurés par des dispositifs de surveillance automatisés pour prédire le début du vêlage chez les vaches laitières Holstein *J. Dairy Sci.* , 99 .

**Perić, T, Comin, A, Corazzin, M, Montillo, M, Cappa, A, Campanile, G and Prandi, A., (2013)** Hair cortisol concentrations in Holstein-Friesian and crossbred F1 heifers. *Journal of Dairy Science* 96, 3023–3027.

**PURCELL, D. ARAVE, C. WALTER, J. 1988**

Relationship of three measures of behaviour to milk production. *Applied Animal Behaviour Science* 21, 307-313.

**Rutten , W. Steeneveld , JCM Vernooij , K. Huijps , M. Nielen , H. Hogeveen (2016)** Un modèle pronostique pour prédire le succès de l'insémination artificielle chez les vaches laitières sur la base de données facilement disponibles *J. Dairy Sci.* , 99 ( 8 ) , 6764 – 6779

**Romero , LM ( 2004 )** Stress physiologique en écologie : leçons de la recherche biomédicale . *Tendances en écologie et évolution* 19 , 249 – 255

**Robert. White, BJ. Locataire, DG. Larson, RL. ( 2009 )** Évaluation d'accéléromètres tridimensionnels pour surveiller et classer les modèles de comportement chez les bovins *Calcul. Électron. Agric.* , 67 ( 1-2 ), p. 80 – 84

**Shahriar, Smith, D. Rahman, A. Freeman, M. Hills, J. Rawnsley, R. Henry, D. Bishop-Hurley , G. 2016** Detecting heat events in dairy cows using accelerometers and unsupervised learning

Comput. Electron. Agric., 128, 20\_28.

**Smith , Rahman , A. BishopHurley , GJ. Hills , J. Shahriar , S. Henry , D. Rawnsley R. ( 2016 )**

Classification comportementale des vaches équipées de colliers de mouvement : décomposer la classification multi-classes en un ensemble de problèmes binaires Calcul. Électron. Agric. , 131 , 40 – 50.

**Silper , Polsky, L. Luu, J. Burnett , TA. Rushen , J. De Passille, AM. ( 2015 )**, RL Cerri Mesures automatisées et visuelles du comportement œstral et de leurs sources de variation chez les génisses Holstein. II : modèles debout et couché Thériogénologie , 84.

**Sjaastad, OV, Hove, K and Sand, O., (2010)** Physiology of Domestic Animals: The Endocrine System. Oslo: Scandinavian Veterinary Press 804, pp. 247–249.

**Talló-Parra, O, Manteca, X, Sabes-Alsina, M, Carbajal, A and Lopez-Bejar, M., (2015)** Hair cortisol detection in dairy cattle by using EIA: protocol validation and correlation with faecal cortisol metabolites. Animal 9, 1059–1064.

**Talló-Parra, O, Carbajal, A, Monclús, L, Manteca, X and Lopez-Bejar, M., (2018)** Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production. Domestic Animal Endocrinology 64, 1–8.

**VEISSIER I., BOTREAU, R. PERNY P. (2010)** Évaluation multicritère appliquée au bien-être des animaux en ferme ou à l'abattoir . Difficultés et solutions du projet Welfare Quality INRA productions animals. 23(3),269-284.

<https://www.researchgate.net/publication/237063972> Evaluation multicritere appliquee au bien-etre des animaux en ferme ou a l'abattoir difficultes et solutions du projet Welfare Quality

**Vesel, U and Pavić, T., (2019)** Welfare assessment of dairy cows in large Slovenian farms using Welfare Quality® assessment protocol and hair cortisol measurement 87, 1-7.

**Watanabe. Sakanoue, S. Kawamura, K. Kozakai, T. (2008 )**

Développement d'un système de classification automatique des comportements alimentaires, ruminants et de repos des bovins à l'aide d'un accéléromètre Prairie Sci. , 54 ( 4 ) , 231 – 237.

**Wechsler, B. Schaub, J. Friedly, K. Hauser, K. 2000.**

Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. Applied Animal Behaviour Science 69, 189-197.

**Whay, D. Main, L. Green, and A.J.F. Webster 2003.** Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements : direct observations and investigation of farm records. *Veterinary Record*, 153 :197–202.

**Welfare Quality. (2009)** Assessment Protocol for Cattle. Welfare Quality RConsorsium. Lelystad, the Netherlands.

**Wester , VL , van der Wulp , NRP , Koper , JW , de Rijke , YB et van Rossum , EFC ( 2016 )** Le cortisol capillaire et la cortisone sont diminués par la lumière naturelle du soleil . Psychoneuroendocrinologie 72 , 94 – 96.

**Winckler C., Algers B., Boivin X., Butterworth A., Canali E., de Rosa G., Hesse N., Keeling L., Knierim U., Laister S., Leach K.A., Milard F., Minero M., Napolitano F., Schmied C., Schulze Westerath H., Waiblinger S., Wemelsfelder F., Whay H.R., Windschnurer I., Zucca D., (2007).** In: **Veissier, I., Forkman, B., Jones, B.** (eds), Proceedings of the second Welfare Quality stakeholder conference Assuring Animal Welfare: from Societal Concerns to Implementation 89 , 70-83.