



HAL
open science

Projet d'étude sur les brosses en élevage caprin laitier - Préférences des chèvres laitières vis-à-vis de différentes brosses et impact de l'accès aux brosses sur le bien-être des chèvres

Louise Deschrevel

► To cite this version:

Louise Deschrevel. Projet d'étude sur les brosses en élevage caprin laitier - Préférences des chèvres laitières vis-à-vis de différentes brosses et impact de l'accès aux brosses sur le bien-être des chèvres. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. hal-04211922

HAL Id: hal-04211922

<https://hal.inrae.fr/hal-04211922v1>

Submitted on 20 Sep 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Projet d'étude sur les brosses en élevage caprin laitier

Préférences des chèvres laitières vis-à-vis de différentes brosses et impact de l'accès aux brosses sur le bien-être des chèvres

Louise DESCHREVEL

Mémoire de fin d'études

Promotion 160 – 5^{ème} année

Spécialité Enjeux et Défis des Productions Animales

Année
2020-2021

Référents entreprise : Hugues CAILLAT (INRAE), Raphaëlle BOTREAU (INRAE),
Marie-Madeleine RICHARD (INRAE), Marianne BERTHELOT (ANSES)
Référent UniLaSalle : Dorothée BIZERAY-FILOCHE

Résumé

Le bien-être des animaux d'élevage est aujourd'hui l'une des attentes les plus importantes des consommateurs en France. Pour cela de nombreuses études ont été menées, particulièrement sur les porcs, les poules pondeuses et les vaches laitières afin de trouver des solutions pour améliorer leur confort physique et leur état mental. Ces études portent notamment sur la recherche et le développement d'enrichissements de milieu. Toutefois, à l'heure actuelle, très peu d'études se sont intéressées aux petits ruminants comme les chèvres.

C'est dans cette optique que cette étude traite de l'impact de l'utilisation des brosses sur le bien-être des chèvres laitières et les préférences de celles-ci vis-à-vis de ces enrichissements de milieu. L'objectif était de voir quelles sont les préférences des chèvres en termes de brosses et en termes de zones du corps que les chèvres préfèrent brosser, et propose également une approche des modifications comportementales qui peuvent être induites par l'ajout de brosses dans le milieu. Cette étude donne aussi une ébauche de résultats sur les différences d'utilisation des brosses selon l'accès ou non des chèvres au pâturage et traite enfin de l'utilisation d'accéléromètres pour enregistrer l'utilisation des brosses par les chèvres.

Ce projet a été mené sur deux périodes expérimentales (Mars et Juin 2021) sur deux lots de chèvres ayant les mêmes conditions d'élevage à la différence que l'un des lots est 100% du temps en bâtiment tandis que l'autre à accès au pâturage une grande partie de l'année. Dans cette étude, quatre brosses différentes, équipées de capteurs, ont été installées pour les deux lots. Ces brosses diffèrent par leur taille et leur sophistication (de la brosse fixe à la brosse automatique motorisée). Les résultats obtenus à l'issue des périodes expérimentales montrent que les chèvres préfèrent se brosser avec la brosse motorisée automatique. Ils montrent aussi que les brosses semblent réduire le temps que les chèvres passent debout inactives et font diminuer le nombre de fois où les chèvres se grattent contre l'environnement, sans que le nombre d'auto-toilettages varie. Les chèvres au pâturage utilisent visiblement presque autant les brosses que les chèvres en intérieur. Les capteurs et les algorithmes permettent d'enregistrer des données mais leur utilisation demande du temps pour les validations.

Mots-clés : Chèvres – Bien-être animal (BEA) – Brosses – Comportement – Enrichissement – Capteurs

Abstract

Nowadays, on-farm Animal Welfare is one of the most important expectations for consumers. In that way, many studies has been done, especially on pigs, laying hens and dairy cows, in order to improve their physical comfort and mental condition. These studies deals notably with research and development of environmental enrichments. However, small ruminants like goats are barely studied to improve their welfare.

This study deals with the impact of brushes on dairy goats welfare and their preferences on this type of environmental enrichment. It summarizes the goat's kind of brush preferences and the body area that the goats prefer to scratch. It also offers an overview of the behavioral modifications induced by brushes, a first draft of results on the use difference between goats raised indoor or with access to pasture and the utilization of accelerometer to record goat's manipulation of brushes

This trial has been driven on two experimental periods (2021, March and June) on two groups of dairy goats living in the same conditions apart from the access to a pasture. The first group stay a 100% inside the barn whereas the other can go outside during daytime. To investigate on the impact of brushes, for types of brushes has been hanged on the pens walls for both groups. These brushes differ by their size and sophistication (from simple static brush to automatic motorized brush). In this study, all brushes were equipped by sensors. The achieved results, by the end of the experimental periods show that goat's preferences for brushing are with the motorized brush. It also indicates that brushes seems to reduce the goat's inactive standing time and the number of scratching on environmental supports, when the number of autogrooming doesn't varies. The outdoor goats obviously use brushes nearly the same to indoor goats. And, sensors and algorithms can record data but their utilization is time demanding for construction and validation.

Key-words : Goats – Animal Welfare – Brushes – Behavior – Enrichment – Sensor

Remerciements

Ce stage a été une formidable expérience tant sur le plan scolaire et professionnel que sur le plan des rencontres humaines, je ne suis pas prête de l'oublier ! Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à ce projet si passionnant.

Je tiens donc tout d'abord à remercier mon maître de stage, Hugues CAILLAT, pour son accompagnement et pour m'avoir donné la chance de contribuer à cette étude sur le bien-être des chèvres de Lusignan. J'adresse également mes remerciements à la Région Nouvelle-Aquitaine qui a permis le financement de cette étude.

Je remercie énormément Raphaëlle BOTREAU et Marie-Madeleine RICHARD qui m'ont encadrées et aiguillées tout au long du stage, à distance comme en présentiel, avec beaucoup d'écoute et de bienveillance. Au-delà de nos relations professionnelles, j'ai également beaucoup aimé nos échanges informels, toujours empreints de bonne humeur !

Je remercie également chaleureusement Marianne BERTHELOT pour son aide très précieuse sur les observations sanitaires et ses conseils avisés sur l'ensemble des protocoles et des analyses réalisés.

Merci également à Bruno MEUNIER de m'avoir guidée avec beaucoup de patience et de clarté dans le suivi et l'extraction des données des accéléromètres mais aussi pour tout le travail de construction des algorithmes. Sur ce point, je tiens également à adresser mes remerciements à Christian BOISSEAU pour son aide indispensable lors de l'installation des brosses et des accéléromètres, ainsi que Quentin DELAHAYE pour le temps passé au dépouillement des données numériques.

Bien évidemment, cette étude n'aurait pu être possible sans l'aide de toute l'équipe de Patuchev : Benoit, Margot, Quentin, Chloé, Fabrice, Damien, sans oublier Méghan et Emma, qui ont toujours cherché à concilier tous les impératifs pour que chacun puisse travailler de façon confortable.

Enfin, bien-sûr, j'adresse un immense merci à ma famille et mes amis, pour leur soutien sans faille, leur écoute, leur disponibilité et leur patience. Maman, Angèle, Papa, mes grands-parents, Florent, les Courtois, Laurent et Marie-Hélène, sans oublier Mynno : je n'y serais jamais arrivée sans vous ! Merci mille fois !

Table des matières

Résumé	3
Abstract.....	3
Remerciements	4
Table des illustrations	7
Liste des tableaux.....	8
Liste des abréviations, symboles et unités.....	9
Glossaire.....	10
Introduction	11
1. Etat de l'art	12
1.1. Contexte actuel de la filière caprine et demandes des consommateurs.....	12
1.1.1. Contexte général	12
1.1.2. Historique de la filière caprine en France de 1990 à nos jours	13
1.2. Le bien-être en élevage caprin	14
1.2.1. Liberté 1 - Ne pas souffrir de faim ou de soif	15
1.2.2. Liberté 2 - Ne pas souffrir d'inconfort	15
1.2.3. Liberté 3 - Ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies	16
1.2.4. Liberté 4 - Pouvoir exprimer des comportements naturels propres à l'espèce.....	17
1.2.5. Liberté 5 - Ne pas éprouver de peur ou de détresse.....	18
1.3. L'évaluation du bien-être des chèvres laitières	18
1.4. Les enrichissements de milieu pour les animaux d'élevage	19
1.4.1. Définition des enrichissements de milieu en élevage.....	19
1.4.2. Enrichissements physiques et brosses pour les ruminants.....	20
2. Objectifs, hypothèses et résultats attendus	22
2.1. La problématique générale.....	22
2.2. Les questions d'étude, leurs objectifs et les hypothèses	22
3. Matériels et méthodes	24
3.1. Caractéristiques générales.....	24
3.1.1. Expérimentation système Patuhev	24
3.1.2. Brosses utilisées dans l'étude	24
3.1.3. Organisation temporelle des expérimentations	25
3.2. Expérimentations.....	26
3.2.1. Synthèse des questions d'étude et des protocoles associés.....	26
3.2.2. Protocole de suivi sanitaire.....	28
3.2.3. Protocole d'observation du comportement des chèvres	29
3.2.4. Protocole d'observation de l'utilisation des brosses.....	31
3.2.5. Protocole d'évaluation de l'intérêt des accéléromètres pour cette étude.....	34
3.3. Outils statistiques utilisés pour l'étude.....	35
4. Résultats obtenus et discussion.....	39
4.1. Préférences et utilisation des brosses.....	39

4.1.1.	Quelles sont les brosses les plus utilisées ?	39
4.1.2.	Parmi les quatre brosses quelles sont les brosses les plus utilisées pour se brosser la tête ou pour se brosser le corps ?	42
4.2.	Impacts des brosses sur le bien-être des chèvres	43
4.2.1.	Activités de toilettage (grooming)	44
4.2.2.	Absence d'activité en dehors de la locomotion	45
4.2.3.	Activité d'interaction avec les congénères	47
4.2.4.	Activité de rumination	48
4.3.	Impact des brosses sur l'état sanitaire des chèvres.....	49
4.4.	Utilisation des accéléromètres pour enregistrer l'utilisation des brosses.....	51
5.	Discussion générale	54
5.1.	Discussion de la Question 1 : Comment les chèvres utilisent-elles les brosses ? Préférences et complémentarité entre les brosses ?	54
5.2.	Discussion de la Question 2 : Quels sont les impacts des brosses sur le BEA ?	54
5.3.	Discussion de la Question 3 : Différence d'utilisation des brosses en fonction de l'accès ou non au pâturage	55
5.4.	Discussion de la Question 4 : Les accéléromètres peuvent-ils servir pour enregistrer automatiquement et sur le long terme l'utilisation des brosses ?	55
5.5.	Discussion générale sur l'ensemble des protocoles et perspectives	56
Conclusion		58
Liste des références bibliographiques		59
Annexe A		62
Annexe B		64
Annexe C		65
Annexe D		67
Annexe E		68
Annexe F		69
Annexe G		70
Annexe H		71
Annexe I		72
Annexe J		73
Annexe K		74
Annexe L		75
Annexe M		76

Table des illustrations

Figure 1 : Répartition du nombre de chèvres en France et des volumes de lait de chèvre produits en 2019 (IDELE ET CNE. , 2020 et source personnelle)	12
Figure 2 : Différents formes des abcès caséux de l'infection à la cicatrisation	17
Figure 3 : Quelle stratégie pour l'évaluation du bien-être animal : garantir les moyens mis en oeuvre ou les résultats obtenus ? (BOTREAU, R. , 2020).....	18
Figure 4 : Organisation chronologique de l'étude et comparaisons des données récoltées entre les lots et les périodes	25
Figure 5 : Grille de saisie des comportements observés pour l'évaluation du bien-être des chèvres ..	30
Figure 6 : Grille de notation SCAN du comportement des chèvres avec les brosses	32
Figure 7 : Ethogramme d'observation de la brosse pour les mesures FOCUS	33
Figure 8 : Accéléromètre MSR	34
Figure 9 : Schéma de la correspondance entre les données issues des accéléromètres et les données issues des FOCUS codés en direct (BENOIT, L., ET VERHEYDEN, H. , 2017 et Source personnelle) ..	34
Figure 10 : Arbre de décision pour le choix du modèle statistique à appliquer aux données	36
Figure 11 : Boxplot et tableau des p-values des contrastes de la moyenne par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui interagissent avec la brosse. Les lettres A, B et C sur le boxplot indiquent les différences significatives avec une p-value < 0.05.....	40
Figure 12 : Histogrammes et tableau des p-values des contrastes de la moyenne par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui se brossent par brosse. La classe 0 correspond à une faible utilisation, la 1 correspond à une utilisation intermédiaire et la 2 à une forte utilisation. Les lettres A, B et C indiquent les différences significatives (p-value < 0,05).....	40
Figure 13 : Boxplots des préférences de brossages pour chaque type de brosse en fonction de la période.....	41
Figure 14 : Boxplots des nombres d'utilisations et des durées moyennes d'utilisations par jour pour chaque type de brosse	42
Figure 15 : Boxplots des proportions des moyennes par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui se brossent la tête ou qui se brossent le corps en fonction du type de brosse	43
Figure 16 : Boxplot pour le comportement « se lèche, se mordille, se gratte »	44
Figure 17 : Boxplot des grooming sur les éléments de l'environnement.....	45
Figure 18 : Boxplot pour l'absence d'activité en dehors de la locomotion.....	46
Figure 19 : Histogrammes des proportions de chèvres inactives debout et inactives couchées.....	46
Figure 20 : Histogramme des proportions de chèvres qui interagissent avec leurs congénères	47
Figure 21 : Boxplot des pourcentages de comportements agonistiques sur l'ensemble des comportements observés en fonction de la période grâce aux observations FOCUS.	48
Figure 22 : Histogramme pour l'activité de rumination	48
Figure 23 : Taux de brossage observé par les algortihmes en fonction du taux de brossage enregistré lors des codages en direct.....	52
Figure 24 : Taux de brossages détectés par l'algorithme grâce aux données issues des accéléromètres pour chaque brosse et par jour. Les deux courbes grises et les deux courbes noires sont à lire sur l'axe secondaire situé sur la droite du graphique.	52

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des exploitations laitières caprines en France en 2013 (IDELE ET CNE., 2020).....	12
Tableau 2 : Caractéristiques générales de la conduite d'élevage Patuchev (CAILLAT, H., ET AL., 2013)	24
Tableau 3 : Photos des brosses mises à disposition des chèvres pour l'étude.	24
Tableau 4 : Tableau de synthèse des questions d'étude avec les protocoles et leurs caractéristiques principales.....	27
Tableau 5 : Extrait de la grille de récupération des données sanitaires	28
Tableau 6 : Organisation temporelle des mesures sanitaires	29
Tableau 7 : Calendrier de réalisation du protocole d'observation du BEA.....	31
Tableau 8 : Calendriers des observations de l'utilisation des brosses par les chèvres	31
Tableau 9 : Déroulé chronologique des journées d'observations du vendredi	33
Tableau 10 : Synthèse des modèles appliqués sur les variables répondant à la question 1	37
Tableau 11 : Synthèse des modèles appliqués sur les variables répondant à la question 2	38
Tableau 12 : Synthèse des statistiques descriptives pour les variables quantitatives permettant de répondre à la question 1	39
Tableau 13 : P-values des contrastes pour les préférences de chaque brosse en fonction de la période.....	41
Tableau 14 : Synthèse des statistiques descriptives pour les variables issues des FOCUS	42
Tableau 15 : Synthèse des statistiques descriptives pour les variables quantitatives permettant de répondre à la question 2.....	44
Tableau 16 : P-values des contrastes pour les observations sanitaires du lot DB entre S0 et S4 de la période P1	49
Tableau 17 : P-values des contrastes pour les observations sanitaires des deux troupeaux pour les deux périodes	49
Tableau 18 : Synthèse des statistiques descriptives des variables utilisées pour le lot DB uniquement	50

Liste des abréviations, symboles et unités

BEA : Bien-Etre Animal

Ch : Chèvre

CIWF : Compassion in World Farming

DB : Dessaisonnée Bâtiment (chèvres)

DP : Dessaisonnée Pâturage (chèvres)

FN : Faux négatif

FP : Faux positif

LFDA : La Fondation Droit Animal

MB : Matière Brute

Moy : Moyenne

NEC : Note d'Etat Corporel (équivalent en anglais : BCS = Body Condition Score)

PLB : Production Laitière Brute

PV : Poids Vif

Sd : Erreur standard (en anglais « Standard Error »)

VP : Vrai positif

Glossaire

Accéléromètre : Petit boîtier, ici installé sur les brosses, qui renferme des capteurs qui enregistrent des données d'agitation dans les trois dimensions (axes x, y et z).

Agonistiques : En éthologie, ce terme désigne les comportements liés aux confrontations, aux combats et aux rivalités entre les individus.

Allogrooming : « *Il s'agit d'une activité de léchage à caractère social entre deux animaux, l'un étant le lécheur et l'autre le léché. Le léché peut changer de position pour favoriser le léchage d'autres zones de son pelage.* » (BRALET, D., 2002.)

Autogrooming : « *Fait que l'animal procède à son propre toilettage.* » (BRALET, D., 2002.)

Ebourgeonnage : « *Correspond à la destruction du bourgeon cornual pour empêcher le développement de la corne.* » (IDELE, SNGTV, ET AL., 2021)

Gold-standard : Valeur de référence, étalon.

Gravide : Terme de médecine qui signifie « en gestation »

Grooming : « *Le grooming est le terme anglo-saxon désignant le toilettage. C'est un comportement complexe composé de nombreux schémas comportementaux dont les fonctions sont plus ou moins connues.* » (BRALET, D., 2002.)

Welfariste : « *Ne remet pas en question l'élevage mais souhaite une amélioration des pratiques en faveur du bien-être animal.* » (ANICAP, ET IDELE., 2020)

Introduction

En France, une des premières attentes des consommateurs en matière d'élevage est le respect du bien-être animal. Cette attente, est parfois difficile à cerner en raison du nombre important de facteurs qui l'influencent et des volontés soutenues par les consommateurs, parfois très éloignées des réalités du terrain. Pourtant, de nombreuses études scientifiques s'intéressent au bien-être animal depuis les années 1960, avec comme premiers sujets les porcs, les poules pondeuses puis plus récemment les vaches laitières en ce qui concerne les animaux de rente (**MANDEL, R., ET AL., 2016** ou **GODYN, D., ET AL., 2019**). Au-delà de réduire le mal-être, de plus en plus d'études s'intéressent désormais à l'amélioration du bien-être en préconisant l'ajout d'enrichissements dans les élevages afin de stimuler les animaux et favoriser leurs émotions positives. Cependant, le bien-être dans les élevages de petits ruminants est actuellement encore assez peu analysé, seules quelques études ont ainsi été mises en place pour les caprins, notamment sur l'accès à des aires extérieures pour les chèvres.

Actuellement, en France, de plus en plus de constructeurs de matériel agricole travaillent sur la création d'enrichissements pour les animaux de leurs clients, ce qui encourage les éleveurs à pourvoir leurs bâtiments de ces innovations. Celles-ci ont souvent des caractéristiques très variables, et sont proposées dans des gammes de prix toutes aussi différentes, et sans qu'il y ait de références quant à l'utilité pour améliorer le bien-être des animaux, ce qui ne facilite pas le choix pour les agriculteurs. C'est notamment le cas des brosses qui sont des enrichissements régulièrement utilisés dans les élevages de bovins et dont l'utilité, pour ces animaux, a déjà été prouvée par quelques publications. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet : **observer les préférences des chèvres vis-à-vis de quatre brosses différentes et les impacts des brosses sur le bien-être des animaux.**

Ce projet a été mené à l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) au sein de la chèvrerie de l'expérimentation système Patuhev à Lusignan dans la Vienne. Deux lots de 60 chèvres laitières ayant les mêmes conditions d'élevage à l'exception de l'accès au pâturage (pour un seul lot uniquement) ont donc servi de support aux essais. Ceux-ci ont eu lieu entre février et juillet 2021, avec deux périodes expérimentales principales en mars et juin. Les objectifs de ce projet étaient de recueillir des informations sur l'utilisation des brosses par les chèvres, le comportement de celles-ci en fonction de l'accès ou non aux brosses, les différences d'utilisation en fonction de l'accès au pâturage et l'intérêt de l'utilisation de capteurs pour enregistrer les mouvements des brosses.

Le présent document commence donc par une partie bibliographique comprenant le contexte actuel de la filière caprine, le bien-être en élevage caprin ainsi que son évaluation et enfin les enrichissements de milieu pour les animaux d'élevage. Puis, la seconde partie est consacrée à la présentation des questions de l'étude avec les hypothèses formulées au départ. La troisième partie traite des matériels et méthodes avec d'abord les caractéristiques générales des protocoles et calendriers expérimentaux, puis les descriptions détaillées de chaque protocole et enfin les indications sur les outils statistiques utilisés. L'avant dernière partie a pour objet les résultats obtenus pour chaque protocole et enfin la dernière partie propose une discussion des résultats pour chaque question d'étude et pour la problématique générale du projet.

1. Etat de l'art

1.1. Contexte actuel de la filière caprine et demandes des consommateurs

1.1.1. Contexte général

En 2010, la France comptait environ 7600 exploitations caprines professionnelles, scindées en trois classes : les éleveurs dits "livreurs", les "transformateurs" et les mixtes. Les livreurs, produisent du lait qu'ils vendent à des laiteries, tandis que les transformateurs utilisent le lait qu'ils produisent sur leur ferme pour fabriquer des fromages ou des produits laitiers. Enfin, certains exploitants choisissent de valoriser leur lait selon ces deux moyens de commercialisation, ils sont donc qualifiés de mixtes. Le tableau suivant permet de caractériser ces trois types d'exploitations. Il est à noter que la taille des exploitations (nombre de chèvres et production laitière) est très différente entre ces trois catégories (cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des exploitations laitières caprines en France en 2013 (IDELE ET CNE., 2020)

Exploitations > 10 chèvres	Exploitations	Chèvres	Part de la production laitière	Nombre moyen de chèvres
Livreurs	48 %	72 %	79 %	237
Fromagers	47 %	21 %	15 %	70
Mixtes	5 %	7 %	6 %	202

La France possède le 4e plus gros cheptel caprin d'Europe tout en occupant la première place en termes de production laitière. Les élevages caprins laitiers sont inégalement répartis en France comme le montre la Figure 1. Le bassin de production (des deux couleurs vertes foncées sur la carte) produit à lui seul 90% du volume de lait de chèvre en France et représente 95% des livraisons de lait aux laiteries (IDELE ET CNE., 2020).

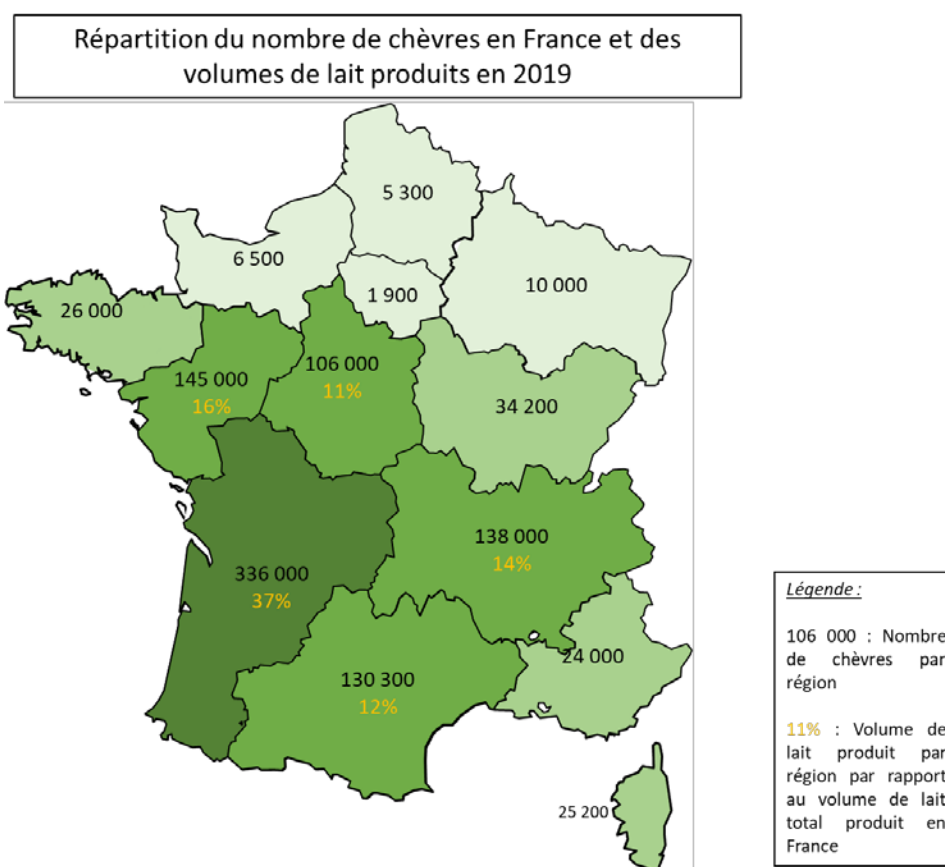


Figure 1 : Répartition du nombre de chèvres en France et des volumes de lait de chèvre produits en 2019 (IDELE ET CNE., 2020 et source personnelle)

La France est le leader mondial de la fabrication de fromages de chèvre. En 2016, 120 000 tonnes de fromages de chèvres ont été produites en France à raison de 100 000 tonnes en fromageries et 20 000 tonnes dans des fermes. Le lait de chèvre est d'ailleurs principalement transformé en fromage, en effet, les autres produits laitiers comme le lait UHT, les yaourts et les produits ultra-frais sont minoritaires, malgré une forte progression ces dernières années (**ANICAP, ET INTERBEV., 2018**).

1.1.2. Historique de la filière caprine en France de 1990 à nos jours

De 1990 à 2009 : La filière caprine connaît un développement florissant grâce à une importante demande en fromages de chèvres de la part des consommateurs. Cette situation impliquait une production toujours croissante de la part des producteurs et des transformateurs afin de concorder avec la demande du marché. Cette situation à première vue bénéfique, était toutefois assez précaire puisqu'elle était totalement dépourvue de dispositifs de régulation de la production face à la demande (**ANICAP, ET INTERBEV., 2018**).

De 2009 à 2012 : A la suite de la crise financière et mondiale de 2008, la filière caprine a connu une crise économique majeure entre 2009 et 2012. En effet, la production, qui était en forte croissance à cette période, s'est retrouvée face à une diminution brutale de la demande des consommateurs. Ce retournement de situation a engendré des surstocks et une baisse de revenus pour les éleveurs en raison d'une baisse du prix du lait au moment où les coûts de production ne cessaient d'augmenter. Ceci a eu pour conséquence une explosion des cessations d'activités de l'ordre de 15% (**ANICAP, ET INTERBEV., 2018**).

De 2012 à 2013 : Trois ans après le début de la crise, en 2012, les surstocks de produits sont résorbés au cours de l'été. Une phase de reconstruction s'amorce alors à l'échelle de la production et de la transformation. Cependant, la filière doit faire face à une pénurie de lait de chèvre qui atteint un pic en 2013. Finalement, grâce aux aides des pouvoirs publics et notamment aux médiateurs des relations commerciales agricoles, la filière caprine française a pu continuer sa phase de reconstitution (**ANICAP, ET INTERBEV., 2018**).

De 2013 à aujourd'hui : Actuellement, la filière continue de se reconstruire suite aux périodes de crises tout en mettant en œuvre des stratégies pour s'adapter aux évolutions futures. Les volumes de lait de chèvres produits en ce moment ne sont pas encore suffisants pour satisfaire la demande mais le prix du lait de chèvre pour les éleveurs « livreurs » a retrouvé un niveau acceptable. De plus, le marché des fromages de chèvres a été nettoyé des références à bas prix qui s'étaient développées pendant la crise. Enfin, l'innovation et le dynamisme des acteurs de la filière permettent de proposer de nouveaux produits afin de s'adapter au mieux aux demandes des consommateurs (**ANICAP, ET INTERBEV., 2018**).

Comme pour les autres filières laitières françaises, le secteur doit faire face à de profondes restructurations. D'abord, le métier d'éleveur laitier manque d'attractivité, principalement à cause des contraintes quotidiennes auxquelles s'ajoutent de faibles revenus. Néanmoins, grâce à l'excellente image de l'élevage caprin perçue par les consommateurs, la consommation de fromage de chèvre est plutôt croissante aussi bien en France qu'à l'export. Toutefois, cette perception est biaisée puisque 98% des consommateurs français pensent que les chèvres ont accès tout ou partie de l'année à un parc extérieur, ce qui pour une majorité d'entre eux est un gage de bien-être et de confort pour les animaux, alors qu'en réalité 70% des chèvres vivent toute l'année dans des bâtiments (**ANICAP, 2015**). A cela s'ajoutent de nouveaux questionnements de la part des consommateurs sur les pratiques d'élevage et notamment sur le bien-être animal, avec parfois des mouvances qui émergent, prônant des discours « anti-lait » ou contre les protéines d'origine animale.

Parallèlement à cela, d'autres demandes sociétales sont également notables comme la transition écologique ou énergétique, avec une plus grande utilisation de l'herbe dans l'alimentation, une augmentation du stockage du carbone, un maintien voire une amélioration de la biodiversité... Puis, viennent des demandes d'ordre sanitaire avec la diminution de l'usage d'antibiotiques, les politiques de biosécurité et l'hygiène irréprochable des fermes et des transformations agroalimentaires. La filière doit donc s'adapter à toutes ces problématiques pour que sa croissance perdure (**ANICAP, ET INTERBEV., 2018**).

1.2. Le bien-être en élevage caprin

Comme évoqué précédemment, la filière caprine doit continuer d'imaginer des solutions pour améliorer le bien-être des chèvres et, en même temps, répondre aux attentes des consommateurs en matière de bien-être animal (BEA). Aussi, l'ensemble des acteurs est donc entraîné dans une dynamique de réflexion afin d'améliorer les pratiques d'élevage de façon volontaire tout en prenant en compte les contraintes du métier d'éleveur. Ainsi les solutions doivent aussi bien correspondre aux demandes sociétales en termes de BEA qu'aux autres critères de durabilité des exploitations (performances économiques, respect de l'environnement, le tout en accord avec le bien-être de l'éleveur, notion de « One Welfare ») (**BOURQUE, T.**, 2017). Plusieurs axes de travail sont donc envisagés comme l'étude des bâtiments, la mise en place de programmes de recherches pour améliorer les connaissances relatives au bien-être des chèvres, mais aussi la définition d'indicateurs précis de bien-être en élevage caprin (**ANICAP, ET INTERBEV.**, 2018).

De façon plus pratique, la filière caprine s'est engagée à créer des concertations avec des associations welfaristes (Welfarm, CIWF et LFDA) à travailler sur des indicateurs de mesure du bien-être chez les chèvres laitières dans les systèmes bâtiment et pâturant. L'objectif étant d'enrichir le Code Mutuel des Bonnes Pratiques d'Elevage (**ANICAP, ET INTERBEV.**, 2018) qui permet d'assurer la bientraitance animale via « les actions que l'humain engage ou réalise dans l'intention de répondre aux besoins des animaux tels que bien nourrir, bien loger, bien soigner » (**CENTRE NATIONAL DE REFERENCE POUR LE BIEN-ETRE ANIMAL.**, 2018). La conclusion de l'une des concertations indique que l'accès à l'extérieur, dans le cas de la création de nouveaux bâtiments ou réaménagements complets de bâtiments existants, même s'il ne peut être rendu obligatoire, doit être préconisé. Si l'accès à l'extérieur est possible dans un élevage, il peut y avoir soit un accès à une pâture de qualité (avec alimentation principale), soit à une aire d'exercice. Si l'accès à l'extérieur n'est pas possible dans un élevage, il importe de veiller au bien-être des chèvres dans le bâtiment via l'aménagement et l'enrichissement de celui-ci. Ce sujet sera d'ailleurs discuté prochainement par le groupe de concertation afin de proposer des préconisations sur les enrichissements.

Alors que la bientraitance est une démarche anthropocentrée, l'objectif final est bien d'améliorer le bien-être des chèvres, selon une démarche animal centrée avec des définitions du bien-être animal qui ont évolué depuis les années 80 jusqu'à encore récemment avec la définition proposée par l'ANSES :

« Le bien-être animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal » (ANSES, 2018).

Des définitions plus opérationnelles du bien-être animal ont été proposées dont les « 5 libertés » définies par le **Farm Animal Welfare Council** (1992), permettant de faire le lien entre la bientraitance et bien-être des animaux via la satisfaction de leurs besoins et leurs attentes :

- Ne pas souffrir de faim ou de soif,
- Ne pas souffrir d'inconfort,
- Ne pas souffrir de douleurs, de blessures ou de maladies,
- Pouvoir exprimer les comportements naturels propres à l'espèce,
- Ne pas éprouver de peur ou de détresse (**Farm Animal Welfare Council.**, 1992 **ET CIWF FRANCE.**, 2021)

Cette définition opérationnelle est la base des protocoles développés pour évaluer le bien-être en ferme. En effet, pour pouvoir évaluer le BEA, il faut d'abord pouvoir évaluer de manière objective les critères et privilégier les mesures sur l'animal aux mesures effectuées sur l'environnement.

1.2.1. Liberté 1 - Ne pas souffrir de faim ou de soif

D'abord, il faut savoir que l'alimentation des caprins varie en fonction des niveaux de production à atteindre (production de viande, production de lait pour un usage familial, production de lait « intensive » ...) et de la zone d'élevage dans le monde (qui module les ressources alimentaires disponibles).

Pour les chèvres laitières en France, les éleveurs peuvent se baser sur des recommandations alimentaires établies par INRAE ou AgroParisTech, mais également sur des observations des animaux avec des outils comme la Note d'Etat Corporel (NEC) qui indique l'état d'engraissement.

Dans les tables de recommandations d'INRAE, pour les chèvres laitières (**SAUVANT, D., ET AL., 2012**), les besoins alimentaires de celles-ci sont définis en fonction de leur Poids Vif (PV) et de leur Production Laitière Brute (PLB). Ces paramètres étant eux-mêmes influencés par le cycle de reproduction (animal gravide ou non), le potentiel de production laitière et le stade de lactation des animaux. Ces tables ajustent également les valeurs nutritionnelles des fourrages disponibles afin de pouvoir adapter leur distribution au plus proche des besoins des animaux.

L'absence de faim chez les chèvres passe également par le maintien de conditions de vie optimales pour les micro-organismes de leur panse (la chèvre étant un ruminant). Pour cela, les fibres dans la ration sont particulièrement importantes puisqu'elles favorisent la mastication (par le biais de l'ingestion et de la rumination), qui elle-même favorise la salivation agissant sur le maintien de l'acidité ruminale à un pH compris entre 6,2 et 6,8 (**PATERNOSTER, A., 2017**). En cas de déséquilibre dans la ration, avec par exemple une part trop importante de concentrés, des pathologies peuvent survenir, telles que l'acidose, avec des conséquences sur la Liberté 3.

Les besoins en eau chez la chèvre (comme chez d'autres ruminants) dépendent de la composition de la ration (et notamment de sa teneur en eau), du niveau d'ingestion, du niveau de production et des pertes relatives à l'évaporation. Ainsi, une chèvre évoluant dans des conditions tempérées consommera en moyenne chaque jour 3,32L d'eau par kilo de Matière Sèche Ingérée (MSI) (**SAUVANT, D., ET AL., 2012**). L'eau à disposition des animaux doit être propre et régulièrement analysée afin de connaître les éventuelles contaminations qu'elle peut véhiculer (et doit être traitée en conséquence).

Enfin, pour s'assurer que les chèvres ont un accès régulier et suffisant aux ressources alimentaires et en eau, l'espace de vie et la composition du troupeau doivent être pensés de façon à limiter les comportements de concurrence aux auges et abreuvoirs.

1.2.2. Liberté 2 - Ne pas souffrir d'inconfort

Pour évaluer le niveau de confort de l'environnement dans lequel les chèvres évoluent, plusieurs points sont notamment à prendre en compte : l'espace disponible par animal, la nature du sol (litière ...), les abris contre les climats défavorables (notamment au pâturage) ou encore l'éclairage du bâtiment.

Dans les documents pour la construction de chèvreries, la surface minimale pour que les chèvres en lactation ou les chevrettes gestantes soient dans une situation de confort se situe entre 1,5 et 2 m² par animal. La présence de murs (plutôt que de barrière ajourées) autour de l'aire paillée améliore le confort des chèvres qui préfèrent se coucher dos à ceux-ci probablement pour limiter les risques de prédation. Dans le parc où les chèvres évoluent, la litière doit être suffisamment épaisse pour que le revêtement inférieur ne soit plus visible. Celle-ci doit également être renouvelée fréquemment pour rester propre et sèche, l'un des indicateurs justifiant de la propreté de la litière étant la propreté du pelage des chèvres (**PATERNOSTER, A., 2017**).

Dans les bâtiments, la température, idéale pour les chèvres se situe entre 5 et 25°C, tandis que l'hygrométrie ne doit pas dépasser 70% (**PATERNOSTER, A., 2017**). Leur confort thermique peut être évalué par des observations comportementales : accélération de la respiration en ouvrant la bouche et comportements d'hyper salivation quand elles ont trop chaud, hérissément des poils, frissonnement

voire tremblement quand elles ont froid. L'absence de courants d'air ou de ventilation excessive (vitesse d'air supérieure à 1m/s), ainsi que la qualité de l'air sont également des gages de confort à prendre en considération.

En termes d'éclairage, au moins 1/15^{ème} de la surface (murs et toit) du bâtiment dans lequel sont logées les chèvres doit être perméable à la lumière, pendant minimum 8 heures par jour pour satisfaire les besoins en luminosité des chèvres (**PATERNOSTER, A., 2017**).

Lorsque les chèvres ont accès à un parc extérieur, celles-ci doivent disposer d'un abri afin de se protéger de la pluie et du froid humide, les chèvres y étant très sensibles. En 2012, **BOE** et ses collaborateurs ont montré que lorsque les chèvres ont un accès au pâturage, celles-ci y passent en moyenne entre 40 et 50% de leur temps. Bien que le pâturage soit bénéfique chez les chèvres laitières (augmentation des comportements d'exploration, apparition de comportements de jeu), celui-ci doit être étroitement surveillé de façon à limiter les risques de dégradation du bien-être comme des apports en eau insuffisants, des aléas météorologiques, des infestations parasitaires ou des boiteries (**PATERNOSTER, A., 2017**).

1.2.3. Liberté 3 - Ne pas souffrir de douleurs, blessures ou maladies

L'état de santé d'une chèvre ou d'un troupeau de chèvres est reflété par plusieurs facteurs : l'état d'engraissement/maigreur (NEC), l'état du poil, la présence de boiteries, la présence d'animaux prostrés.... Parmi ces sources d'inconfort, certaines sont intrinsèques à l'espèce (ex. les abcès caséux), d'autres sont dues aux pratiques d'élevage (ex. bouclage et écornage) et d'autres sont dues aux deux (ex. mammite chez une chèvre laitière induite par un mauvais réglage de la machine à traire).

Les différents paragraphes suivants (non-exhaustifs) traitent de sujets auxquels les éleveurs et animaliers doivent porter attention afin de limiter la diminution du bien-être de leurs animaux. D'ailleurs, il est préférable de privilégier les mesures sur les animaux plutôt que sur les ressources afin d'évaluer l'impact réel de la conduite sur les animaux (ex. préférer une observation de la NEC à une analyse des apports alimentaires). Nous n'aborderons ici que les mesures effectuées dans le cadre de cette étude.

Note d'état corporel :

L'un des premiers indicateurs à observer pour évaluer l'état de santé d'une chèvre peut être son alimentation. Pour cela, l'examen de la NEC est un bon indicateur, elle se note de 1 à 5, la note la plus basse correspond à un état de forte maigreur tandis que la note de 5 indique un état d'obésité. Une NEC basse indique une forte mobilisation des réserves corporelles due à des apports énergétiques insuffisants (cf. lien aussi avec la Liberté 1), ou à des dépenses énergétiques excessives qui apparaissent pendant les périodes de fortes chaleurs, en cas de maladies ou lorsque la production laitière s'intensifie. A l'inverse, une NEC trop haute traduit une alimentation trop riche ou une restriction des mouvements de l'animal (**CAROPRESE, M., ET AL., 2009**).

Etat du poil :

Un autre indicateur permettant d'apprécier l'état de santé des chèvres est l'état du poil. En effet, celui-ci doit être homogène et brillant tandis qu'un poil terne et hirsute peut témoigner de certaines pathologies (ex. le poil terne et rugueux est parfois lié à des maladies respiratoires chroniques) (**BATTINI, M., ET AL., 2014**).

Boiteries :

Bien que les chèvres soient considérées comme très agiles, elles peuvent souffrir de boiteries, parfois dues à la pourriture du pied, à des terrains trop escarpés, à une trop forte humidité du sol, à des onglons non ou mal taillés, à des fractures ou bien à des inflammations des articulations (ex. Arthrite Encéphalique Caprine à Virus - CAEV) (**CAROPRESE, M., ET AL., 2009**). Plusieurs grilles d'évaluation des boiteries existent mais il est également possible d'observer les chèvres qui « marchent sur les genoux ». Cette démarche anormale témoigne souvent de douleurs articulaires, bien qu'elle puisse aussi être adoptée lors de comportement d'exploration du milieu. Aussi, pour des chèvres qui vivent en bâtiments et qui ont donc des déplacements limités, la taille des onglons deux fois par an est nécessaire afin de les maintenir dans une taille et forme correcte (**BATTINI, M., ET AL., 2014**).

Abcès :

Les abcès caséux (ou Lymphadénite caséuse) sont dus aux bactéries *Corynebacterium pseudotuberculosis* ou à certaines souches de Staphylocoques (**WASHBURN, K., 2019**). Ces bactéries font apparaître des abcès au niveau des ganglions lymphatiques, notamment sur la tête, les épaules, et les membres postérieurs, mais aussi sur organes internes comme les poumons, le foie, les reins ... (**HUNTER, A., ET AL., 2006**). La transmission de ces abcès semble se faire principalement par le biais de lésions cutanées, mais également par le biais de bactéries rejetées dans l'air expiré par les animaux présentant des abcès pulmonaires (**ARSENAULT, J., ET DUBREUIL, P., 2003**). La taille des abcès varie entre 0,5 et 15cm et leur temps d'incubation fluctue entre 1 semaine et 3 mois (**ARSENAULT, J., ET DUBREUIL, P., 2003** et **WASHBURN, K., 2019**). Lors de l'examen d'abcès, plusieurs stades de développement ou de résorption sont observables, comme précisé dans la Figure 2 ci-dessous.



Figure 2 : Différents formes des abcès caséux de l'infection à la cicatrisation

Ebourgeonnage :

En élevage, la gestion des cornes sur les chèvres doit être soigneusement étudiée. Si l'éleveur choisit de ne pas laisser les cornes de ses chèvres pousser, celui-ci doit analyser ses pratiques afin de minimiser la douleur. L'ébourgeonnage doit donc se faire entre 3 et 7 jours de vie et l'utilisation de sédatifs avant l'intervention et d'anti-inflammatoires après l'intervention peuvent être recommandés (sur avis vétérinaire) (**IDELE, SNGTV, ET AL., 2021**).

Blessures :

Les blessures sont à prendre en compte dans l'évaluation du bien-être animal du fait des douleurs qu'elles génèrent. Elles peuvent être classées selon plusieurs catégories en fonction de l'intensité de la douleur que l'animal ressent. Il convient de différencier les blessures selon l'impact qu'elles ont sur les animaux, des moins douloureuses/problématiques comme les dépilations aux plus problématiques comme les blessures avec des plaies ouvertes. Par exemple, le protocole Welfare Quality pour les bovins classe les boiteries, les dépilations, les lésions et les gonflements selon plusieurs niveaux pour évaluer la douleur perçue par l'animal (**BLOKHUIS, H.J., 2009**).

1.2.4. Liberté 4 - Pouvoir exprimer des comportements naturels propres à l'espèce

Les chèvres sont des animaux grégaires qui doivent être élevés dans des troupeaux afin d'exprimer des comportements sociaux (ex. les allo-groomings). Toutefois, comme évoqué précédemment, les densités d'élevage recommandées doivent être respectées pour éviter les compétitions à l'auge, aux abreuvoirs ou pour les zones de repos (**BATTINI, M., ET AL., 2014**).

En recherche sur le bien-être animal, il est assez difficile de constater que les animaux n'expriment pas les comportements naturels propres à leur espèce, mais il est possible d'observer des comportements qui n'apparaissent pas en conditions naturelles ou qui apparaissent avec des fréquences différentes. Ces comportements peuvent alors traduire un manque de bien-être, une frustration...

Ainsi, chez les chèvres, les comportements agonistiques ont deux origines : la compétition pour une ressource ou l'établissement des relations de dominance. Ces comportements sont considérés comme normaux lorsqu'ils sont exprimés de façon modérée, bien que les chèvres aient un taux de comportements agonistiques plus élevé que les vaches (**BATTINI, M., ET AL., 2014**).

Les vocalisations sont également des indicateurs à prendre en compte pour évaluer le bien-être des chèvres. Par exemple, certaines études ont montré que lorsque des chèvres sont isolées du groupe, celles-ci peuvent augmenter leurs vocalisations probablement pour tenter de communiquer avec le reste du groupe ou pour exprimer le stress ou la peur (**BATTINI, M., ET AL., 2014**).

1.2.5. Liberté 5 - Ne pas éprouver de peur ou de détresse

Dans les systèmes d'élevage actuels, certaines conduites d'élevage peuvent être sources de stress pour les animaux, c'est notamment le cas des ré-allotements par exemple. Cette technique utilisée en élevage pour avoir des groupes homogènes crée du stress chez les animaux et peut augmenter les comportements agressifs (**CAROPRESE, M., ET AL., 2009**).

Certains comportements exprimés à des fréquences anormales peuvent être synonymes de conditions de bien-être partielles voire mauvaises. Ces comportements sont, par exemple, des léchages ou grattages excessifs (induisant du prurit), ou des comportements oraux anormaux comme le mordillement des barrières ou les chèvres qui s'auto-tètent ou tètent leurs congénères (**BATTINI, M., ET AL., 2014**).

1.3. L'évaluation du bien-être des chèvres laitières

Les méthodes d'évaluation du BEA, telles que celles proposées dans le cadre des projets de recherche européens Welfare Quality® (2004-2009), AWIN (2011-2015) ou encore le projet Français GoatWell (2018-2021) dédié aux chèvres laitières, reposent sur des définitions opérationnelles du BEA (telles que les 5 libertés ou des dérivés, dans le cas notamment du projet Welfare Quality®) (**BOTREAU, R., ET AL., 2009**) permettent d'identifier des indicateurs plus pertinents.

Ces indicateurs peuvent être de différente nature : soit basés sur les moyens (ressources mises à disposition des animaux), soit basés sur les résultats (impacts sur les animaux). Alors que les premiers, souvent plus facilement mesurables sur le terrain, permettent de s'assurer de la bientraitance des animaux, les seconds, souvent beaucoup plus compliqués à mettre en œuvre, notamment si on veut observer le comportement des animaux, visent à s'assurer de leur bien-être (cf. Figure 3).

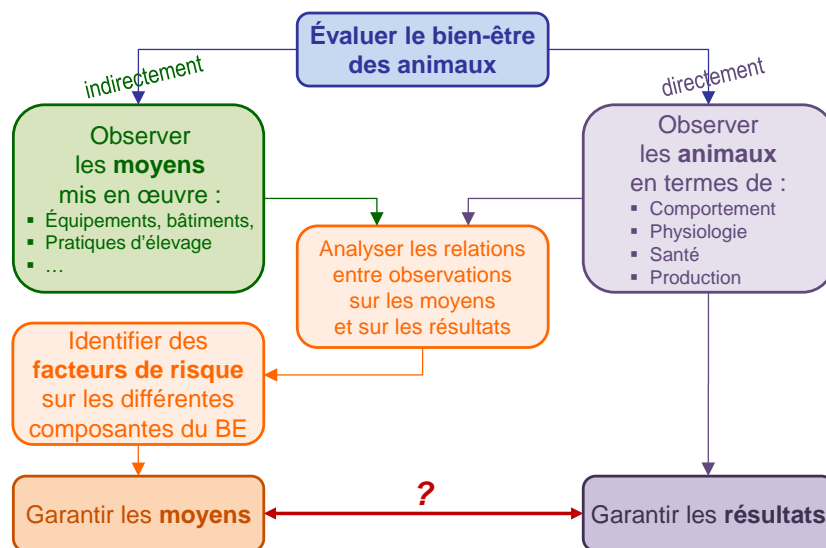


Figure 3 : Quelle stratégie pour l'évaluation du bien-être animal : garantir les moyens mis en œuvre ou les résultats obtenus ? (**BOTREAU, R., 2020**)

Peu importe la stratégie choisie, les indicateurs doivent dans tous les cas respecter un ensemble de caractéristiques (**BOTREAU, R., 2020**) :

- Pertinent : Indique la justesse de l'adéquation du critère.
- Répétable : Une mesure répétée deux fois dans une courte période doit donner un résultat similaire.
- Reproductible : Les résultats des mesures doivent être identiques, même lorsqu'ils sont obtenus par des opérateurs différents (en utilisant la même méthode).
- Mesurable : Les indicateurs doivent être relatifs à des observations mesurées de façon non ambiguë.

- Faisable : Les informations ne doivent ni être trop difficiles ou trop chères à collecter (en fonction du type d'évaluation).
- Sensible : Les indicateurs doivent être sensibles aux changements.
- Interprétables : Les évaluateurs doivent être capables de définir quels sont les bons ou mauvais indicateurs en fonction du critère de bien-être à évaluer.

Une fois que les indicateurs sont choisis et rattachés aux dimensions du bien-être à évaluer, il reste l'interprétation et l'agrégation pour fournir une évaluation globale du bien-être sur un élevage. Ces étapes d'interprétation et d'agrégation peuvent être soit formalisées, notamment si l'on souhaite une méthode standardisée applicable dans le cadre d'une procédure de labellisation par exemple, soit non formalisées (et donc définies au cas par cas) dans le cadre d'une application ponctuelle telle qu'une expérimentation où plusieurs lots sont comparés.

1.4. Les enrichissements de milieu pour les animaux d'élevage

Dans les années 1940, une première attention est portée aux enrichissements de milieu pour les animaux de laboratoire. Depuis, en plus de l'attention portée au bien-être des animaux dans leurs conditions « classiques » d'élevage, certains acteurs des productions animales s'intéressent à d'autres sources d'amélioration du confort avec les enrichissements de milieu. Ces études ont d'abord porté sur les animaux dont les milieux d'élevage étaient les plus contraints (porcs et poules pondeuses en cage), puis plus récemment chez les grands ruminants. Concernant les chèvres, les études actuelles portent principalement sur l'accès à l'extérieur comme les travaux portés par l'**ANICAP** et l'**IDELE** en 2020 sur les aires d'exercice extérieures pour les chèvres laitières.

Ces questions sont soulevées par l'appauvrissement des milieux d'élevage. En effet, les animaux de rente sont bien souvent dans des milieux qui ne contiennent que l'« essentiel » : une auge, un abreuvoir et une zone de repos. De plus, l'alimentation étant fournie par les éleveurs, les animaux n'ont plus besoin de chercher leur nourriture, d'autant plus que les rations riches en concentrés sont consommées très rapidement. Le temps d'inoccupation des animaux est donc augmenté par ces facteurs en comparaison au temps passé inactif pour des animaux dans des pâtures (**HINTZE, S., ET AL.**, 2020). C'est ainsi que la recherche s'est tournée vers des enrichissements de milieu pour stimuler davantage les animaux enfermés dans des bâtiments.

1.4.1. Définition des enrichissements de milieu en élevage

La définition, du point de vue de l'« écologie comportementale », d'un enrichissement de milieu est « l'amélioration du fonctionnement biologique des animaux, enfermés dans des bâtiments, qui découle d'une modification de l'environnement » (**MANDEL, R., ET AL.**, 2016 et **NEWBERRY, R.C.**, 1995).

Cette étude se base davantage sur une approche d'« éthologie cognitive », donc, la définition des enrichissements de milieu qui correspond est plutôt celle publiée par l'ANSES en 2015 : « Chez les animaux en élevage intensif, le milieu est à enrichir pour le bénéfice comportemental des animaux. Cet enrichissement réduit l'expression des comportements inadaptés et stimule les émotions positives et les fonctions cognitives (**BOISSY, A., ET AL.**, 2007). Il ne doit cependant pas être préjudiciable à la santé des animaux (adapté de **NEWBERRY.**, 1995 ; **YOUNG, R.J.**, 2003 ; **OIE.**, 2010) ».

Selon **Bloomsmith** et ses collaborateurs (1991), il existe cinq catégories d'enrichissement du milieu : l'enrichissement social, occupationnel, physique, sensoriel et nutritionnel. Ces enrichissements, ont des effets à court ou long terme sur le bien-être animal et peuvent avoir des effets différents en fonction de l'âge ou du stade de production des animaux (**BLOOMSMITH, M.A., ET AL.**, 1991 et **MANDEL, R., ET AL.**, 2016).

Les définitions de ces cinq types d'enrichissements, sont les suivantes :

L'enrichissement social : Il est défini comme la possibilité d'entrer en contact direct ou indirect (visuel, olfactif, auditif) avec des congénères (autres individus de la même espèce) ou avec des humains.

L'enrichissement occupationnel : Il englobe aussi bien les enrichissements qui encouragent l'exercice physique et psychologique (aussi défini comme cognitif), par exemple les enrichissements qui permettent aux animaux d'utiliser leurs facultés cognitives.

Enrichissement physique : Il inclut les modifications de la taille ou de la complexité des parcs, en ajoutant des accessoires comme des objets, des supports (pour se frotter dessus par exemple), ou des structures permanentes.

Enrichissement sensoriel : Il définit les stimulations qui activent un ou plusieurs sens des animaux. Ces stimulations peuvent être visuelles (ex. la télévision), auditives (ex. de la musique) ou olfactives, tactiles ou ayant rapport au goût des animaux.

Enrichissement nutritionnel : Il implique aussi bien la présentation d'aliments variés ou nouveaux que le changement de la méthode de distribution des aliments.

En 2016, un article sur l'enrichissement de l'environnement pour les vaches laitières et les veaux hébergés uniquement en bâtiment a été publié dans le *Journal of Dairy Science* (MANDEL, R., ET AL., 2016). Dans cet article, les scientifiques font état d'un point de départ applicable à tous les animaux d'élevage : quand l'environnement dans lequel les animaux évoluent est trop pauvre (sans stimuli ou éléments adaptés) ou trop petit, la capacité des animaux à exprimer leurs comportements naturels, permettant de satisfaire leurs motivations (et leurs besoins élémentaires) est restreinte.

Aussi, lorsque l'environnement permet de satisfaire les besoins primaires des animaux (manger, boire et dormir), ceux-ci peuvent s'adonner à des activités annexes qui n'apparaissent que lorsque les ressources en énergie des animaux ne sont pas limitées (ex. le jeu). En effet, lorsqu'un animal se retrouve dans des conditions de stress (maladie, faim, douleur, risque de prédation ...) ces comportements disparaissent. Donc, dans la majorité des cas, le comportement de jeu peut être considéré comme un comportement attestant de bonnes conditions de bien-être.

Ainsi, une manière de diminuer les risques de frustrations, d'améliorer l'adaptation des animaux aux éléments stressants, ou de leur permettre de satisfaire leurs besoins comportementaux est de leur donner accès à des enrichissements.

Donc, pour évaluer l'intérêt d'un enrichissement de milieu pour les animaux, plusieurs critères sont à prendre en compte :

- La réponse de l'animal à l'enrichissement proposé :
 - o Quelle utilisation fait-il de l'enrichissement ?
 - o Quelles sont les conséquences de cette utilisation sur son bien-être ?
- Le coût et la durabilité de l'enrichissement,
- La prise en compte de la sécurité des humains et des animaux vis-à-vis de l'enrichissement,
- Le personnel nécessaire pour mettre en place l'enrichissement.

Les enrichissements de milieu doivent donc être renouvelés fréquemment pour que les animaux restent intéressés par ceux-ci et doivent être fournis en quantité suffisante pour que plusieurs animaux puissent les utiliser en même temps.

1.4.2. Enrichissements physiques et brosses pour les ruminants

Dans le cadre de cette étude, un type d'enrichissement va être étudié : les brosses. Les brosses peuvent être considérées comme des enrichissements physiques. Toutefois, les enrichissements physiques ne se limitent pas à l'ajout de brosses ou autres supports dans le milieu. Les enrichissements physiques correspondent également, par exemple, à la complexification du milieu de vie par la division de l'espace d'hébergement en plusieurs zones de fonctions différentes, ce qui permet de multiplier les comportements d'exploration et les déplacements, ainsi que les possibilités de dissimulation et de camouflage. Cette méthode est généralement bénéfique également pour diminuer les comportements agonistiques des animaux. Chez les vaches laitières, les stabulations libres (par opposition aux stabulations entravées) sont de plus en plus fréquentes, ce qui maximise les contacts entre congénères

correspondant aux besoins naturels de vivre en groupe. Néanmoins, dans certaines situations (approche du vêlage, maladie, situations de dominance entre des génisses et des multipares dominantes) les vaches ont besoin de pouvoir s'isoler du reste du groupe. La création d'un endroit isolé, par exemple avec des filets opaques tendus contre les barrières, fait donc partie des enrichissements physiques qui participent au bien-être des animaux. Ce système est également bénéfique pour les éleveurs qui peuvent ainsi s'apercevoir de l'approche imminente d'un vêlage (les vaches vont spontanément s'isoler une heure avant de mettre-bas) ou d'un début de maladie ou de fièvre chez un animal (les vaches qui ont de la fièvre passent plus de temps dans ces zones isolées) (**MANDEL, R., ET AL.**, 2016).

L'installation de brosses dans les bâtiments peut également être perçue comme un enrichissement sensoriel puisqu'elles participent de façon tactile au bien-être des animaux.

Lorsque les animaux ont accès au pâturage, ceux-ci peuvent utiliser des arbres ou des objets inanimés (piquets de clôture) pour se gratter dessus. Chez les vaches laitières, l'utilisation d'arbres pour se gratter différentes parties du corps n'est pas antagoniste aux autogroomings et allogroomings. Dans le cas des vaches laitières qui vivent uniquement dans des bâtiments, ces comportements de grattage sont reproduits sur les barrières, les portes et parfois les abreuvoirs. Dans ces situations, les brosses sont très utiles puisqu'elles permettent aux animaux d'accéder à des zones qu'ils ne peuvent pas se gratter autrement. En plus de permettre aux vaches de se gratter presque tout le corps, les brosses améliorent également la propreté du pelage et il a été noté qu'elles pouvaient aussi améliorer, dans certains cas, la production laitière (**MANDEL, R., ET AL.**, 2016).

Pour le moment, les bénéfices observés grâce à l'installation de brosses dans les élevages de vaches n'ont pas encore été observés chez les chèvres. Certains constructeurs et éleveurs commencent doucement à s'y intéresser en proposant des brosses dimensionnées pour les chèvres mais aucune étude n'a été menée sur l'impact des brosses chez les chèvres. De plus, au sujet des autres types d'enrichissements les études restent peu nombreuses (aires d'exercice et l'accès au pâturage, accès à des plateformes...). Il semble donc pertinent de s'intéresser à ce sujet d'autant plus qu'en France, 70% des chèvres laitières vivent toute l'année dans des bâtiments sans avoir accès à des parcs extérieurs. Les enrichissements de milieu, comme les brosses, peuvent donc être des solutions envisageables pour améliorer les conditions de vie et les performances de production de ces animaux (**ANICAP.**, 2015).

2. Objectifs, hypothèses et résultats attendus

2.1. La problématique générale

Dans ce contexte sociétal d'une meilleure prise en compte du bien-être des chèvres laitières, **INRAE** m'a confié la mise en œuvre d'un projet de recherche sur l'enrichissement du milieu de chèvres laitières. La mise à disposition de brosses, dans les élevages, est l'un des enrichissements les plus faciles à mettre en œuvre. Cette étude a donc pour objectif de répondre à **deux premières questions** de recherche quant à la pertinence des **brosses comme enrichissement physique et sensoriel** : définir les préférences des chèvres vis-à-vis des différentes brosses, et évaluer l'impact de ces brosses sur le bien-être des animaux. Puis, deux autres questions secondaires sont abordées de façon moins détaillée : savoir si l'accès au pâturage modifie l'utilisation des brosses par les chèvres et étudier la possibilité d'utiliser des accéléromètres fixés sur les brosses pour enregistrer automatiquement leur utilisation (cette dernière question étant plus méthodologique que biologique). La problématique générale de ce document est donc la suivante :

Quelles sont les préférences des chèvres laitières vis-à-vis de différentes brosses et quel est l'impact de l'accès aux brosses sur leur bien-être ?

Cette étude analytique est réalisée dans le cadre de l'**Expérimentation Système INRAE « Patuchev »**, située à Lusignan (86). Parmi les trois lots de chèvres de Patuchev, deux lots ont une conduite similaire à l'exception de l'accès au pâturage : un lot 100% bâtiment (**DB**) et un lot avec pâturage (**DP**). Les chèvres de ces deux lots ont accès dans les mêmes conditions (à l'exception de l'accès aux pâtures) aux mêmes brosses.

2.2. Les questions d'étude, leurs objectifs et les hypothèses

Question 1 : Comment les chèvres utilisent-elles les brosses ? Préférences et complémentarités entre les brosses ?

- Combien de temps par jour les brosses sont-elles utilisées par les chèvres ? A quels moments dans la journée ? Quelles parties du corps les chèvres se brossent-elles ?
Objectif : Qualifier le plus précisément possible l'utilisation de chaque brosse et comparer les brosses entre elles.
Hypothèses :
 - La brosse rotative automatique sera certainement plus utilisée que la brosse fixe, les deux brosses pivotantes se plaçant en position intermédiaire.
 - Les brosses longues et orientables permettront probablement aux chèvres de se brosser plus facilement l'ensemble du corps.

- L'utilisation des brosses est-elle différente en fonction des conditions climatiques (notamment en cas de fortes chaleurs) ?
Objectif : Participer à la création des algorithmes permettant d'utiliser les accéléromètres pour quantifier l'utilisation des brosses sur le long terme, et notamment en période de forte chaleur cet été (i.e. après mon stage) → Cf. Question 4 (méthodologique)
Hypothèse :
 - Par temps chaud, les brosses seront moins utilisées que par temps froid.

Question 2 : Quels sont les impacts des brosses sur le bien-être animal ?

- L'accès aux brosses a-t-il un impact sur le comportement des chèvres (ex. réduction des comportements agonistiques)
Objectifs : Grâce aux observations faites avant l'installation des brosses, voir si le répertoire comportemental des chèvres est modifié ou non par l'accès aux brosses.
Hypothèse :
 - Les chèvres vont entrer en compétition pour avoir accès aux brosses ce qui fera augmenter le nombre de comportements agonistiques.

- L'accès aux brosses a-t-il un impact sur la santé des chèvres ?
Objectif : Effectuer un suivi sanitaire des chèvres au fur et à mesure de l'expérience.
Hypothèse :
 - Les brosses deviendront un support pour les bactéries responsables des abcès caséeux, engendrant une augmentation de leur nombre chez les chèvres.

Question 3 : L'accès au pâturage modifie-t-il le comportement des chèvres vis-à-vis des brosses ?

Objectif : Comparer l'utilisation des brosses entre les deux lots (pâturage vs. bâtiment)

Hypothèse :

- Les chèvres qui vont au pâturage utiliseront moins les brosses que les chèvres qui restent en bâtiment car elles y trouvent plus de sources d'occupation et d'autres supports pour se brosser/se gratter.
- Les chèvres passant plusieurs heures par jour au pâturage (et par conséquent sans accès aux brosses) utiliseront les brosses de manière décalée dans le temps, en utilisant plus les brosses à leur retour en bâtiment, avec par conséquent un rythme circadien d'utilisation des brosses différent de celui des chèvres en bâtiment.

Question 4 (méthodologique) : Les accéléromètres peuvent-ils servir pour enregistrer automatiquement et sur le long terme l'utilisation des brosses ?

Objectifs : Réaliser des observations en continu de l'utilisation ou non des brosses afin de synchroniser ces observations avec les données recueillies par les accéléromètres et participer à la création et à la validation des algorithmes spécifiques à chacune des brosses. Ainsi nous chercherons à prédire de façon suffisamment fiable quand la brosse « est utilisée » ou « n'est pas utilisée ».

Hypothèse :

- Les accéléromètres sont fiables pour mesurer les mouvements des brosses.
- Il est possible de définir des algorithmes adaptés à chaque brosse pour interpréter les données des accéléromètres en termes d'utilisation vs. non utilisation de chaque brosse.

3. Matériels et méthodes

3.1. Caractéristiques générales

3.1.1. Expérimentation système Patuchev

Dans le cadre de ce projet, nous nous sommes appuyés sur la structure et sur une partie des animaux de l'Expérimentation système Patuchev. Ce système, est un dispositif d'expérimentation mis en place en 2012 dont les objectifs sont d'intégrer la prairie dans les systèmes de production et d'augmenter la part d'herbe pâturée et/ou récoltée dans la ration. Pour cela, trois cheptels indépendants cohabitent dans la même chèvrerie sur le site de Lusignan, en ayant trois conduites d'élevage différenciées. Chaque système d'élevage se compose d'un troupeau d'environ 60 chèvres laitières de race alpine et de 10 hectares de surfaces cultivées (réparties en deux catégories : prairies ou cultures de céréales et protéagineux). Les caractéristiques des trois systèmes sont résumées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques générales de la conduite d'élevage Patuchev (CAILLAT, H., ET AL., 2013)





	Saisonné Pâturage (SP)	Dessaisonné Bâtiment (DB)	Dessaisonné Pâturage (DP)
Nb approx de chèvres en lactation	60	60	60
Période de reproduction	Septembre	Avril	Avril
Période de mise-bas	Février	Septembre	Septembre
Surface de prairie par troupeau (en ha)	7	6	7
Surface de céréales et protéagineux du troupeau (en ha)	3	4	3
Périodes de sorties au pâturage	De mars à juillet et de septembre à novembre	-	De mars à juillet et de septembre à novembre

Pour le projet d'étude sur les brosses, les mesures ont été réalisées uniquement sur les chèvres des lots **DB** et **DP** pour lesquels les conduites d'élevage sont en tout point similaires à l'exception de l'accès au pâturage.

3.1.2. Brosses utilisées dans l'étude

Pour mener à bien ce projet, quatre brosses différentes ont été mises à disposition des chèvres. Ces brosses sont toutes disponibles dans le commerce dans des gammes de prix différentes. Parmi les quatre brosses, la brosse DeLaval est pivotante, rotative et automatique, les deux brosses Finneasy Mini et Midi sont pivotantes et la dernière brosse est fixe (cf. Tableau 3).

Tableau 3 : Photos des brosses mises à disposition des chèvres pour l'étude.

Brosse pivotante, rotative et automatique DeLaval	Brosse pivotante manuelle Finneasy Mini	Brosse Fixe rectangulaire (fixée sur un support légèrement mobile)	Brosse pivotante manuelle Finneasy Midi
			

Les caractéristiques des brosses sont les suivantes :

- Brosse automatique : Il s'agit du modèle Mini Brosse Pivotante MSB de DeLaval, vendue pour être utilisée sur veaux et chèvres. Elle est dotée d'un moteur et de capteurs qui permettent l'activation de la rotation de la brosse lorsque les chèvres entrent en contact avec celle-ci. Le prix de cette brosse était de 1260€HT en 2020.
- Brosse Midi & Mini : Il s'agit des modèles EasySwing Mini et Midi de FinnEasy. Ces deux brosses sont similaires en dehors de la taille. La Midi est plutôt destinée aux bovins adultes, tandis que la Mini s'adresse plutôt aux veaux ou aux chèvres. En 2020, le montant du modèle Midi était de 460€HT et le montant du modèle Mini était de 305€HT.
- Brosse Fixe : Il s'agit du modèle Balai moulé 430x240x20 Neutre SP 260/100 de la Société Ouest Vendée Balais (SOVB). Elle n'est pas destinée à l'usage en élevage. Cette brosse est une plaque de plastique sur laquelle sont plantés des picots en plastique. Pour cette étude, la brosse a été fixée sur un support légèrement souple afin que l'accéléromètre puisse percevoir les vibrations de la brosse lorsque celle-ci est utilisée. Le prix d'achat de cette brosse était de 93€HT.

Pour comprendre le mécanisme et la forme de chaque brosse, se reporter aux schémas situés en Annexe A.

3.1.3. Organisation temporelle des expérimentations

La Figure 4 présente l'organisation chronologique de l'étude. En janvier, la brosse Mini a été mise à disposition des chèvres afin d'enregistrer des vidéos de calibration des accéléromètres et d'amorcer le travail sur les algorithmes. Cette étape a eu lieu avant le début du stage, de même à la fin de celui-ci, les brosses seront laissées dans les parcs afin de continuer à suivre leur utilisation pendant la période estivale.

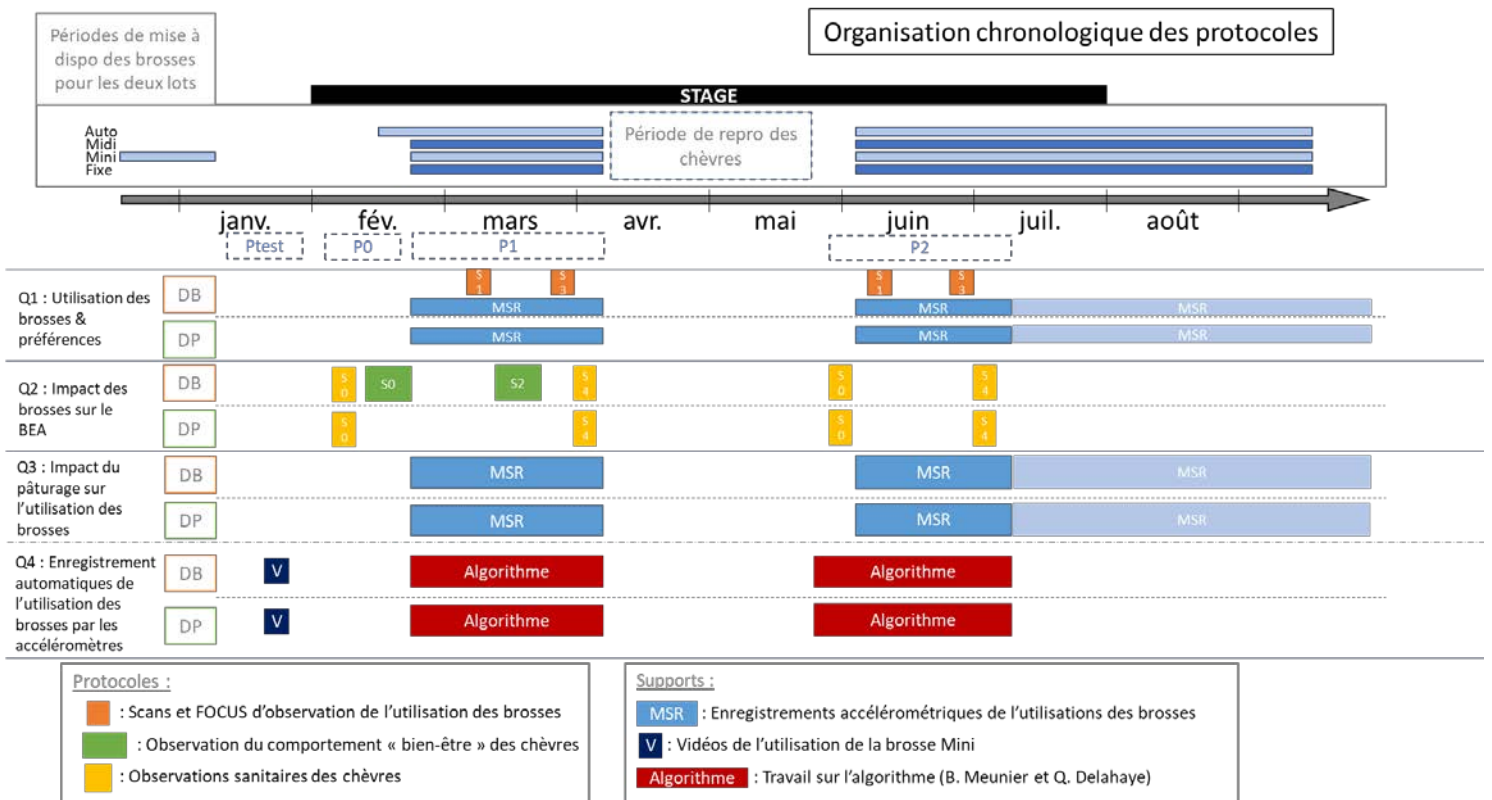


Figure 4 : Organisation chronologique de l'étude et comparaisons des données récoltées entre les lots et les périodes

3.2. Expérimentations

3.2.1. Synthèse des questions d'étude et des protocoles associés

Le tableau situé en page suivante permet de récapituler les questions d'étude et les protocoles qui sont associées à ces dernières. Ce tableau est une synthèse des sous-parties qui suivent et qui apportent beaucoup plus de détails sur la mise en œuvre des protocoles. Pour les protocoles d'observations sanitaires, d'utilisation des brosses et d'observation du bien-être, j'ai été la seule à observer les chèvres, dans l'objectif de limiter le biais créé lorsque plusieurs observateurs se répartissent les mesures. Dans le cadre de l'expérimentation système, les chèvres avaient accès à une petite plateforme sur laquelle elles pouvaient grimper ainsi que parfois à un ballon au sol. Ces enrichissements de milieu ont été retirés 2 semaines avant le début de l'essai afin de ne pas perturber les observations par un effet potentiel de ces autres types d'enrichissements de milieu.

Tableau 4 : Tableau de synthèse des questions d'étude avec les protocoles et leurs caractéristiques principales

	Question 1 (Q1) : Préférences	Question 2 (Q2) : Impacts sur le BEA	Question 3 (Q3) : Impact du pâturage	Question 4 (Q4) : Accéléromètres
Objectifs	Identifier les préférences des chèvres vis-à-vis des brosses et savoir comment les chèvres se servent des brosses (quelles sont les zones brossées ? - les chèvres peuvent-elles être plusieurs à utiliser la brosse en même temps ?)	Evaluer le bien-être des chèvres via leur comportement (en termes d'activités et de postures) et leur état sanitaire	Savoir dans quelle mesure l'accès au pâturage modifie l'utilisation des brosses	Créer des algorithmes permettant d'analyser automatiquement les données issues des accéléromètres posés sur les brosses pour détecter et quantifier l'utilisation de ces dernières par les chèvres
Hypothèse envisagées	La brosse automatique est préférée aux autres Il existe une complémentarité des brosses en termes d'utilisation (zones brossées différentes)	L'accès aux brosses modifie le comportement des chèvres (ex. diminution du temps passé debout inactives) mais augmente potentiellement la compétition pour l'accès aux brosses et les blessures (ex. les brosses risquent de favoriser la transmission des pathogènes à l'origine des abcès caséux, se traduisant par une augmentation de la prévalence des abcès)	Les chèvres qui ont accès au pâturage utilisent moins les brosses que les chèvres qui restent en bâtiment puisque celles-ci ont accès à d'autres éléments dehors pour se gratter	Il est possible d'utiliser des accéléromètres pour enregistrer automatiquement les mouvements des brosses. Il est possible de créer des algorithmes permettant de manière fiable de détecter et quantifier l'utilisation des brosses.
Lots	DB	DB	DB vs. DP	DB & DP
Périodes	Mars (P1) & Juin (P2)	Février (sans les brosses) vs. Mars (P1) et vs. Juin (P2 uniquement pour les mesures sanitaires)	Juin (P2)	Mars (P1) & Juin (P2)
Mesures réalisées	SCANS : pour chaque chèvre utilisant la brosse : se brosse (et quelle zone), flaire, mâchouille, pousse, grimpe sur ou utilise le support de la brosse FOCUS : brosse, est grimpée, est utilisée autrement, est flairée, est poussée, n'est pas utilisée	<u>Comportement</u> : SCANS : postures (est debout et se déplace, est debout sans se déplacer et est couchée) x activités (rumine, mange, se lèche, se brosse...) FOCUS : fréquence des comportements agonistiques, lèche une congénère, court, caracole,... <u>Sanitaire</u> : état du poil, propreté, abcès, blessures, boiterie, prostration...	Détection des brossages via des algorithmes permettant d'analyser automatiquement les données issues des accéléromètres (cf.Q4).	Brosse utilisée ou non : Codage en direct en FOCUS avec le logiciel BORIS (cf. FOCUS préférences)
Protocole d'observation	<u>Protocole d'observation de l'utilisation des brosses</u> SCANS et FOCUS : Les 4 brosses sont observées les unes après les autres Par période : 2 semaines de 4 journées avec 0h56 d'observation par brosse en FOCUS (par séquences de 7 min.) et 32 SCANS par brosse (à raison d'un SCAN toutes les 10 minutes + 2 journées avec 160 SCANS par brosse (soit un SCAN toutes les 2 minutes)	<u>Protocole d'observation du bien-être</u> : SCANS et FOCUS Le parc est divisé virtuellement en 6 zones observées les unes après les autres Par période : 5 journées d'observations avec 00h32 de FOCUS par zone (par séquences de 4 min.) et 8 SCANS par zone (à raison d'un SCAN toutes les 45 minutes <u>Protocole de suivi sanitaire</u> : Réalisation du suivi sanitaire sur l'ensemble des chèvres avant et après chaque période de mise à disposition des brosses (P1 et P2)	<u>Protocole d'observation de l'utilisation des brosses</u> Idem Question 1	Idem Question 1 mais uniquement les FOCUS
Individus concernés	SCANS : chèvres / FOCUS : Brosses	Chèvres (sans individualisation pour les SCANS et FOCUS et individualisé pour les mesures sanitaires)	Brosses	Brosses

3.2.2. Protocole de suivi sanitaire

Dans le cadre des observations sanitaires, nous nous sommes intéressés à plusieurs aspects : l'état du poil, la propreté de la mamelle et des jarrets, les abcès et les blessures (selon leur zone et leur état), les boiteries, l'ébourgeonnage et la prostration. Pour élaborer les grilles sanitaires, nous nous sommes inspirés du protocole AWIN et de GoatWell (AWIN., 2015).

Intérêts de l'observation des abcès et des blessures

Nous nous sommes intéressés aux abcès fermés puisque c'est sous cette forme qu'ils apparaissent et qu'en regard de la littérature (cf. section 1.2.3), ceux-ci auraient pu apparaître lorsque les chèvres avaient accès aux brosses. En effet, nous avons supposé que les brosses pouvaient être un support de transmission entre animaux des bactéries responsables des abcès (*Corynebacterium pseudotuberculosis*, *Staphylococcus aureus anaerobius*, ...) (WASHBURN, K., 2019). Dans le cas où les brosses augmenteraient le nombre d'abcès chez les chèvres, nous pourrions nous poser la question de leur intérêt pour le bien-être animal sachant que cette notion implique que les animaux ne souffrent pas de maladies.

De même pour les blessures, par le biais de ce protocole, nous avons voulu savoir si les chèvres ne risquaient pas de se blesser lors de l'utilisation des brosses. Sachant que cet aspect est également en lien avec les abcès puisque ceux-ci peuvent se transmettre lorsque la peau est lésée.

Collecte des données

Pour l'état du poil, une note de 0 correspond à un poil brillant, bien fourni et homogène, tandis qu'une note de 1 correspond à un poil terne, parfois dépilé sur certaines zones ou hirsute. La propreté des jarrets et celle de la mamelle sont notées en trois classes : la note de 0 correspond à une absence de salissures, une note de 1 correspond à quelques salissures légères à modérées et celle de 2 renvoie à des zones très sales.

Pour observer les abcès et les blessures, une simple inspection visuelle n'est pas suffisante puisque, par exemple, certains abcès fermés ou en cours de cicatrisation peuvent être de très petite taille. Pour compléter la grille ci-dessous, toutes les chèvres ont donc été palpées individuellement pour recenser les abcès et les blessures quelles que soient leur taille et leur localisation. Les abcès (comme les blessures) sont notés individuellement (de 1 à 6, en considérant qu'il n'y a jamais eu plus de 6 abcès sur une chèvre) et caractérisés à la fois par sa **zone** sur le corps (tête, cou, corps ou mamelle) et par son **état** (fermé, dépilé, ouvert ou cicatrisé) (cf. Tableau 5).

Les boiteries sont observées lorsque les chèvres se déplacent sur l'aire paillée. La catégorie « ébourgeonnage » correspond à l'observation des repousses de cornillons (signes d'un ébourgeonnage mal réalisé). Pour la note de 1, les cornes sont légèrement repoussées tandis que pour la note de 2, les cornes sont suffisamment longues pour blesser la tête des animaux. La prostration (abattement physique, faiblesse et inactivité) est observée sur l'ensemble des animaux lorsqu'ils sont en liberté dans l'aire paillée. Si une chèvre est observée prostrée, son numéro est relevé.

Tableau 5 : Extrait de la grille de récupération des données sanitaires

N° Chèvre	Etat du poil (0/1)	Prop jarret (0/1/2)	Prop mamelle (0/1/2)	Zone				Etat				Zone				Etat			Boiteries (0/1)	Ebourgeonnage (0/1/2)	Prostration (0/1)	Remarques complémentaires		
				Abcès Tête	Abcès Cou	Abcès Corps	Abcès Mamelle	Fermé	Dépilé	Ouvert	Cicatrice	N°	Tête	Cou	Corps	Mamelle	1	2					3	
				1										1										
				2										2										
				3										3										
				4										4										
				5										5										
				6										6										

N° Chèvre : Identification ; **Etat du poil** : 0 : bon, 1 : abimé ; **Propreté du jarret** : 0 : absence, 1 : un peu sale, 2 : très sale ; **Propreté de la mamelle** : 0 : absence, 1 : un peu sale, 2 : très sale ; **Boiteries** : 0 : Absence, 1 : sévère ; **Blessures** : 1 : Dépilation, 2 : égratignure-griffure, 3 : plaies légères ou ouvertes ; **Ebourgeonnage** : 0 : pas de repousse, 1 : repousse mais non dirigée vers l'animal, 2 : repousse atteignant une zone du crane de l'animal ; **Prostration** : mesure à réaliser à l'échelle du lot avant de faire les autres observations : regarder pendant 10 mn les animaux, repérer les animaux isolés, prostrés, souvent la tête contre un mur ou le dos arrondi → noter le numéro des animaux observés dans cet état

Pour réaliser les notations sanitaires, les chèvres ont été bloquées au cornadis. Elles ont ensuite été examinées individuellement, avec une palpation sur tout le corps pour repérer les abcès et une observation visuelle, puis relâchées une par une pour l'observation des boiteries.

Pour cette étude, les mesures sanitaires ont été organisées de la façon suivante :

Tableau 6 : Organisation temporelle des mesures sanitaires

Nom de la période*	Désignation	Dates de mesures
P1 – S0	Avant la mise en place des brosses	16 & 17 février 2021
P1 – S4	Après la période de mesures du mois de mars	01 avril 2021
P2 – S0	Avant la période de mesures du mois de juin	09 juin 2021
P2 – S4	Après la période de mesures du mois de juin	05 juillet 2021

* Les noms des périodes et des semaines correspondent à celles présentées sur le schéma général de l'expérimentation (Figure 4) : P1 première période de mise à disposition des brosses vs. P2 deuxième période de mise à disposition des brosses / S0 : AVANT accès aux brosses vs. S4 : APRES accès aux brosses.

Premier traitement des données

A la suite de la collecte des informations en format papier, nous avons procédé à la mise en forme des données en format numérique grâce au logiciel Excel. Ces données ont ensuite été mises en forme afin de les rendre compatibles avec les traitements statistiques (cf. section 3.3).

3.2.3. Protocole d'observation du comportement des chèvres

Matériels

L'objectif de ce protocole est de compléter l'évaluation du bien-être des chèvres DB, avec ou sans les brosses grâce à l'observation de leurs comportements au cours de la journée.

Dans ce protocole, nous nous sommes appuyés sur une grille en format papier permettant de saisir les informations observées (cf. Figure 5). Ce protocole a été réalisé 5 jours par semaine pendant 3 semaines (cf. Annexe B et Tableau 7 pour comprendre l'organisation chronologique).

Nous avons choisi de découper l'aire paillée des chèvres DB en six zones de taille non équivalente mais ayant toutes un abreuvoir. Seules les quatre premières zones sont pourvues de brosses, lorsque celles-ci sont à disposition des chèvres. Les bords des zones virtuelles sont matérialisés par un scotch de couleur sur le cornadis pour le côté « couloir d'alimentation » et sur le mur pour le fond de l'aire paillée (cf. Annexe B).

La grille (cf. Figure 5) est scindée en deux parties, une partie SCAN et une partie FOCUS. Pour définir précisément les comportements de la grille, nous nous sommes servis de deux éthogrammes, situés en Annexe C.

Le SCAN correspond à une image à un instant T des postures prises et activités réalisées par les chèvres dans la zone. A l'inverse, le FOCUS correspond à une observation sur une période de temps donnée, ici 4 minutes. L'observateur va donc recenser tous les comportements mentionnés dans la grille qui ont été réalisés par les chèvres présentes dans la zone pendant ces 4 minutes. Il faut noter qu'au cours de ce laps de temps, le nombre de chèvres présentes dans la zone peut varier (certaines chèvres pouvant sortir de la zone observée alors que d'autres y entrent). J'ai ainsi noté le nombre de chèvres présentes au début et à la fin du focus (cf. Annexe D pour comprendre le choix des chèvres incluses dans la zone), bien que ce soit le nombre moyen de chèvres qui ait été pris en compte pour l'analyse des données.

Grille de notation comportement "bien-être" chèvres adultes						
Date		Evaluateur	Louise Deschrevel		Heure	
Ferme	LUSIGNAN PATUCHEV	Lot	DESAISONNE BATIMENT		Nb total chèvres	54
ZONE		Pour chaque zone (de 1 à 6), SCAN puis 4 minutes de FOCUS à répéter 4 fois le matin et 4 fois l'après-midi				
TOUR		Comptage du nombre de chèvres réalisant chaque item comportemental				
SCAN	Classe "posture & locomotion"					
Classe "activités"		Est debout et se déplace	Est debout sans se déplacer	Est couchée	Autre	Non visible
	Inactive hors locomotion					
	Rumine					
	Mange					
	Boit					
	Se lèche, se mordille, se gratte					
	Lèche ou mordille l'environnement					
	Se frotte à un élément de l'environnement (barrière, poteau...)					
	Se brosse					
	Flaire/mordille la brosse					
	Interagit avec congénère					
	Autre					
	Non visible					
						Nombre de chèvres à la fin du focus
FOCUS		Comptage du nombre de fois où chaque item comportemental a été observé				
	Interactions sociales	Le receveur et/ou l'émetteur utilise la brosse	Ni le receveur ni l'émetteur n'utilisent la brosse			
Comportements agonistiques	Menace ou pousse sans déplacement du receveur			On ne compte que l'émetteur (qui est dans la zone observée) du comportement (et pas le receveur, qu'il soit ou non dans la zone observée)		
	Menace ou pousse avec déplacement du receveur					
	Donne un coup ou mord sans déplacement du receveur					
	Donne un coup ou mord avec déplacement du receveur					
	Lutte					
	Lèche ou se frotte contre une congénère					
	Tête une congénère					
	Court					
	Saute ou caracole					
	Se lèche, se mordille, se gratte					
	Se frotte à l'environnement					
	Se brosse					
	Balance sa tête					

Figure 5 : Grille de saisie des comportements observés pour l'évaluation du bien-être des chèvres

Tableau 7 : Calendrier de réalisation du protocole d'observation du BEA

P0 (sans les brosses)	P1 (avec les brosses - Mars)	P2 (avec les brosses - Juin)
19/02/2021	15/03/2021	<i>Pas d'observations du BEA en P2</i>
22/02/2021	16/03/2021	
23/02/2021	17/03/2021	
24/02/2021	18/03/2021	
25/02/2021	19/03/2021	

Méthode

L'observateur commence par la zone 1 en se positionnant au poste d'observation correspondant. Il réalise le SCAN puis le FOCUS de 4 min (il faut chronométrer). A la fin du SCAN et du FOCUS, l'observateur compte le nombre de chèvres présentes dans la zone qu'il vient d'observer. Il se déplace ensuite vers la zone 2, de façon discrète afin de ne pas perturber les animaux et procède au SCAN et FOCUS suivants. Ce processus est répété pour les six zones, quatre fois le matin et quatre fois l'après-midi (cf. Annexe B).

3.2.4. Protocole d'observation de l'utilisation des brosses

Pour observer l'utilisation des brosses par les chèvres, nous avons mis au point ce protocole basé sur trois types de mesures différentes en fonction des journées et du type d'informations à recueillir. Ces mesures sont donc : les SCANS du lundi au jeudi, les FOCUS du lundi au jeudi et les SCANS du vendredi (cf. Tableau 8). Les observations de l'utilisation des brosses ont été réalisées au cours de trois périodes différentes (janvier, mars et juin 2021), désignées respectivement par les noms **P1(mars)** et **P2(juin)** dans le calendrier ci-dessous. En **P0 (janvier)**, des vidéos ont été enregistrées dans l'objectif de commencer à calibrer les accéléromètres et à travailler sur les algorithmes (travail réalisé par B. MEUNIER de l'UMR Herbivores). En P1 comme en P2, seul le lot DB est observé.

Tableau 8 : Calendriers des observations de l'utilisation des brosses par les chèvres

P0		P1		P2	
Une seule brosse : la Mini		Les 4 brosses sont à disposition des chèvres			
FOCUS		lundi	08-mars	lundi	14-juin
vendredi	19-janv	mardi	09-mars	mardi	15-juin
lundi	22-janv	mercredi	10-mars	mercredi	16-juin
mardi	23-janv	jeudi	11-mars	jeudi	17-juin
mercredi	24-janv	SCANS (N=160)		vendredi	18-juin
jeudi	25-janv				
VIDEOS		lundi	22-mars	lundi	28-juin
		mardi	23-mars	mardi	29-juin
		mercredi	24-mars	mercredi	30-juin
		jeudi	25-mars	jeudi	01-juil
		SCANS (N=160)		vendredi	02-juil
EN DIRECT					

Scans et Focus du lundi au jeudi

En P1 et P2, du lundi au jeudi, l'observateur réalise 8 tours d'observations. Chaque tour correspond à l'observation en SCAN de l'utilisation des 4 brosses et à l'observation en FOCUS d'une seule brosse, l'enchaînement variant d'un jour sur l'autre pour éviter d'avoir un effet de l'ordre d'observation dans la journée au niveau des résultats. Les horaires des tours sont indiqués dans l'Annexe E. Pour ces deux types de mesures, l'observateur est dans la chèvrerie et réalise les mesures « en direct ».

Grille de notation comportement des chèvres adultes avec les brosses

Evaluateur Louise Deschrevel
Ferme LUSIGNAN PATUCHEV

Date

Lot DESAISONNE BATIMENT

SCAN

Comptage du nombre de chèvres réalisant chaque item comportemental

		Se brosse					Flaire la brosse	Machouille la brosse	Pousse la brosse	Grimpe sur la brosse	Utilise le support de la brosse				Commentaire <i>Ex. 1 chèvre couchée sous la brosse</i>
		Zone 1 (Tête)	Zone 2 (Dos & croupe)	Zone 3 (Flancs)	Zone 4 (Cuisses post)	Zone 5 (Pattes)					Se frotte contre	Grimpe sur	Lèche	Machouille	
09:15	Automatique														
	Mini														
	Fixe														
	Midi														
09:25	Automatique														
	Mini														
	Fixe														
	Midi														
09:35	Automatique														
	Mini														
	Fixe														
	Midi														

Figure 6 : Grille de notation SCAN du comportement des chèvres avec les brosses

Les mesures SCANS correspondent à la notation du comportement des chèvres qui utilisent les brosses à l'instant T de l'observation. Un extrait de la grille de notation se trouve en Figure 6 (les éthogrammes qui l'expliquent se situent en Annexe F et Annexe G). Pour ces observations, la grille était utilisée en format papier. Ici, un SCAN correspond à l'observation du comportement des chèvres pour chaque brosse (Automatique, Mini, Fixe, Midi).

Dans ce protocole, les observations FOCUS correspondent à l'observation de l'utilisation d'une seule brosse par les chèvres pendant 7min40s. Pour cela, l'observateur se place dans le couloir d'alimentation et code le comportement des chèvres grâce au logiciel Boris installé sur une tablette. Cet outil permet d'enregistrer la succession des utilisations/non-utilisations de la brosse par les chèvres. Pour cela, nous avons mis au point un éthogramme dans le logiciel listant et définissant les comportements que nous voulions étudier (cf. Figure 7). Dans cet éthogramme, nous avons établi un classement hiérarchique des comportements. En effet, contrairement aux vaches qui sont souvent seules à utiliser la brosse à un instant T, les chèvres sont capables d'utiliser à plusieurs et au même moment une même brosse. Ainsi, nous avons classé les comportements selon notre estimation (hypothèse) de l'intensité du signal que cette utilisation produirait dans l'accéléromètre¹. Par exemple, nous avons supposé qu'un flairage de la brosse produirait une courbe beaucoup plus plate qu'un brossage (puisque le flairage est censé impliquer au maximum un simple effleurement de la brosse tandis que le brossage implique un contact avec celle-ci beaucoup plus franc). De cette façon, l'observateur ne code qu'un comportement à la fois, même si plusieurs chèvres utilisent la brosse en même temps.

¹ Dès leur installation dans les aires paillées, les brosses étaient équipées de leur propre accéléromètre. (Cf. section 3.2.5).

Hierarchie	Behavior code	Behavior type	Description
6	Non utilisée	State event	Aucune chèvre n'utilise la brosse
5	Est flairée	State event	Au moins une chèvre flaire la brosse (et aucune autre chèvre ne l'utilise indirectement, ne la grimpe, ne la mâchouille, ne la pousse ou se brosse)
4	Est indirectement utilisée	State event	Au moins une chèvre se frotte contre ou grimpe sur ou lèche/mâchouille le support ou le montant de la brosse fixé aux barrières (et aucune autre chèvre ne la grimpe, ne la mâchouille, ne la pousse et se brosse)
3	Est grimpée	State event	Au moins une chèvre grimpe (au moins deux pattes) sur la brosse (et aucune autre chèvre ne la mâchouille, ne la pousse ou se brosse)
2	Est mâchouillée	State event	Au moins une chèvre mâchouille la brosse (et aucune autre chèvre ne la pousse ou se brosse)
1	Brosse	State event	Au moins une chèvre se brosse ou se frotte à la brosse (et aucune autre chèvre ne la pousse)
	Est poussée	Point event	Une chèvre pousse brusquement la brosse

Figure 7 : Ethogramme d'observation de la brosse pour les mesures FOCUS

Dans l'objectif d'éviter d'observer une brosse tous les jours à la même heure, nous avons planifié une rotation de l'ordre d'observation des brosses. Ainsi, nous minimisons le biais de l'horaire d'observation pour la comparaison des brosses. Cette rotation est précisée en Annexe E.

Scans du vendredi

Le vendredi, l'observateur procède uniquement aux observations SCAN en augmentant leur fréquence, passant ainsi d'une mesure toutes les dix minutes à une mesure toutes les deux minutes (la grille papier est la même que pour les mesures du lundi au jeudi, seuls les horaires changent). Ce choix de ne pas continuer les SCAN et FOCUS le vendredi a été fait puisque toutes les brosses avaient déjà été observées à chaque horaire les quatre jours précédents. L'observation des brosses un cinquième jour aurait donc introduit un biais dans l'observation de celles-ci. Cela a également permis d'avoir des SCANS beaucoup plus rapprochés et ainsi augmenter la quantité de données permettant une meilleure observation du comportement. L'organisation de la journée correspond donc au tableau suivant :

Tableau 9 : Déroulé chronologique des journées d'observations du vendredi

SCANS Vendredi	
08:45	Vérification de l'état des accéléromètres Vidéos : vérification de l'heure du PC et lancement de l'enregistrement Tablette : vérification de l'heure de la tablette
09:15	Tour 1
09:17	Tour 2
09:19	Tour 3
...	...
12:25	Tour 96
Déjeuner	
13:30	Tour 97
13:32	Tour 98
...	...
15:36	Tour 160
Fin de la journée	

Dans ces mesures, un tour correspond à un SCAN réalisé sur chacune des quatre brosses. Pour parvenir à faire un SCAN de chaque brosse toutes les deux minutes, il est possible de suivre la modélisation présente en Annexe H.

Vidéos complémentaires

Dans le cadre de ces observations, trois caméras situées aux deux extrémités et au milieu des aires paillées ont filmé les deux semaines en P1 et en P2 de 8h45 à 15h45. Ces vidéos nous serviront d'appui dans le cas où il nous manquerait des informations, ou de contrôle au cas où les résultats des algorithmes d'exploitation des données des accéléromètres seraient en désaccord avec les données recueillies en direct durant les FOCUS (cf. section suivante).

3.2.5. Protocole d'évaluation de l'intérêt des accéléromètres pour cette étude

Dans l'objectif de recueillir des informations 24h/24 et 7j/7 (pendant les périodes de mesures) sur l'utilisation des brosses, celles-ci ont été équipées d'accéléromètres de marque MSR (cf. Figure 8 et Annexe A pour comprendre la position des accéléromètres sur les brosses). Les accéléromètres sont des capteurs qui mesurent et enregistrent l'agitation en trois dimensions selon les axes x, y et z. L'objectif est de savoir s'il est possible d'utiliser le signal enregistré par les accéléromètres en le traitant avec un algorithme par type de brosse (mis au point par B. MEUNIER et Q. DELAHAYE – INRAE UMRH). Les algorithmes étant créés à l'aide des codages en direct effectués en FOCUS dans le protocole d'observation de l'utilisation des brosses. En effet, si nous parvenons à faire concorder une forme de signal avec un type d'utilisation (« est mâchouillée », « brosse » ...), nous pourrions obtenir des informations sur des plages horaires plus grandes (et pouvoir ainsi qualifier le rythme circadien d'utilisation des brosses par les chèvres), grâce aux accéléromètres.

La Figure 9 permet de mieux comprendre la concordance entre les données accélérométriques et les données FOCUS (sachant que ces dernières sont enregistrées grâce au logiciel Boris et extraites en format Excel).



Figure 8 : Accéléromètre MSR

Pour que les données issues du logiciel Boris et des accéléromètres soient réglées précisément à la même heure, la tablette doit être réglée sur l'heure universelle, tout comme les accéléromètres. Pour ce protocole nous avons choisi le fuseau horaire : UTC+01:00 – Bruxelles, Copenhague, Madrid, Paris. Ces capteurs sont paramétrés une journée environ avant le début de la période de mesure, de façon à limiter au maximum au début les écarts liés à la dérive du temps (puisque les accéléromètres ne sont pas connectés au réseau, ils ne se remettent pas à l'heure automatiquement).

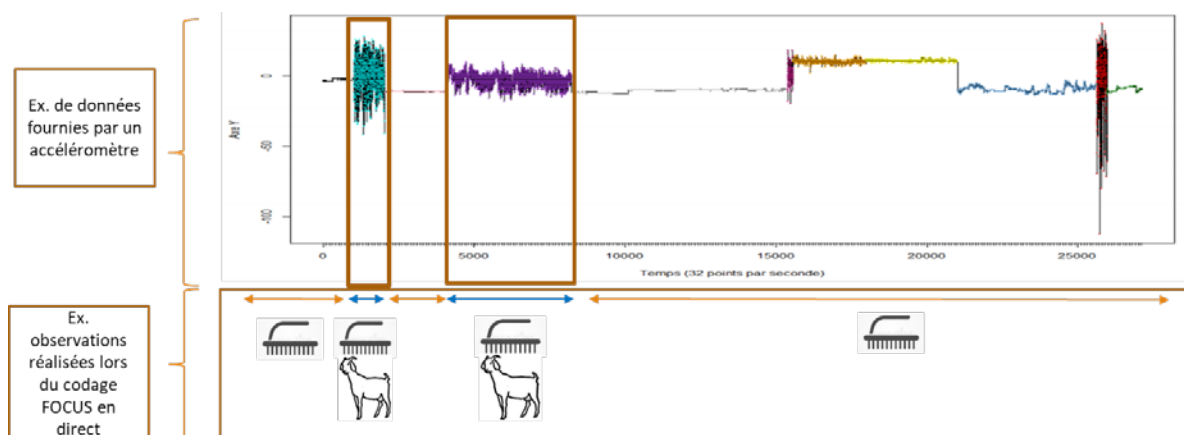


Figure 9 : Schéma de la correspondance entre les données issues des accéléromètres et les données issues des FOCUS codés en direct (BENOIT, L., ET VERHEYDEN, H., 2017 et Source personnelle)

3.3. Outils statistiques utilisés pour l'étude

Pour mener à bien les analyses des données recueillies, nous avons utilisé principalement trois logiciels : Excel, R (version n°4.1.0 du 08/05/2021) et RStudio (pour un accès plus convivial à R via l'éditeur de code). Les versions numériques des données ont été mises en forme dans un document Excel puis éventuellement remaniées à l'aide de tableaux croisés dynamiques ou de macros. Pour l'analyse statistique des données, une première visualisation des distributions possibles était réalisée grâce à Xlstat puis confirmée graphiquement par des QQplot ou observée sur des graphiques de Cullen and Frey avec R.

L'ensemble des variables analysées au cours de la période du stage étaient quantitatives (pas de données ordinales), comme l'indiquent les Tableau 10 et Tableau 11.

Pour les analyses, les cinq modèles qui ont été utilisés sont résumés dans l'arbre de décision en Figure 10. Pour les modèles LM, LMER, GLM et GLMER les packages *stats* et *lme4* ont été utilisés, tandis que le package *ordinal* a été requis pour le modèle CLMM. Enfin, pour tracer les graphiques de Cullen and Frey, le package *fitdistrplus* a été installé.

Le Tableau 10 et le Tableau 11 résument l'ensemble des modélisations qui ont été appliquées sur les variables choisies pour répondre aux questions d'étude. Il faut d'ailleurs noter que certaines variables ont été transformées en variables ordinales puisque les données ne suivaient aucune loi de distribution gérée par les modèles LMER et GLMER (ex. loi Beta). Nous avons ainsi pu appliquer le modèle CLMM avec une loi de distribution multinomiale. Cette transformation des données nous a permis d'éviter d'avoir recours à des modèles non paramétriques et donc de pouvoir tenir compte des interactions entre les facteurs et des effets aléatoires des modèles. Dans la création des classes, l'objectif principal a été d'obtenir des classes avec des effectifs les plus homogènes possibles. Nous ne nous sommes pas appuyés sur des valeurs seuils définies *a priori* puisque ceux-ci (en dehors des données sanitaires) n'auraient pas eu de pertinence biologique. Nous avons défini les seuils sur la base de la distribution des données, variable par variable, en fonction des centiles 0,33 et 0,67 (avec des adaptations dans le cas de variables avec beaucoup de données de valeur 0).

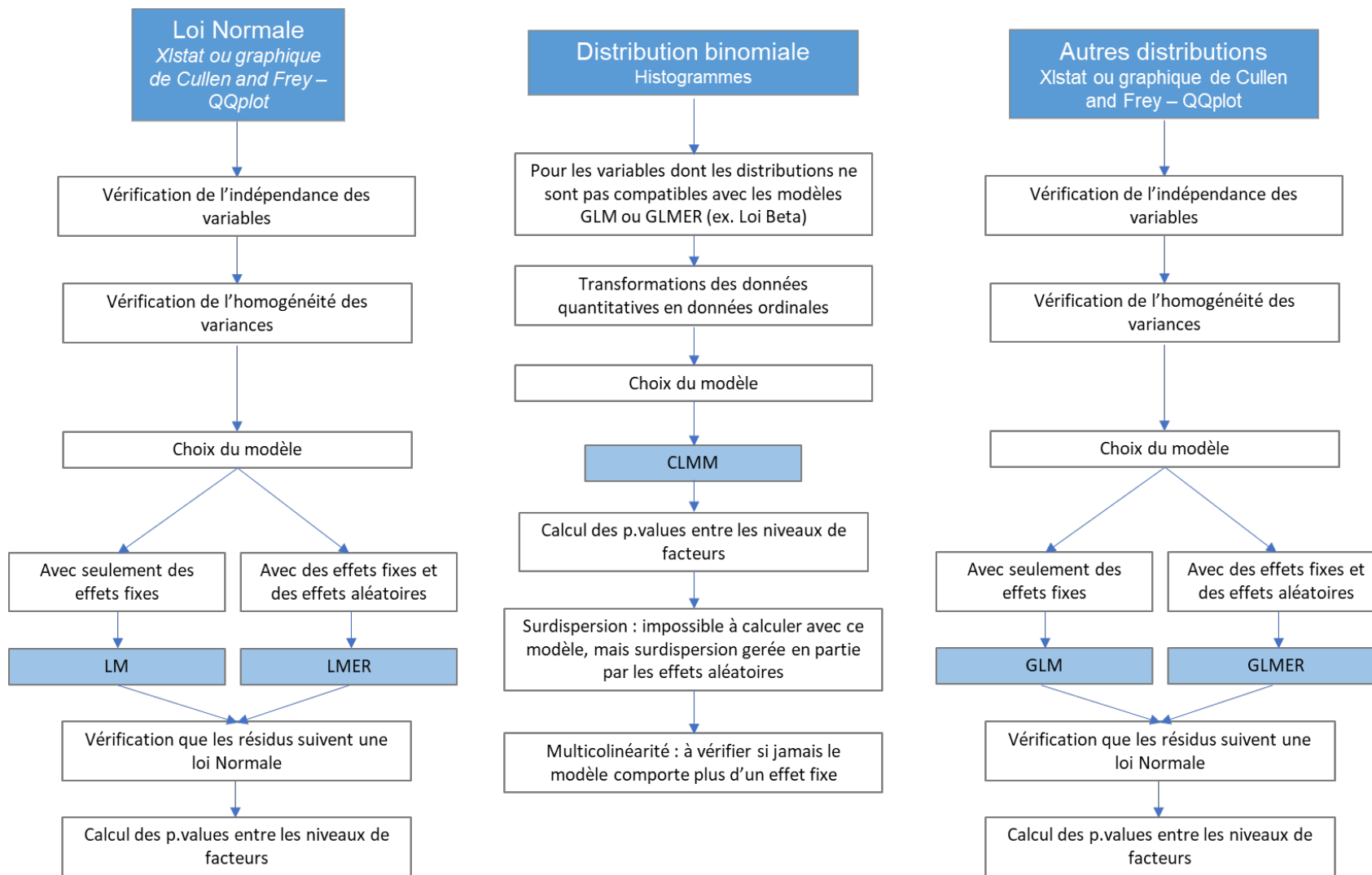


Figure 10 : Arbre de décision pour le choix du modèle statistique à appliquer aux données

Tableau 10 : Synthèse des modèles appliqués sur les variables répondant à la question 1

Question 1 : Comment les chèvres utilisent-elles les brosses ? Préférences et complémentarité entre les brosses.						
Question	Variable	Type de variable	Transformation	Modèle choisi	Effets fixes	Effets aléatoires
Question 1-A : Quelle est la brosse préférée par les chèvres ?						
1_A	Moyenne par scan et par jour du nombre de chèvres en interaction pour chaque brosse	Quantitative		GLMER	Période, Semaine expérimentale, Type de brosse, Semaine_expérimentale x Période	Jour expérimental
1_A	Moyenne par scan et par jour du nombre de chèvres qui se brossent pour chaque brosse	Quantitative puis Ordinale	Oui - Séparation des données en trois classes : tiers inférieur, tiers intermédiaire, tiers supérieur	CLMM	Période, Semaine expérimentale, Type de brosse, Semaine_expérimentale x Période	Date du SCAN
Question 1-B : Pour une brosse donnée, quelle est la zone du corps que les chèvres préfèrent brosser ?						
1_B	Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvre qui se brossent pour la brosse automatique	Quantitative		LMER	Zone brossée (tête ou corps), Période et Zone brossée x Période	Jour expérimental
1_B	Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvre qui se brossent pour la brosse mini	Quantitative		LMER	Zone brossée (tête ou corps), Période et Zone brossée x Période	Jour expérimental
1_B	Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvre qui se brossent pour la brosse fixe	Quantitative		LMER	Zone brossée (tête ou corps), Période et Zone brossée x Période	Jour expérimental
1_B	Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvre qui se brossent pour la brosse midi	Quantitative		LMER	Zone brossée (tête ou corps), Période et Zone brossée x Période	Jour expérimental
Question 1-C : En termes de besoins des chèvres, quelle brosse est la plus utilisée pour se brosser le corps et laquelle est la plus utilisée pour se brosser la tête ?						
1_C	Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent la tête	Quantitative		LMER	Période, Semaine expérimentale, Type de brosse	Jour expérimental
1_C	Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent le corps	Quantitative		LMER	Période, Semaine expérimentale, Type de brosse	Jour expérimental

Tableau 11 : Synthèse des modèles appliqués sur les variables répondant à la question 2

Question 2 : Quel est l'impact des brosses sur le bien-être des chèvres ?						
Question	Variable	Type de variable	Transformation	Modèle choisi	Effets fixes	Effets aléatoires
Question 2-A : Quel est l'impact des brosses sur les postures et les activités des chèvres ?						
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui n'ont aucune activité autre que la locomotion	Quantitative		LMER	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui se lèchent, se mordillent, se grattent	Quantitative		LMER	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui sont inactives debout immobiles	Quantitative puis ordinale	Oui - Séparation des données en trois classes : tiers inférieur, tiers intermédiaire, tiers supérieur	CLMM	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui sont inactives couchées immobiles	Quantitative puis ordinale		CLMM	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui ruminent	Quantitative puis ordinale		CLMM	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui interagissent avec leur congénères	Quantitative puis ordinale	Oui - Séparation des données en trois classes : une classe pour les valeurs égales à 0, une classe pour les valeurs inférieures à la médiane des valeurs différentes de 0, et une classe pour les valeurs supérieures à cette médiane.	CLMM	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui se frottent à un élément de l'environnement	Quantitative puis ordinale		CLMM	Periode	Numéro du jour du tour
2_A	Proportion des moyennes par SCAN du nombre de chèvres qui lèchent ou mordillent l'environnement	Quantitative puis ordinale		CLMM	Periode	Numéro du jour du tour
Question 2-B : Quel est l'impact des brosses sur l'état sanitaire des chèvres ?						
2_B	Nombre d'abcès totaux sans "cicatrise" pour le lot DB	Quantitative puis ordinale	Oui - Séparation des données en trois classes : une classe pour les valeurs égales à 0, une classe pour les valeurs égales à 1 ou 2 et une classe pour les valeurs supérieures ou égales à 3	CLMM	Semaine expérimentale	Numéro de la chèvre
2_B	Nombre d'abcès fermés pour le lot DB	Quantitative puis ordinale		CLMM		
2_B	Nombre de blessures totales pour le lot DB	Quantitative puis ordinale		CLMM		
2_B	Nombre d'abcès totaux sans "cicatrise" pour le troupeau entier	Quantitative puis ordinale		CLMM	Periode, Semaine expérimentale, Semaine expérimentale x Lot, Lot, Lot x Periode, Semaine expérimentale x Periode	Numéro de la chèvre
2_B	Nombre d'abcès fermés pour le troupeau entier	Quantitative puis ordinale		CLMM		
2_B	Nombre de blessures totales pour le troupeau entier	Quantitative puis ordinale		CLMM		

4. Résultats obtenus et discussion

Sur l'ensemble des données récoltées au cours de cette étude, toutes n'ont pas pu être traitées par manque de temps sur la période du stage. Toutefois, celles-ci seront traitées prochainement par l'Equipe CARAIBE de l'UMRH du Centre INRAE Clermont Auvergne Rhône-Alpes.

4.1. Préférences et utilisation des brosses

L'utilisation des brosses par les chèvres était observée selon trois protocoles : les SCANS du lundi au jeudi, les SCANS du vendredi et les FOCUS. Parmi toutes ces données, les SCANS ont fait l'objet d'analyses statistiques tandis que les FOCUS ne seront présentés que sous forme de statistiques descriptives. Pour les variables SCAN utilisées pour répondre à cette question, les statistiques descriptives sont présentées dans le Tableau 12, en Annexe I et en Annexe J.

Tableau 12 : Synthèse des statistiques descriptives pour les variables quantitatives permettant de répondre à la question 1

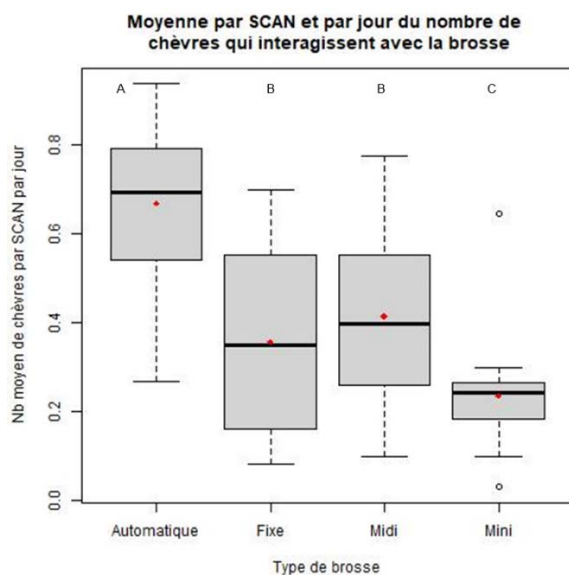
Variable à expliquer	Variable explicative (effet fixe)	Niveau	Moyenne	Sd	Min	Médiane	Max
Moyenne par scan et par jour du nombre de chèvres en interaction pour chaque brosse	Période	P1	0,48	0,21	0,12	0,52	0,86
	Période	P2	0,36	0,25	0,03	0,28	0,94
	Type de brosse	Automatique	0,67	0,18	0,27	0,69	0,94
	Type de brosse	Fixe	0,36	0,2	0,08	0,35	0,7
	Type de brosse	Midi	0,42	0,2	0,1	0,4	0,77
	Type de brosse	Mini	0,24	0,12	0,03	0,24	0,65
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent le CORPS	Période	P1	0,28	0,16	0	0,28	0,63
	Période	P2	0,42	0,28	0	0,42	1
	Type de brosse	Automatique	0,5	0,17	0,14	0,49	0,73
	Type de brosse	Fixe	0,25	0,21	0	0,21	1
	Type de brosse	Midi	0,43	0,23	0	0,38	1
	Type de brosse	Mini	0,23	0,23	0	0,18	0,75
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent la TETE	Période	P1	0,72	0,16	0,37	0,73	1
	Période	P2	0,53	0,29	0	0,52	1
	Type de brosse	Automatique	0,5	0,17	0,27	0,51	0,86
	Type de brosse	Fixe	0,75	0,21	0	0,79	1
	Type de brosse	Midi	0,52	0,24	0	0,6	0,86
	Type de brosse	Mini	0,72	0,28	0	0,8	1

4.1.1. Quelles sont les brosses les plus utilisées ?

Données SCAN

Pour savoir quelles étaient les brosses les plus fréquentées, deux variables ont été analysées. La première, la moyenne par SCAN et par jour du nombre de chèvres en interaction avec la brosse, est un indicateur synthétique qui englobe tous les comportements que les chèvres peuvent avoir avec les brosses (se brosse, utilise la brosse autrement que pour se brosser ou utilise le support). La seconde est un peu plus précise puisqu'elle correspond à la moyenne par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui se brossaient pour chaque brosse.

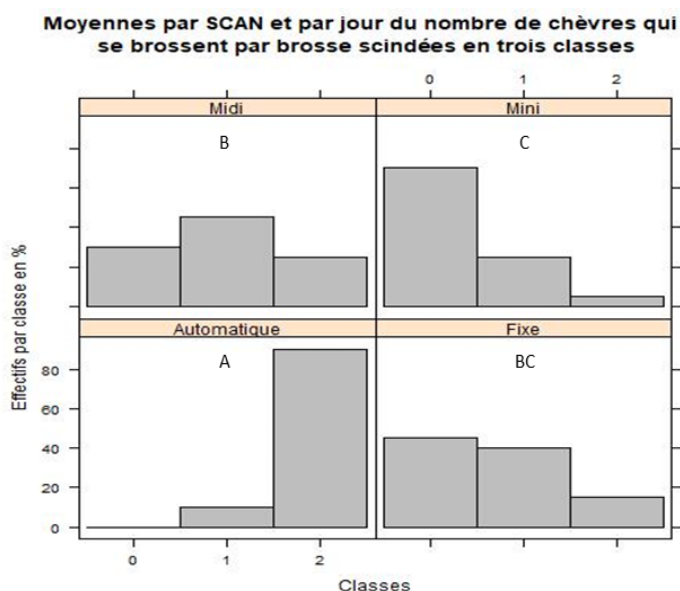
Ainsi, les différences observables sur la Figure 11 ont été confirmées par les analyses statistiques. Toutes périodes confondues, la brosse Automatique est donc la brosse avec laquelle les chèvres interagissent le plus, suivie par les Fixe et Midi et enfin la Mini.



Contrastes	p-values
Automatique – Fixe	0,0006
Automatique – Midi	0,0128
Automatique – Mini	<0,0001
Fixe – Midi	0,7495
Fixe – Mini	0,0325
Midi – Mini	0,0019

Figure 11 : Boxplot et tableau des p-values des contrastes de la moyenne par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui interagissent avec la brosse. Les lettres A, B et C sur le boxplot indiquent les différences significatives avec une p-value < 0.05.

Pour ce qui est de l'utilisation des brosses pour les brossages (peu importe la zone du corps qui est brossée), les variables ont été transformées en classes (cf. Figure 12). La classe 0 correspond au premier tiers des effectifs, dont la moyenne d'utilisation était la plus faible, classe 1 correspond à ceux dont les moyennes étaient intermédiaires et la classe 2 à ceux dont les moyennes étaient les plus élevées.



Contrastes	p-values
Automatique – Fixe	0,0001
Automatique – Midi	0,0005
Automatique – Mini	<0,0001
Fixe – Midi	0,5569
Fixe – Mini	0,2476
Midi – Mini	0,0209

Figure 12 : Histogrammes et tableau des p-values des contrastes de la moyenne par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui se brossent par brosse. La classe 0 correspond à une faible utilisation, la 1 correspond à une utilisation intermédiaire et la 2 à une forte utilisation. Les lettres A, B et C indiquent les différences significatives (p-value < 0,05).

Pour ces données, les résultats du modèle indiquent que la brosse Automatique est significativement différente des trois autres brosses. La fixe n'est pas significativement différente de la Mini et de la Midi, mais les brosses Mini et Midi sont, elles, significativement différentes entre elles. Pour les activités de brossage les résultats semblent similaires aux résultats du nombre de chèvres en interaction avec la brosse. C'est-à-dire que la brosse automatique semble être préférée, puis les brosses Midi et Fixe et enfin la Mini.

La Figure 13 et le Tableau 13 permettent de mettre en évidence les préférences des chèvres quant à la zone qu'elles préfèrent brosser en fonction de chaque brosse et de chaque période.

Tout d'abord, il faut noter que les brosses Fixe et Mini, sont bien plus utilisées par les chèvres pour se brosser la tête que le corps. De plus, les taux de brossage de la tête et du corps n'ont pas été significativement différents entre P1 et P2. En revanche, pour les brosses Automatique et Midi, les résultats diffèrent. En effet, la brosse Automatique était significativement plus utilisée en P1 pour se brosser la tête que pour se brosser le corps tandis qu'en P2, les taux sont inversés et sont également significativement différents. Enfin, la brosse Midi était significativement plus utilisée pour se brosser la tête que le corps en P1, alors que cette différence n'est pas ressortie en P2.

Tableau 13 : P-values des contrastes pour les préférences de chaque brosse en fonction de la période

Contrastes	p-values	Contrastes	p-values
Automatique P1-Tête vs. P1-Corps	<0,0001	Mini P1-Tête vs. P1-Corps	<0,0001
Automatique P2-tête vs. P2-Corps	<0,0001	Mini P2-tête vs. P2-Corps	0,0238
Automatique P1-Tête vs. P2-Tête	<0,0001	Mini P1-Tête vs. P2-Tête	0,2997
Automatique P1-Corps vs. P2-Corps	<0,0001	Mini P1-Corps vs. P2-Corps	0,8108
Fixe P1-Tête vs. P1-Corps	<0,0001	Midi P1-Tête vs. P1-Corps	0,0204
Fixe P2-tête vs. P2-Corps	0,0004	Midi P2-tête vs. P2-Corps	0,6320
Fixe P1-Tête vs. P2-Tête	0,9233	Midi P1-Tête vs. P2-Tête	0,0552
Fixe P1-Corps vs. P2-Corps	0,9233	Midi P1-Corps vs. P2-Corps	0,3796

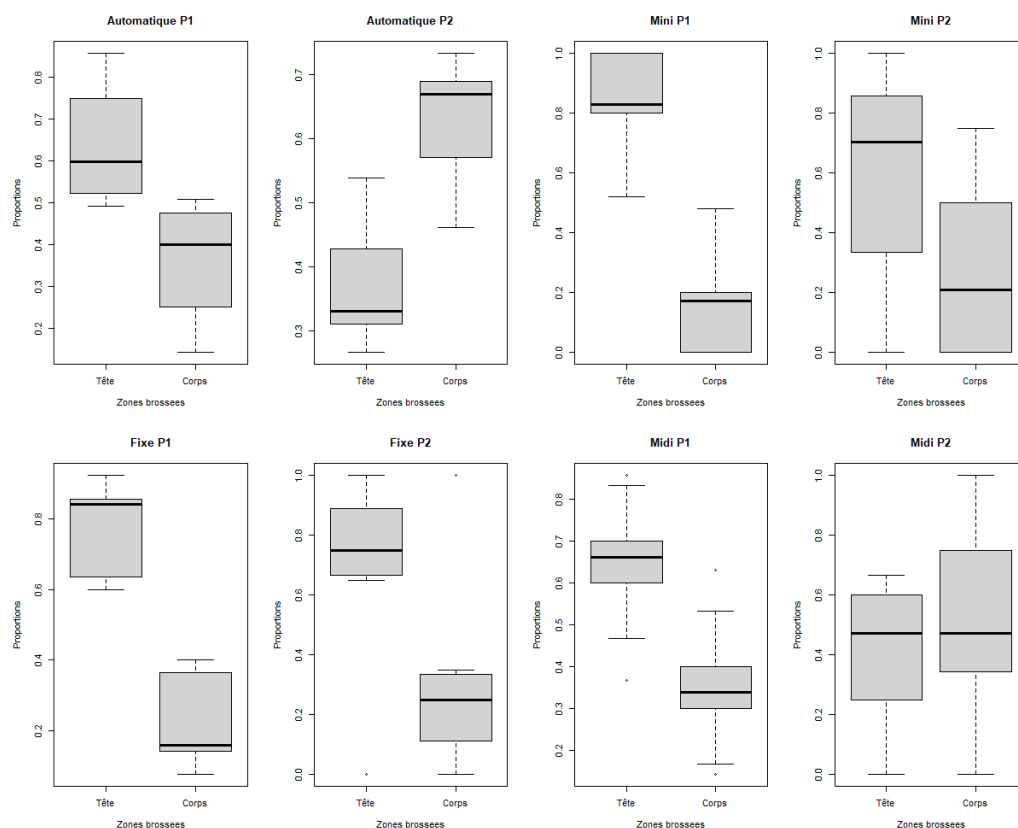


Figure 13 : Boxplots des préférences de brossages pour chaque type de brosse en fonction de la période.

Au vu de ces résultats, une hypothèse permettant d'expliquer ces différences entre périodes serait que les chèvres ont fait évoluer leur utilisation des brosses Automatique et Midi, par le biais d'un apprentissage qui ne semble pas avoir été nécessaire pour les deux autres brosses. Au départ, les chèvres ont utilisé ces deux brosses avec la tête puis elles auraient appris à s'en servir pour se brosser le corps. Tandis que les brosses Mini et Fixe, ne semblent être adaptées que pour le brossage de la tête.

Données FOCUS

Les données du Tableau 14 et de la Figure 14 complètent les données précédentes puisqu'elles apportent des informations sur la fréquence et la durée d'utilisation des brosses.

Tableau 14 : Synthèse des statistiques descriptives pour les variables issues des FOCUS

Variable à expliquer	Variable explicative	Niveau	Moyenne	Sd	Min	Mediane	Max
Nombre moyen d'utilisations par jour, tous comportements confondus.	Type de brosse	Automatique	16,3	21,9	0,0	4,5	104,0
		Fixe	21,1	26,3	0,0	12,0	108,0
		Midi	21,0	28,0	0,0	6,5	123,0
		Mini	14,1	17,7	0,0	5,5	70,0
Durée moyenne d'utilisation par jour, tous comportements confondus.	Type de brosse	Automatique	15,1	19,3	0,0	4,9	74,5
		Fixe	17,5	38,5	0,0	5,9	311,1
		Midi	13,3	18,0	0,0	6,7	78,0
		Mini	17,2	28,0	0,0	6,5	125,7

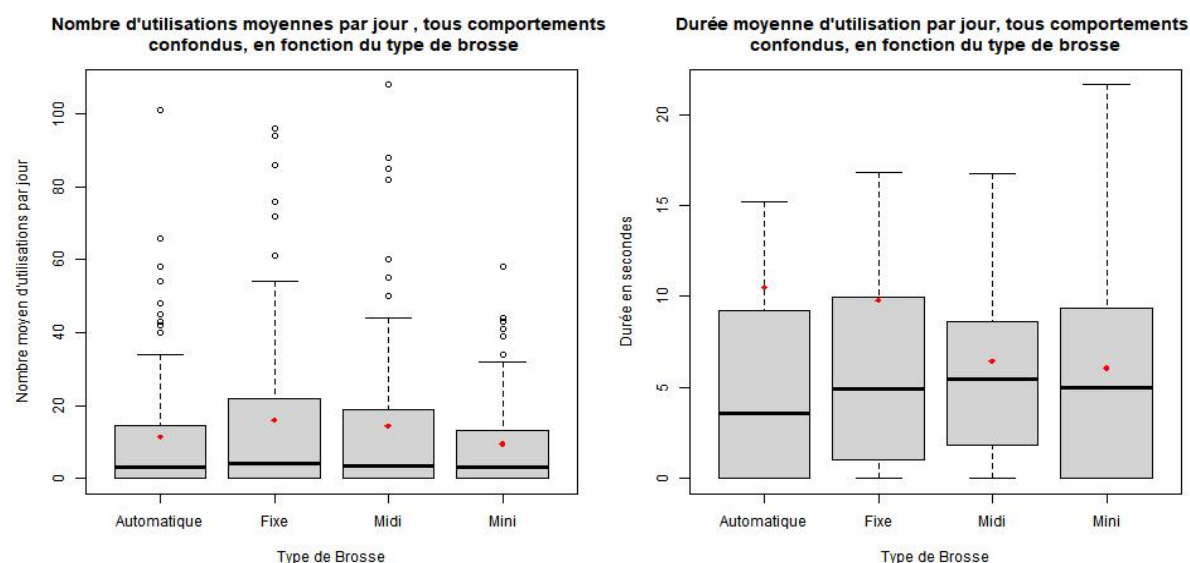


Figure 14 : Boxplots des nombres d'utilisations et des durées moyennes d'utilisations par jour pour chaque type de brosse

En termes de nombre de visites par jour (cf. Figure 14), les brosses sont visiblement autant visitées les unes que les autres, de même que pour les durées d'utilisations par jour.

En revanche, pour une brosse donnée, les durées et nombres d'utilisations varient en fonction du comportement (par ex. « Brosse », « Est mâchouillée » ...) comme l'indiquent les boxplots de l'Annexe K. Ces informations sont ici à titre purement descriptif puisqu'aucuns tests statistiques n'ont été réalisés sur ces données.

4.1.2. Parmi les quatre brosses quelles sont les brosses les plus utilisées pour se brosser la tête ou pour se brosser le corps ?

Cette question permet de focaliser sur les besoins des animaux et sur la complémentarité que les brosses peuvent présenter entre elles. L'extraction de résultats de ces variables suppose que les chèvres utilisaient chaque brosse comme si elles n'avaient pas accès aux autres brosses. C'est-à-dire que le comportement des chèvres vis-à-vis d'une brosse n'est pas influencé par la présence proche des autres brosses ayant des caractéristiques différentes. Des précautions d'interprétation sont donc à prendre pour l'analyse de ces résultats puisque cette hypothèse n'a pas pu être testée dans le cadre de cette étude.

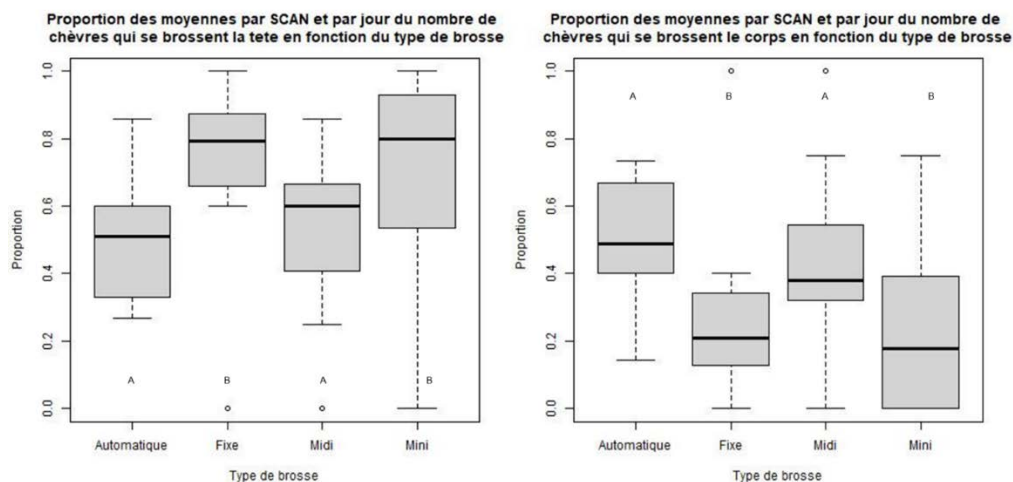


Figure 15 : Boxplots des proportions des moyennes par SCAN et par jour du nombre de chèvres qui se brossent la tête ou qui se brossent le corps en fonction du type de brosse

Ainsi, lorsque les chèvres ont besoin de se brosser la tête, elles s'orientent davantage vers les brosses Fixe et Mini tandis que lorsqu'elles ressentent le besoin de se brosser le corps, elles se tournent vers les brosses Midi et Automatiques (cf. Figure 15). Ces résultats indiquent qu'une complémentarité des brosses semble possible afin de satisfaire aussi bien les besoins de brossages de la tête que les brossages du corps chez la chèvre laitière.

Question 1 : Comment les chèvres utilisent-elles les brosses ? Préférences et complémentarité entre les brosses ?

Nos résultats confirment l'hypothèse initiale que la brosse Automatique est préférée aux trois autres pour les utilisations de brossage. Par contre, il est plus surprenant de constater que les chèvres préfèrent la brosse Midi à la brosse Mini alors que c'est cette dernière qui est recommandée pour les chèvres par le constructeur.

Les deux brosses Automatique et Midi semblent, de plus, présenter plus de possibilités pour les chèvres, leur permettant de se brosser à la fois la tête et le corps, contrairement aux brosses Fixe et Mini qui ne sont presque exclusivement utilisées pour se brosser la tête.

La longueur de la brosse Midi serait finalement plus adaptée pour se brosser le corps (par exemple pour atteindre les flancs) et le poids de la brosse pourrait offrir plus de résistance et donc un brossage plus efficace.

4.2. Impacts des brosses sur le bien-être des chèvres

Le Tableau 15 et l'Annexe L présentent une synthèse descriptive des variables issues des mesures SCAN utilisées pour les analyses statistiques.

Tableau 15 : Synthèse des statistiques descriptives pour les variables quantitatives permettant de répondre à la question 2

Variable à expliquer	Variable explicative	Niveau	Moyenne	Sd	Min	Médiane	Max
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui sont inactives et qui ne se déplacent pas	Période	P0	0,33	0,13	0,10	0,30	0,66
	Période	P1	0,25	0,12	0,05	0,25	0,50
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui "se lèchent, se mordillent, se grattent"	Période	P0	0,07	0,03	0,02	0,07	0,14
	Période	P1	0,06	0,04	0,00	0,06	0,18

Lors d'une première analyse, les postures n'ont pas semblé évoluer entre les deux périodes (P0 : sans les brosses, P1 : avec les brosses). Pour ces raisons, nous avons choisi de privilégier les analyses sur les activités, qui elles, semblaient plus évoluer.

4.2.1. Activités de toilettage (grooming)

Pour ces activités, deux comportements ont été observés : « Se lèche, se mordille, se gratte » et « Se frotte à un élément de l'environnement ».

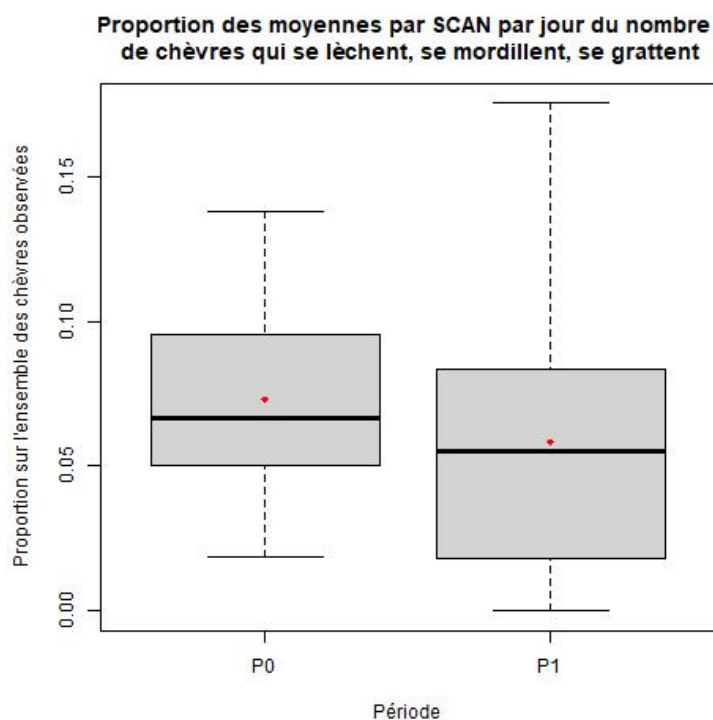


Figure 16 : Boxplot pour le comportement « se lèche, se mordille, se gratte »

Tout d'abord, la Figure 16 donne une première information sur l'évolution des comportements d'auto-grooming en fonction de la période : en P0, le nombre moyen de chèvres observées par SCAN et par jour effectuant l'activité « se lèche, se mordille, se gratte » sur l'ensemble des chèvres observées, semble supérieur à celui de P1. Toutefois, cette information graphique n'est pas vérifiée lors des analyses statistiques puisque cette différence n'est pas ressortie comme étant significative suite aux tests (p -value = 0.0914). Les brosses ne semblent donc pas réduire les comportements d'auto-grooming. En revanche, la variabilité apparaît comme étant plus importante en P1, ce qui pourrait traduire chez certaines chèvres une augmentation des auto-grooming lorsque les brosses sont à leur

disposition, alors que pour d'autres c'est l'inverse, avec une diminution de ces comportements. Sur ce point, d'autres études complémentaires, avec identification individuelle des chèvres, pourraient être menées afin de déterminer si les brosses ne sont pas sources de démangeaisons chez certains animaux. Ceci pourrait expliquer la forte variabilité des comportements d'auto-grooming en période P1.

Ensuite, les comportements de grooming sur les éléments de l'environnement (Figure 17) présentent une évolution beaucoup plus importante entre P0 et P1. En effet, la proportion d'individus dans les classes 1 (grooming intermédiaires) et 2 (grooming élevés) est fortement diminuée en P1 par rapport à P0, tandis que la proportion d'individus classés en 0 (grooming faibles) est, elle, fortement augmentée lorsque les brosses sont présentes. Ces observations graphiques sont confirmées par les analyses statistiques qui valident une différence significative entre P0 et P1 pour cette activité (p -value < 0,0001). Les brosses semblent donc contribuer à la diminution des grattages contre les éléments de l'environnement.

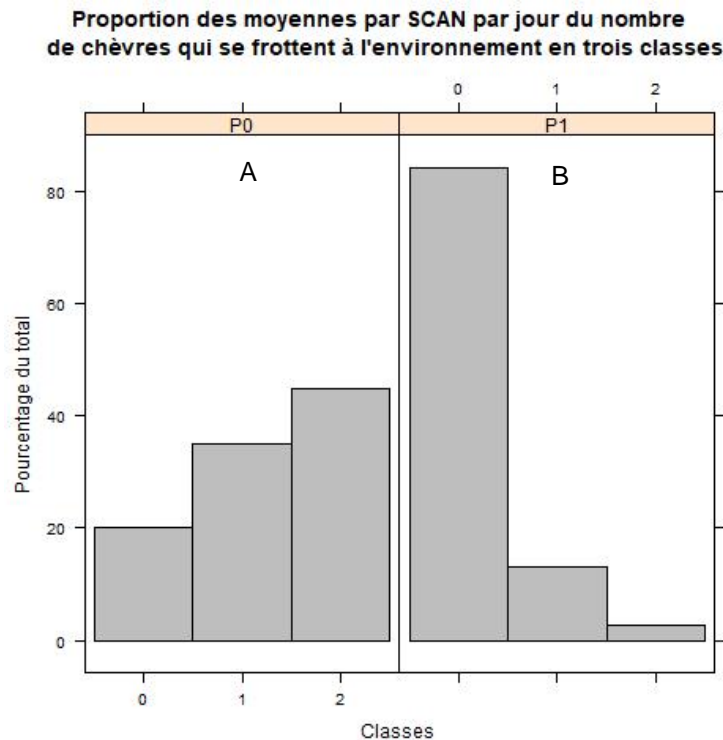


Figure 17 : Boxplot des grooming sur les éléments de l'environnement

4.2.2. Absence d'activité en dehors de la locomotion

Dans le contexte de cette étude, l'activité « Inactive hors locomotion » peut se décliner en quatre postures : « debout en mouvement », « debout immobile », « couchée » ou « autre ». Cette activité signifie que les chèvres ne sont pas en train de réaliser l'une des activités de la grille, mais qu'elles peuvent quand même être en train de se déplacer.

Entre les deux périodes P0 et P1, les résultats graphiques des SCANs (cf. Figure 18) montrent une diminution de la proportion de chèvres qui n'avaient aucune activité autre que la locomotion. Ce résultat a été confirmé par les tests statistiques puisque la différence est ressortie comme étant significative (p -value = 0,0006).

Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui n'ont aucune activité autre que la locomotion

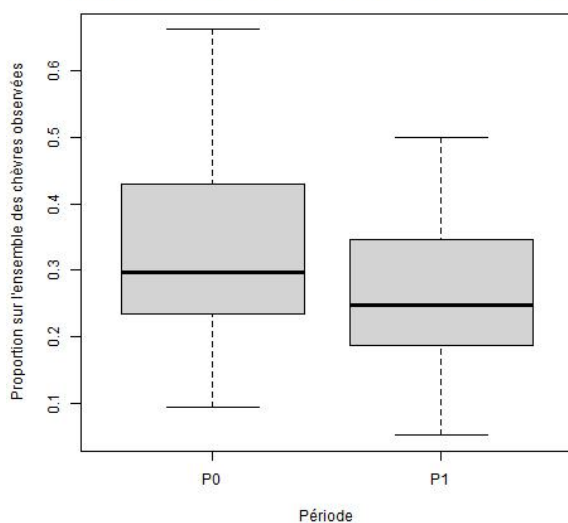


Figure 18 : Boxplot pour l'absence d'activité en dehors de la locomotion

En présence des brosses, les chèvres passent visiblement moins de temps inactives. Toutefois, cette première information n'est pas suffisamment précise. En effet, les chèvres couchées inactives peuvent correspondre à des chèvres qui dorment, or cette variable englobe ce comportement et ne permet pas de différencier les postures debout et couchée inactives. Cela conduit donc à étudier plus directement les proportions de chèvres inactives debout immobiles et les proportions de chèvres couchées immobiles, afin de discerner les comportements qui peuvent s'associer au repos de ceux réellement inactifs.

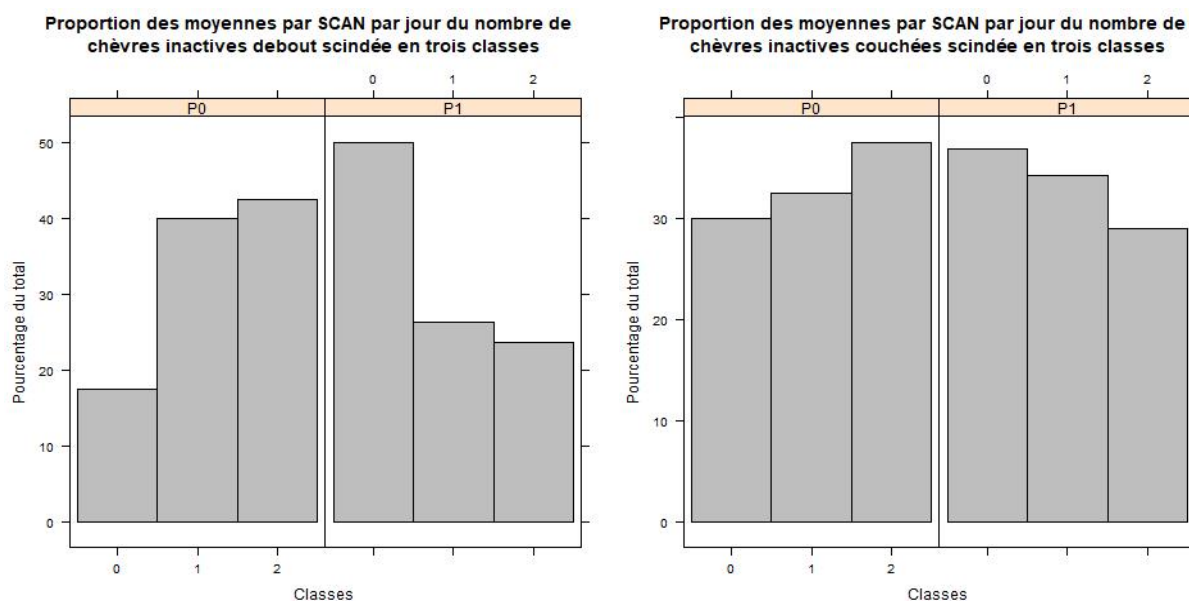


Figure 19 : Histogrammes des proportions de chèvres inactives debout et inactives couchées

Les deux histogrammes de la Figure 19 permettent de mettre en évidence la différence entre les proportions de chèvres inactives debout de celle des chèvres inactives couchées. La proportion de chèvres debout est significativement différente entre P0 et P1 (p -value = 0,0223), alors que cette différence n'apparaît pas pour la proportion de chèvres inactives couchées. En conséquence, les brosses participent probablement à la réduction du temps que les chèvres passent en étant debout inactives tandis que celles-ci ne réduisent pas le temps que les chèvres passent couchées inactives,

puisque sur cette variable les tests statistiques n'ont pas démontré de différence significative entre les deux périodes (p -value = 0,5354).

Ces données peuvent être comparées aux données de Hintze et ses collaborateurs (2020) qui ont montré que les vaches laitières enfermées dans des bâtiments avaient tendance à passer leurs temps inactives couchées (les oreilles en arrière et les yeux ouverts), alors que dans ce cas puisque le temps couché n'a pas été modifié (il doit donc correspondre au temps de repos), il est plausible que les chèvres aient plutôt tendance à passer leur temps inactif debout. Cette information serait intéressante à vérifier en appliquant le protocole mis au point par Hintze sur les chèvres.

4.2.3. Activité d'interaction avec les congénères

L'ajout de brosses dans l'environnement des chèvres est susceptible de modifier les interactions des chèvres entre-elles, qu'elles soient positives ou négatives (agonistiques). Cette hypothèse a été observée par le biais de la variable « interagit avec ses congénères ». Celle-ci ne différencie pas les interactions positives des négatives, cependant, les interactions négatives ont été observées dans les FOCUS et feront l'objet ici de statistiques uniquement descriptives.

Proportion des moyennes par SCAN par jour scindée en trois classes du nombre de chèvres qui interagissent avec leurs congénères

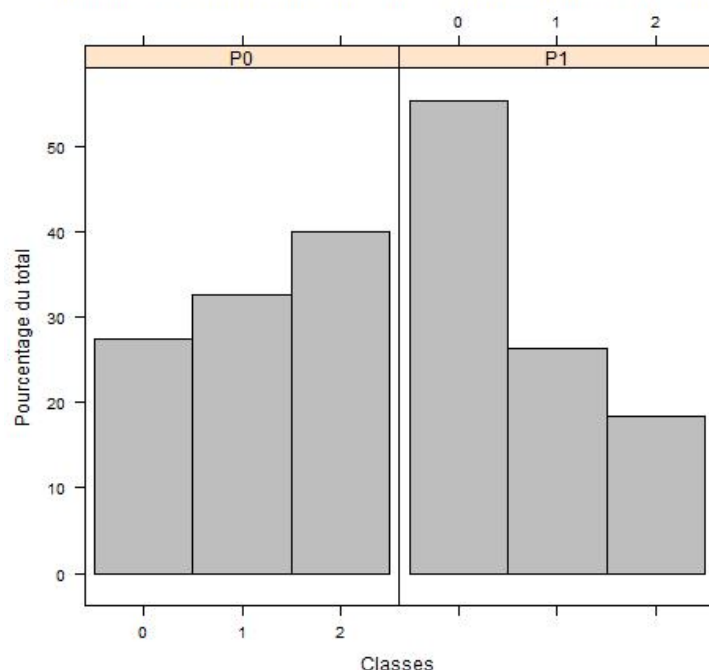


Figure 20 : Histogramme des proportions de chèvres qui interagissent avec leurs congénères

La Figure 20 traduit une diminution des interactions entre les animaux, qui est confirmée par les tests statistiques puisque la différence s'avère significative (p -value = 0,0291). Bien que cette information soit partielle, puisqu'elle ne permet pas de différencier le type d'interaction, elle permet au moins de supposer que les brosses n'ont pas été à l'origine de multiplication des conflits entre les chèvres. Toutefois, cette information est à nuancer puisque les brosses, dans cette étude, étaient au nombre de quatre pour environ 55 chèvres, soit une moyenne de 14 chèvres par brosse. Le nombre de brosses par rapport à la taille du troupeau est donc très supérieur à celui des élevages commerciaux, dans lesquels les constructeurs recommandent une brosse pour 60 chèvres. Nous pouvons donc envisager que dans le cas de notre étude, la compétition pour l'accès aux brosses soit sous-estimée par rapport aux situations commerciales. D'autres analyses seraient donc à mener sur les comportements agonistiques si les chèvres avaient moins de brosses à leur disposition.

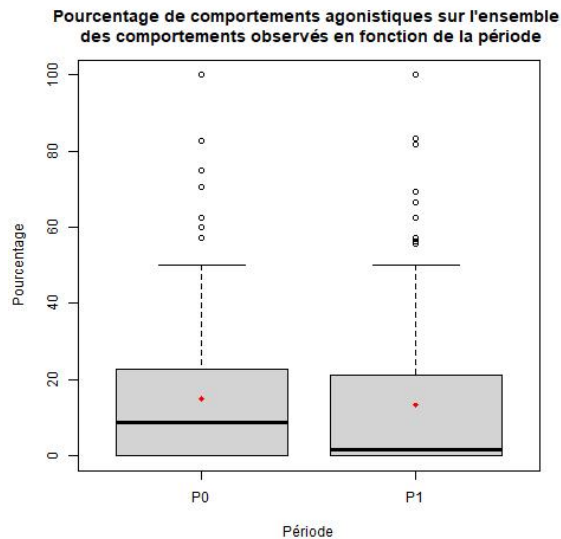


Figure 21 : Boxplot des pourcentages de comportements agonistiques sur l'ensemble des comportements observés en fonction de la période grâce aux observations FOCUS.

La Figure 21, descriptive, et non testée statistiquement (car issue des données FOCUS) montre que globalement le pourcentage de comportements agonistiques entre les deux périodes ne semble pas avoir évolué. Cela semble donc aller dans le sens que les brosses n'ont pas été sources de combats ou de conflits entre les animaux, bien que ce résultat reste à confirmer statistiquement.

4.2.4. Activité de rumination

L'une des activités ayant évolué de façon surprenante entre les deux périodes est celle de la rumination. En effet, une augmentation de la proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui ruminent est observable sur la Figure 22 et a été confirmée par les tests statistiques ($p\text{-value} = 0,0298$).

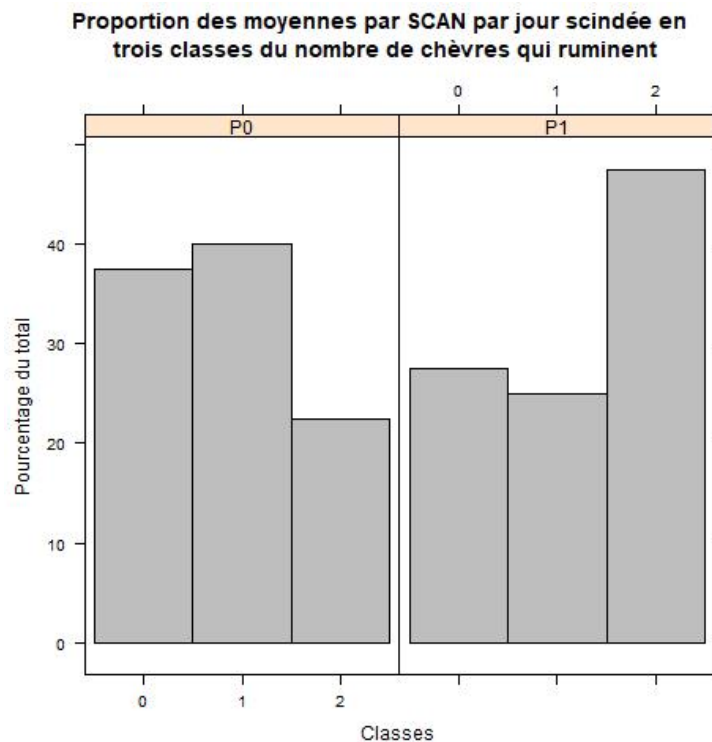


Figure 22 : Histogramme pour l'activité de rumination

Cette différence significative est toutefois à mettre en relation avec les apports alimentaires et notamment les apports de fibres qui peuvent modifier la rumination. C'est d'ailleurs le cas ici, puisque les chèvres ont eu des apports de foin différents entre les deux périodes. Elles avaient en moyenne 2,1 kg de Matière Brute (MB)/animal en P0 contre 2,4 kg de MB/animal en P1. Ce changement alimentaire explique donc probablement, au moins en partie, la différence de proportion de chèvres qui ruminait lors des observations. Pour évaluer l'intérêt des brosses sur la rumination, d'autres expérimentations pourraient être mises en place avec un lot témoin n'ayant pas accès aux brosses et un lot expérimental ayant accès aux brosses, avec strictement la même ration et les mêmes conditions environnementales.

Question 2-A : Quels sont les impacts des brosses sur le bien-être animal ?

D'un point de vue comportemental, les chèvres continuent de s'auto-toiletter de la même façon lorsqu'elles ont les brosses à leur disposition, mais diminuent fortement leurs grattages/brossages contre les éléments de l'environnement.

Les brosses semblent contribuer à faire diminuer le temps que les chèvres passent debout inactives.

Il serait très pertinent de poursuivre les études pour observer plus précisément l'impact des brosses sur la rumination.

4.3. Impact des brosses sur l'état sanitaire des chèvres

D'un point de vue descriptif sur l'état général des deux troupeaux, 90% des chèvres ont un pelage de bonne qualité (poils homogènes, brillants), 99% des chèvres sont très propres au niveau des jarrets et de la mamelle, 95% des chèvres sont exemptes de boiteries et 80% des chèvres sont correctement ébourgeonnées (n'ont aucune repousse de cornes).

Sur les premières comparaisons entre les semaines expérimentales sur le lot DB, aucune des trois variables testées n'est ressortie comme étant significativement différente entre la semaine S0 et la semaine S4 de la période P1 (statistiques descriptives dans le Tableau 18). Cela indique que le nombre d'abcès totaux (hors abcès cicatrisés), le nombre d'abcès fermés et le nombre de blessures totales chez les chèvres DB après installation des brosses n'étaient pas significativement différents de ceux avant que les brosses soient installées (cf. Tableau 16).

Tableau 16 : P-values des contrastes pour les observations sanitaires du lot DB entre S0 et S4 de la période P1

Contrastes	P-values
P1 - Abcès totaux (hors abcès cicatrisés) S0 vs. S4	0.2972
P1 - Abcès fermés S0 vs. S4	0.4816
P1 - Blessures totales S0 vs. S4	0.7321

De même, pour les analyses effectuées sur l'ensemble des mesures, aucune différence significative pertinente n'a été mise en évidence comme l'indique le Tableau 17 (cf. Annexe M pour les statistiques descriptives).

Tableau 17 : P-values des contrastes pour les observations sanitaires des deux troupeaux pour les deux périodes

Lot	Contrastes	P-values
DB	P2 - Abcès totaux (hors abcès cicatrisés) S0 vs. S4	0,9477
	P2 - Abcès fermés S0 vs. S4	0,9499
	P2 - Blessures totales S0 vs. S4	0,8666
DP	P1 - Abcès totaux (hors abcès cicatrisés) S0 vs. S4	0,9934
	P1 - Abcès fermés S0 vs. S4	1,0000
	P1 - Blessures totales S0 vs. S4	0,2613
	P2 - Abcès totaux (hors abcès cicatrisés) S0 vs. S4	1,0000
	P2 - Abcès fermés S0 vs. S4	1,0000
	P2 - Blessures totales S0 vs. S4	0,9808

Tableau 18 : Synthèse des statistiques descriptives des variables utilisées pour le lot DB uniquement

Variable à expliquer	Variable explicative	Niveau	Classes	Pourcentages
Nombre d' abcès totaux (hors abcès cicatrisés) pour les chèvres du lot DB en P1, en trois classes	Semaines expérimentales de la période P1	1	1	25,9
		2	1	26,4
		1	2	51,9
		2	2	62,3
		1	3	22,2
		2	3	11,3
Nombre d' abcès fermés pour les chèvres du lot DB en P1, en trois classes	Semaines expérimentales de la période P1	1	1	35,2
		2	1	35,8
		1	2	46,3
		2	2	52,8
		1	3	18,5
		2	3	11,3
Nombre de blessures totales pour les chèvres du lot DB en P1, en trois classes	Semaines expérimentales de la période P1	1	1	74,1
		2	1	73,6
		1	2	22,2
		2	2	13,2
		1	3	3,7
		2	3	13,2

Toutefois, il semble difficile d'établir des conclusions à partir des informations recueillies grâce à ces mesures. En effet, le temps de mise à disposition des brosses pour les chèvres étant relativement court dans ce protocole, il serait intéressant de comparer les résultats obtenus ici avec ceux qui pourraient être récupérés dans une étude complémentaire, dans laquelle les chèvres auraient accès beaucoup plus longtemps aux brosses. Les abcès, selon les différentes sources bibliographiques (**ARSENAULT, J., ET DUBREUIL, P.**, 2003 et **WASHBURN, K.**, 2019), n'évoluent pas tous à la même vitesse (entre 1 semaine et 3 mois) entre le stade fermé et le stade de cicatrisation. Cela veut donc dire que ce protocole ne permet probablement pas de tenir compte de l'évolution de tous les abcès. De plus, les chèvres sont passées par plusieurs stades physiologiques importants lors de cette étude (notamment la mise à la reproduction en avril et mai) ce qui peut également avoir influencé l'évolution du nombre d'abcès dans les lots. Le protocole permet donc d'indiquer que le nombre d'abcès ne semble pas exploser à court terme avec la mise en place des brosses, mais d'autres études devraient être menées pour avoir de plus amples informations.

Concernant les blessures, puisque les comparaisons ne font pas ressortir de différences significatives, il semblerait que les brosses ne soient pas à l'origine de blessures sur le corps des chèvres. Cette information est d'autant plus importante que les blessures peuvent contribuer à l'augmentation des abcès donc l'absence d'augmentation du nombre de blessures semble encourageante pour limiter les abcès.

Question 2-B : Quels sont les impacts des brosses sur l'état sanitaire du troupeau ?

Les résultats obtenus ici semblent montrer que les brosses ne font pas augmenter le nombre d'abcès sur les chèvres à court terme. Toutefois cette conclusion est partielle puisque les abcès ont des origines multifactorielles et ont parfois des temps d'incubation bien plus longs que les périodes expérimentales de cette étude. Il serait donc judicieux de poursuivre les analyses afin d'obtenir des données plus précises.

4.4. Utilisation des accéléromètres pour enregistrer l'utilisation des brosses

Les résultats obtenus grâce aux accéléromètres sont encore en phase de développement. Toutes les informations présentées ici sont des ébauches du travail qui sera continué et achevé par l'équipe CARAIBE de l'UMRH de l'INRAE Saint-Genès-Champagnelle.

Pour ce projet, dans l'objectif de collecter un maximum d'informations sur les utilisations que les chèvres ont fait des brosses, de jour comme de nuit, des accéléromètres ont été installés sur chacune des brosses. Ceux-ci ont donc accumulé des données pendant les deux périodes durant lesquelles les brosses étaient installées dans les parcs. Cependant, ces données, n'ont qu'un intérêt limité si elles ne sont pas extraites et transformées. C'est pour cela que Bruno Meunier et Quentin Delahaye ont œuvré pour créer des algorithmes permettant d'interpréter automatiquement ces données en termes d'utilisation des brosses.

Pour cela, plusieurs protocoles ont été mis en place. D'abord, les vidéos des brosses Mini, filmées au mois de janvier 2021 sur les deux lots de chèvres, ont été dépouillées pour obtenir un codage des comportements que les chèvres avaient avec les brosses. Ces codages ont été réalisés grâce au même éthogramme et avec le même logiciel (Boris) que les mesures de l'utilisation des brosses lors des codages en direct en mars et juin. Pour dépouiller ces vidéos, deux opérateurs sont intervenus. Leurs codages ont été comparés de façon à vérifier qu'il n'y avait pas de biais entre eux, les F-Score issus des deux vidéos dépouillées par chacun des opérateurs étaient de 94,88 et 93,44 (cf. formule 1).

$$F\text{-Score} = \frac{2 VP}{2VP+FP+FN} \quad (1)$$

A l'issue du dépouillement des vidéos de janvier, Bruno a pu commencer l'élaboration d'un algorithme de lecture des données des accéléromètres. Les accéléromètres enregistrent les mouvements dans 3 dimensions, mais, l'algorithme ne se sert que des données d'un seul axe, celui dont les variations sont les plus importantes. Pour élaborer l'algorithme propre à chacune des brosses, Bruno s'est servi au départ des codages issus des vidéos de janvier puis des codages en direct de mars et de juin. Ces codages lui servaient de « gold standard » pour étalonner l'algorithme à reconnaître certaines formes de signaux spécifiques aux comportements d'utilisation de la brosse. L'algorithme ne donne qu'une information binaire : « la brosse est utilisée pour brosser » et « la brosse n'est pas utilisée pour brosser », mais ce sont trois types de comportements issus de l'éthogramme qui correspondent aux comportements d'utilisation (« brosse », « est grimpée » et « est mâchouillée »).

Une fois les algorithmes créés, une grande phase de vérification de ceux-ci a commencé et continue encore actuellement. Pour cela, quelques indicateurs sont très utiles comme le F-Score, ou le Kappa de Cohen qui mesure l'accord entre les observateurs lors d'un codage (ici les observateurs sont donc les codages Boris et l'analyse des données par l'algorithme). Quelques précautions sont à prendre lors de l'interprétation de ces indicateurs puisque leur valeur peut varier en fonction de la durée de l'utilisation des brosses par observation, et parce qu'une vérification visuelle est toujours indispensable pour les confirmer ou les infirmer. L'une des méthodes de vérification est par exemple la Figure 23 qui permet de vérifier la concordance de l'algorithme avec les codages en direct. Si les données suivent une relation directe positive passant pratiquement par l'origine, cela signifie que l'algorithme détecte correctement les brossages. Aussi, les F-Scores de chaque brosse ne sont pas comparables entre eux puisque les chèvres n'utilisent pas les brosses de la même façon en durée et en fréquence. Toutefois, pour les semaines S1 et S3 de la période P2, la moyenne des F-Scores de la brosse automatique était de 90,40 et celles de la brosse Fixe était de 73,20. Ces deux données semblent satisfaisantes pour Bruno tandis que, pour ces mêmes dates, les deux autres F-Score (63,78 pour la brosse Mini et 58,15 pour la brosse Midi) laissent à penser que des améliorations sont encore possibles.

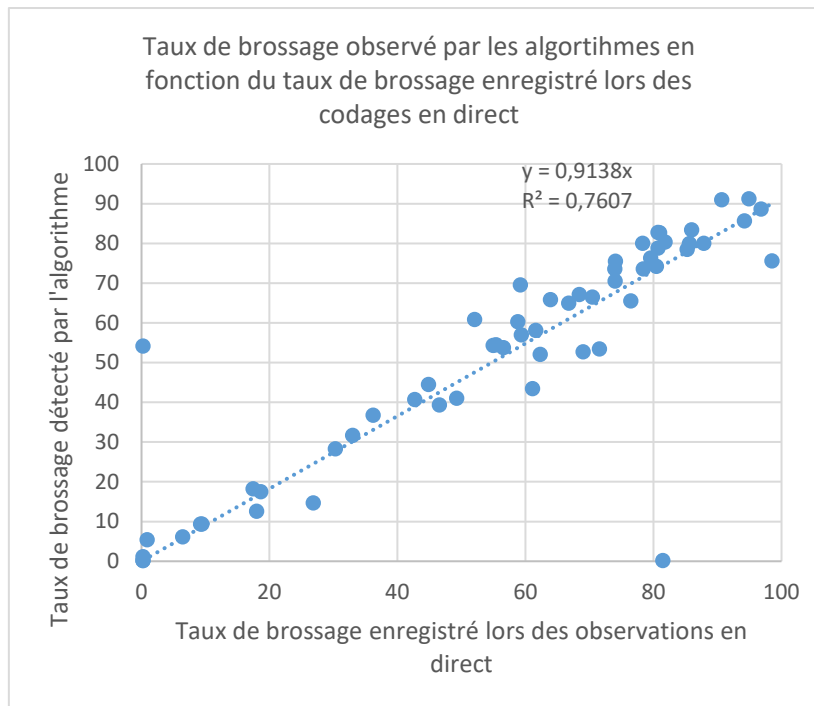


Figure 23 : Taux de brossage observé par les algorithmes en fonction du taux de brossage enregistré lors des codages en direct

Bien que ces vérifications soient encore en cours, des premiers résultats sont observables pour toutes les brosses et pour les deux lots. Pour cette synthèse, les semaines S1 et S3 des deux périodes ont été vérifiées mais seules les données de la période P1 ont été validées. Cependant, elles nous apportaient un intérêt particulier puisqu'elles permettaient de comparer les deux lots de chèvres, et donc d'avoir un premier aperçu des différences d'utilisations en fonction de l'accès ou non au pâturage.

Le taux de brossage correspond au pourcentage de brossages détectés par l'algorithme (c'est-à-dire le pourcentage des données analysées qui correspond à ce que l'algorithme interprète comme « une chèvre est en train d'utiliser la brosse »). Cette donnée est à multiplier par la durée de l'observation globale pour avoir une durée d'utilisation de la brosse par la chèvre.

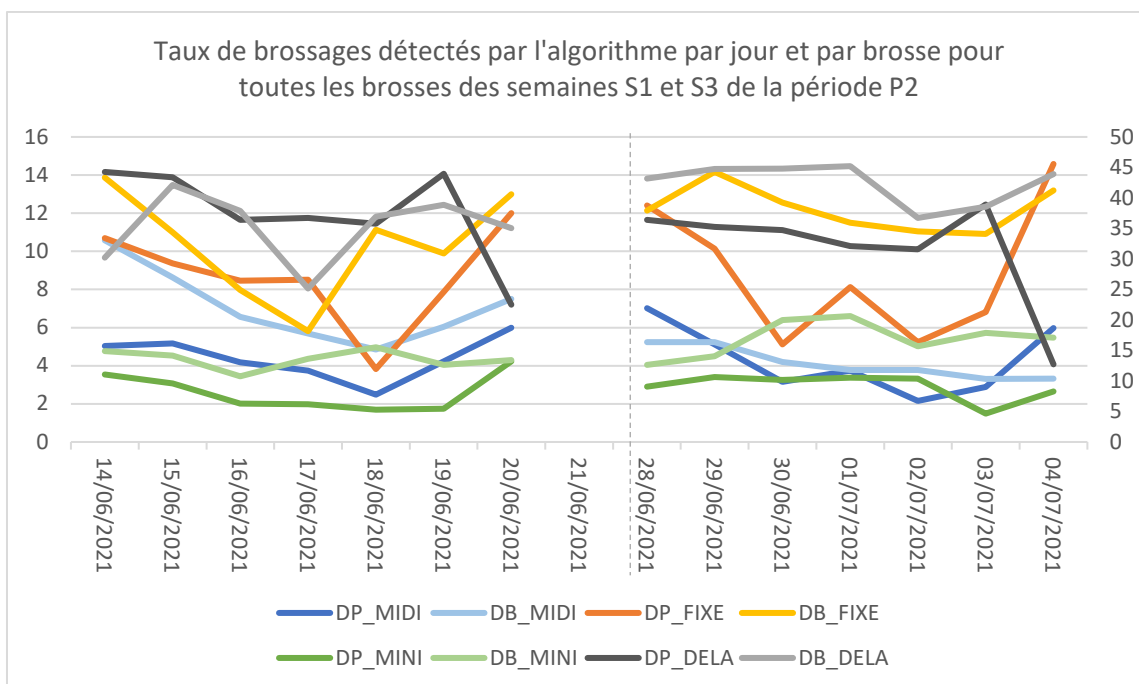


Figure 24 : Taux de brossages détectés par l'algorithme grâce aux données issues des accéléromètres pour chaque brosse et par jour. Les deux courbes grises et les deux courbes noires sont à lire sur l'axe secondaire situé sur la droite du graphique.

La Figure 24 indique que les brosses automatiques semblent être les plus utilisées dans les deux lots, suivies par les brosses fixes, tandis que les brosses Midi et Mini semblent les moins appréciées.

En comparaison avec les préférences de brossages issues des données SCANS de l'utilisation des brosses, les préférences semblent légèrement modifiées. En effet, les SCANS ont montré que la brosse automatique était préférée, suivie par les deux brosses Midi et Fixe et enfin par la Mini. Toutefois, les observations ne sont pas tout à fait basées sur les mêmes critères, ce qui pourrait expliquer ces différences. Les SCANS observent soit l'intégralité des interactions des chèvres avec les brosses, soit uniquement les brossages. Or, la Figure 24 propose un résultat pour les utilisations suivantes « brosse », « est grimpée » et « est mâchouillée ». Ainsi, les mâchouillages pourraient peut-être être à l'origine des différences en termes de préférences.

En P1 et en P2, le lot pâturant utilise visiblement légèrement moins les brosses que le lot bâtiment, peu importe le type de brosses. Les brosses doivent donc répondre à un besoin de grattage et d'occupation même pour les chèvres qui ont un environnement plus riche lorsqu'elles vont au pâturage.

Question 3 : L'accès au pâturage modifie-t-il le comportement des chèvres vis-à-vis des brosses ?

A l'heure actuelle, au vu des données dont nous disposons, il est délicat de tirer des conclusions pour cette question. Cependant, les premières données extraites semblent montrer que les chèvres qui ont accès au pâturage utilisent les brosses à un niveau pratiquement similaire à celui des chèvres qui restent en bâtiment.

La suite des analyses permettra probablement d'observer un éventuel phénomène de compensation de l'utilisation des brosses par les chèvres au pâturage qui n'y ont accès qu'une partie de la journée en comparaison aux chèvres qui restent à l'intérieur.

5. Discussion générale

5.1. Discussion de la Question 1 : Comment les chèvres utilisent-elles les brosses ? Préférences et complémentarité entre les brosses ?

D'une manière générale les chèvres semblent préférer interagir et se brosser en premier avec la brosse automatique, en second avec les brosses Midi et Fixe et en dernier avec la brosse Mini. Lorsque les chèvres ont la volonté de se brosser la tête, elles semblent se diriger d'abord vers les brosses Fixe et Mini tandis que lorsqu'elles veulent se brosser le corps la brosse automatique et la brosse Midi sont plus utilisées. Ces différences d'utilisation ont varié entre les périodes, ce qui nous a conduit à supposer que les chèvres avaient appris à se servir de certaines brosses.

Dans une étude sur l'utilisation des brosses mécaniques chez les vaches laitières, les chercheurs ont remarqué que les vaches avaient tendance à diminuer les brossages de leur tête lorsqu'elles avaient des brosses à leur disposition. Cette diminution des brossages de la tête s'accompagnait d'une augmentation des brossages du cou, du dos et de la queue. Les scientifiques ont donc interprété ces changements de zones brossées (en comparaison aux zones grattées contre l'environnement) par un accès plus facile à certaines zones du corps grâce aux brosses (**DEVRIES, T.J., ET AL., 2007**). Dans l'étude sur les vaches laitières, celles-ci n'avaient qu'un seul type de brosse à leur disposition tandis que les chèvres ici en avaient quatre. Contrairement aux vaches, les chèvres ont continué de se brosser la tête avec les brosses Fixe et Mini, bien que celles-ci soient également utilisables pour le corps.

En termes de temps passé à utiliser les brosses, les informations dont nous disposons pour le moment sur cette question n'ont pas encore été validées. Toutefois, les données fournies par les observations en FOCUS indiquent que les chèvres utilisent visiblement les brosses sur des durées similaires. Ces informations seront complétées et confirmées ou infirmées par les données issues des accéléromètres, puisque les données issues des FOCUS ne couvrent qu'à peine 25% de la journée et que ce pourcentage n'est pas extrapolable au reste de la journée.

Sur les différences d'utilisation des brosses en fonction des conditions climatiques, les brosses sont restées installées dans les parcs avec leur accéléromètres jusqu'au 13 août dans l'objectif de recueillir des informations lors de périodes de fortes chaleurs. Mais, comme cet été n'a pas été caniculaire comme les précédents, il serait peut-être judicieux de remettre en place ces essais l'an prochain afin de comparer des périodes avec des températures plus marquées.

5.2. Discussion de la Question 2 : Quels sont les impacts des brosses sur le BEA ?

Tous les comportements des chèvres observées n'ont pas été modifiés par l'ajout de brosses dans les aires paillées. Par exemple, les comportements d'abreuvement, d'alimentation et les auto-grooming sont restés inchangés entre les deux périodes d'observations (sans et avec les brosses). En revanche, les grattages sur l'environnement, le temps que les chèvres passent « debout inactives », les interactions des chèvres entre-elles et la rumination ont été modifiés. Ces trois premiers comportements ont eu tendance à diminuer avec l'installation des brosses tandis que le quatrième, la rumination, a eu tendance à augmenter. Cependant, ces conclusions ne sont pas forcément toutes dues à l'installation des brosses. C'est notamment le cas de la rumination qui a très probablement été modifiée par l'augmentation de matière brute distribuée aux chèvres.

Par ailleurs, une étude a été menée en 2019 sur le comportement et les bénéfices sur la santé de l'accès aux brosses pour de très jeunes veaux laitiers. Cette étude indique que l'accès aux brosses a tendance à faire diminuer le temps que les veaux passent inactifs et contribue également à augmenter le temps qu'ils passent à s'alimenter (**VELASQUEZ-MUNOZ, A., ET AL., 2019**). Ainsi, chez les veaux laitiers et chez les chèvres, les brosses permettent de diminuer le temps passé inactif dans le bâtiment en apportant une source de stimulations supplémentaire. Au vu des résultats de l'étude sur les veaux laitiers, il serait intéressant de continuer les observations au niveau de l'alimentation et de la rumination sur les chèvres. En effet, si le temps passé à s'alimenter augmente chez les veaux avec les brosses, l'augmentation de la rumination chez les chèvres lors des périodes d'accès aux brosses pourrait peut-être également s'expliquer par une augmentation du temps passé à l'auge. Il faudrait pour cela que la ration des chèvres n'évolue pas au cours de l'expérimentation.

Tous ces résultats vont dans le même sens : un impact positif des brosses sur le comportement des chèvres, ce qui confirme l'intérêt des brosses comme enrichissement de milieu pour les chèvres laitières.

En termes sanitaires, l'hypothèse de départ supposait que les brosses pouvaient être le support de transmission des bactéries à l'origine des abcès caséeux, ce qui constituait une limite à leur utilisation en fermes. Grâce aux protocoles mis en place ici, nous n'avons pas mis en évidence de différences significatives entre les nombres d'abcès et les nombres de blessures avant et après l'accès aux brosses. Toutefois, comme évoqué précédemment, ces informations sont probablement partielles puisque les abcès mettent entre une semaine et trois mois à se développer, et que les protocoles utilisés dans cette étude ne prennent en compte que les abcès s'étant développés dans un laps de temps d'un mois maximum. De plus, les lots ne sont pas absolument isolés les uns des autres puisqu'ils passent au moins une fois par jour dans la même salle de traite. Aussi, selon la littérature, l'apparition d'abcès est très souvent multifactorielle, ce qui ne permet pas de conclure quant à l'impact des brosses sur les abcès caséeux. Avec toutes ces précautions d'interprétation, il semble que les brosses n'aient pas entraîné d'augmentation des problèmes sanitaires, ce qui tend à confirmer leur non-dangerosité pour les chèvres, condition *sine qua non* pour que l'utilisation des brosses comme enrichissement de milieu soit confirmée.

5.3. Discussion de la Question 3 : Différence d'utilisation des brosses en fonction de l'accès ou non au pâturage

A ce stade de l'étude, les différences qui apparaissent entre les deux lots (DB et DP) de chèvres ne sont pas encore validées. Les données issues des algorithmes semblent montrer que les chèvres conduites avec du pâturage utilisent légèrement moins les brosses que les chèvres en bâtiment (informations qui seront confirmées lors des prochaines analyses menées par INRAE). Cela semble confirmer l'hypothèse de départ que les chèvres ayant accès au pâturage ont d'autres sources d'occupation et d'autres supports pour se gratter et utilisent donc moins les brosses. Cela soulève toutefois l'idée que les brosses répondent à un besoin puisqu'elles ne semblent pas être complètement délaissées par les chèvres du lot DP (les brosses auraient pu ne pas être utilisées du tout si jamais les chèvres trouvaient suffisamment de support pour se gratter dans les herbages).

L'étude de la différence d'utilisation des brosses en fonction du pâturage pourrait également être menée sur des animaux ayant non pas uniquement accès à des surfaces enherbées (sans arbres et avec une clôture électrique en piquets plastique) mais aussi à des animaux ayant accès à des landes boisées, ou à des surfaces enherbées pourvues d'arbres, d'arbustes ou de buissons. En effet, ces dernières sont probablement beaucoup plus riches en stimuli et supports de grattage que les prairies. Ainsi, l'utilisation des brosses lorsque les chèvres rentreraient au bâtiment serait probablement différente. Cependant, il faudra s'interroger sur la pérennité de ces arbres ou arbustes face aux capacités de destruction des chèvres.

5.4. Discussion de la Question 4 : Les accéléromètres peuvent-ils servir pour enregistrer automatiquement et sur le long terme l'utilisation des brosses ?

Les données tirées des accéléromètres et des algorithmes utilisés pour le moment semblent donner des informations prometteuses pour la suite des analyses.

Concernant les accéléromètres, l'un des points positif est qu'ils fonctionnent de façon très autonome et que nous n'avons jamais eu de problèmes d'enregistrements dus aux capteurs. Leur très grande sensibilité permet parfois d'augmenter la précision des données enregistrées mais peut également être source de « bruits » pour certaines brosses (par exemple, l'accéléromètre fixé sur la brosse Mini était capable d'enregistrer les vibrations, conduites par les barrières, produites par une chèvre qui buvait à l'abreuvoir le plus proche).

L'usage des capteurs et la création des algorithmes ont soulevé d'autres problématiques qui compliquent également l'interprétation des données.

Au sujet du gold standard pour la création des algorithmes, nous nous sommes aperçus que le codage en direct dans la chèvrerie n'était pas forcément la solution la plus fiable. En effet, l'observation de comportements sur un support vidéo laisse la place aux modifications et aux re-visionnages pour s'assurer de la véracité des codages, tandis que les codages en direct peuvent être beaucoup plus

aléatoires. Le gold standard dans ce contexte est donc probablement moins fiable qu'un gold standard issu de vidéos.

Sur ce point, le choix avait été fait de faire les codages en direct avec le logiciel Boris pour avoir une première approche de ce logiciel, sachant qu'INRAE travaillait auparavant avec un autre logiciel de codage en direct : The Observer. L'inconvénient du logiciel Boris, est qu'il ne retranscrit nulle part l'heure exacte à laquelle le codage en direct commence. En effet, le logiciel enregistre l'heure de la création du fichier de codage, mais n'affiche pas l'heure exacte à laquelle le tout premier comportement des chèvres est renseigné. Or, cette information est capitale pour pouvoir faire correspondre les observations en direct avec les données issues des accéléromètres, et ce problème n'avait pas été rencontré avec les codages sur la base des vidéos. Il a donc fallu retrouver l'heure de départ des codages par tâtonnements au début puis grâce à des processus d'automatisation par la suite.

De surcroît, une autre source potentielle de biais, est le manque de codages pour le lot DP. A savoir que les codages en direct ont toujours été effectués sur les chèvres du lot DB, et que même si les brosses sont identiques et sont installées de façon similaire dans les deux lots, quelques différences subsistent. Les algorithmes créés pour les brosses du lot DB ont été appliqués aux brosses du lot DP, mais ne peuvent pas être vérifiés grâce au gold standard.

5.5. Discussion générale sur l'ensemble des protocoles et perspectives

Les protocoles construits pour cette étude ont été imaginés pour s'adapter et limiter les perturbations de l'expérimentation système Patuchev. Cette adaptation était assez contraignante mais avait l'avantage de pouvoir comparer deux lots avec des conduites d'élevage identiques en dehors du pâturage. Néanmoins, si cette étude avait été menée sans les contraintes de l'expérimentation système, peut-être que les brosses auraient pu être testées les unes après les autres ou en simultané mais avec des petits lots de chèvres qui n'auraient eu accès qu'à une seule brosse. Dans un autre contexte, il n'y aurait peut-être pas eu d'interruption entre les deux périodes pour laisser place à la reproduction et aux autres essais menés en parallèle. Egalement, la pratique de la traite a évolué entre les deux périodes, puisqu'il y a eu un passage en monotraite de l'ensemble des chèvres entre P1 et P2.

Pour ce qui est de l'utilisation des brosses, d'autres essais complémentaires pourraient être menés pour compléter les informations disponibles. Par exemple, les données issues de ce protocole quant aux interactions entre les animaux lorsque les brosses sont disponibles ne sont pas extrapolables à des élevages commerciaux puisque le nombre de brosses par rapport à la taille du troupeau est ici bien plus élevé (14 chèvres pour une brosse ici contre 60 chèvres en élevage commercial). Il ne serait donc pas surprenant qu'avec moins de brosses par chèvres, les interactions voire les comportements agonistiques de compétition entre les animaux soient plus intenses.

Aussi, l'interprétation des données de ce protocole sur la moindre utilisation de la brosse Mini pourrait être nuancée par le fait que comme les chèvres avaient eu accès à cette brosse au mois de janvier (lors des enregistrements vidéos) elles y accordaient moins d'importance qu'aux autres brosses lors des périodes d'observation de mars et de juin.

Entre les brosses Mini et Midi, nous avons supposé que les chèvres avaient une préférence pour la brosse Midi de par son poids. En effet, nous avons remarqué que les chèvres avaient tendance à se brosser parfois de façon très énergique et avec un contact très fort sur les brosses, c'est pour cela que nous avons émis l'hypothèse que les chèvres préfèrent la Midi, puisqu'elle offre plus de résistance que la Mini lorsque les chèvres s'y frottent.

Sur le comportement bien-être des chèvres, il aurait été intéressant de continuer les observations des postures et des activités suite au retrait des brosses au mois d'Avril afin d'observer un éventuel « manque » créé par les brosses, qui se serait peut-être traduit par une augmentation des grattages sur l'environnement par rapport à la semaine S0. Cela n'a pas été possible puisque la période de reproduction des chèvres (avec ajout de boucs dans le troupeau) était prévue au mois d'avril, juste après le retrait des brosses. De plus, suite à la période de reproduction, les chèvres participaient à deux autres études sur les effets du plantain ou du sainfoin sur le parasitisme gastro-intestinal qui font partie de l'expérimentation système Patuchev.

Concernant l'impact des brosses sur les données zootechniques, des informations très pertinentes pourraient être observées par la suite grâce aux données issues des mesures de routine sur les chèvres comme les pesées, les contrôles laitiers... De cette façon, il serait possible d'observer

l'impact des brosses sur la production laitière en comparant les données de la période P0 avec celles de la période P1.

Enfin, le comportement des chèvres avec les brosses pourrait également devenir un indicateur du confort des animaux à observer par les éleveurs. Par exemple, chez les vaches laitières, Isabelle Rautenbach dans sa thèse a observé une augmentation de la durée journalière de brossage et une augmentation des brossages de la croupe lorsque les vaches de son expérimentation avaient une inflammation de la mamelle (mammite) (**RAUTENBACH, I.**, 2019). Il serait donc intéressant de savoir observer des comportements caractéristiques du bien-être ou du mal-être des chèvres afin d'apporter les ajustements nécessaires.

Conclusion

Cette étude, avait pour objectif de répondre à la problématique suivante : quelles sont les préférences des chèvres laitières vis-à-vis de différentes brosses et quel est l'impact de l'accès aux brosses sur le bien-être de celles-ci ? De cette problématique, découlaient quatre questions d'étude.

La première était consacrée à l'utilisation des brosses par les chèvres et sur les préférences et les complémentarités possibles entre les quatre brosses qui ont été mises à leur disposition. Sur ce point, dans le cadre de notre étude, nous avons conclu que la brosse Automatique était la brosse que les chèvres préféraient pour se brosser, qu'elles allaient ensuite plutôt vers la Fixe et la Midi et que la brosse Mini était celle qu'elles appréciaient le moins. Ensuite, nous avons observé que le besoin de grattage de la tête ou du corps chez les chèvres ne s'exprimait pas de la même façon sur les quatre brosses. En effet, les chèvres semblent aller préférentiellement vers la brosse Mini et la brosse Fixe pour se brosser la tête et vers la brosse Automatique et la Midi pour se brosser le corps (dans l'hypothèse où les chèvres ont utilisé les brosses lors de cette expérimentation de la même façon que si elles avaient eu les brosses une par une). Nous avons aussi remarqué que les chèvres avaient probablement appris à utiliser les brosses Automatique et Midi pour se brosser le corps (vs. la tête) puisque leur utilisation était différente entre les deux périodes expérimentales.

La seconde question d'étude portait sur l'impact des brosses sur le bien-être des chèvres. Pour cela, les protocoles nous ont permis de faire ressortir quelques différences dans les activités des chèvres entre les périodes sans et avec les brosses. Lorsque les brosses sont disponibles, les chèvres passent moins de temps debout inactives, elles semblent également moins interagir avec leurs congénères et ruminent plus. Ces deux derniers points sont toutefois à nuancer, puisque le nombre de brosses par rapport au nombre de chèvres dans les parcs était bien plus élevé que dans un élevage commercial et, que concernant la rumination, les taux de matière brute distribués avaient été augmentés. Il serait donc pertinent de poursuivre les investigations dans des conditions différentes pour confirmer ou infirmer ces résultats. Les protocoles ont également indiqué que les chèvres continuaient leurs auto-grooming même lorsque les brosses étaient à leur disposition mais qu'en revanche les grattages sur l'environnement avaient été fortement diminués. Nous avons donc déduit que les brosses répondaient bien à un besoin de grattage, complémentaire aux auto-toilettages. D'un point de vue sanitaire, les conclusions sont à interpréter de façon très précautionneuse puisque les observations sur les abcès n'ont été faites qu'à court terme et que ceux-ci sont bien souvent influencés par de multiples facteurs. Cependant les données semblent encourageantes puisque, sur la période étudiée, nous n'avons pas soulevé de différence du nombre d'abcès lorsque les chèvres avaient accès aux brosses. L'ensemble de ces résultats nous conduit à confirmer l'intérêt des brosses pour les chèvres en tant qu'enrichissement de milieu.

Les deux dernières questions auxquelles nous avons tenté de répondre sont liées puisqu'elles dépendent toutes les deux des accéléromètres posés sur les brosses pour nous permettre d'accéder au temps total d'utilisation par jour. La différence d'utilisation des brosses entre le lot de chèvres élevées en bâtiment et le lot qui a accès au pâturage semble assez minime, bien que les chèvres qui ne sortent pas semblent utiliser légèrement plus les brosses que les autres (cette information est issue de l'observation de statistiques descriptives et mérite encore des vérifications avant d'être validée). Sur l'utilisation des capteurs pour enregistrer l'utilisation des brosses, plusieurs conclusions peuvent être extraites. La conclusion la plus prometteuse est que les capteurs, et les algorithmes qui leur sont propres, sont visiblement utilisables de façon pertinente dans ce contexte. Toutefois, de nombreuses vérifications sont encore à mener avant d'avoir des résultats finaux.

Cette étude ébauche donc des résultats très encourageants sur l'impact des brosses comme enrichissements de milieu pour les chèvres laitières. A court terme, l'équipe CARAIBE d'INRAE va continuer d'analyser les données recueillies puisque toutes n'ont pas pu être étudiées pendant le stage.

Pour les mois et années à venir, il serait intéressant de poursuivre l'analyse de ces enrichissements en observant leurs impacts sur les données zootechniques comme la production laitière. De plus, les observations sanitaires sur les abcès pourraient également être continuées sur le long terme afin d'obtenir des résultats plus précis. Enfin, le bien-être étant une préoccupation pour tous les animaux, il serait pertinent de continuer les observations sur les jeunes animaux (cabris et chevrettes) et sur les boucs.

Liste des références bibliographiques

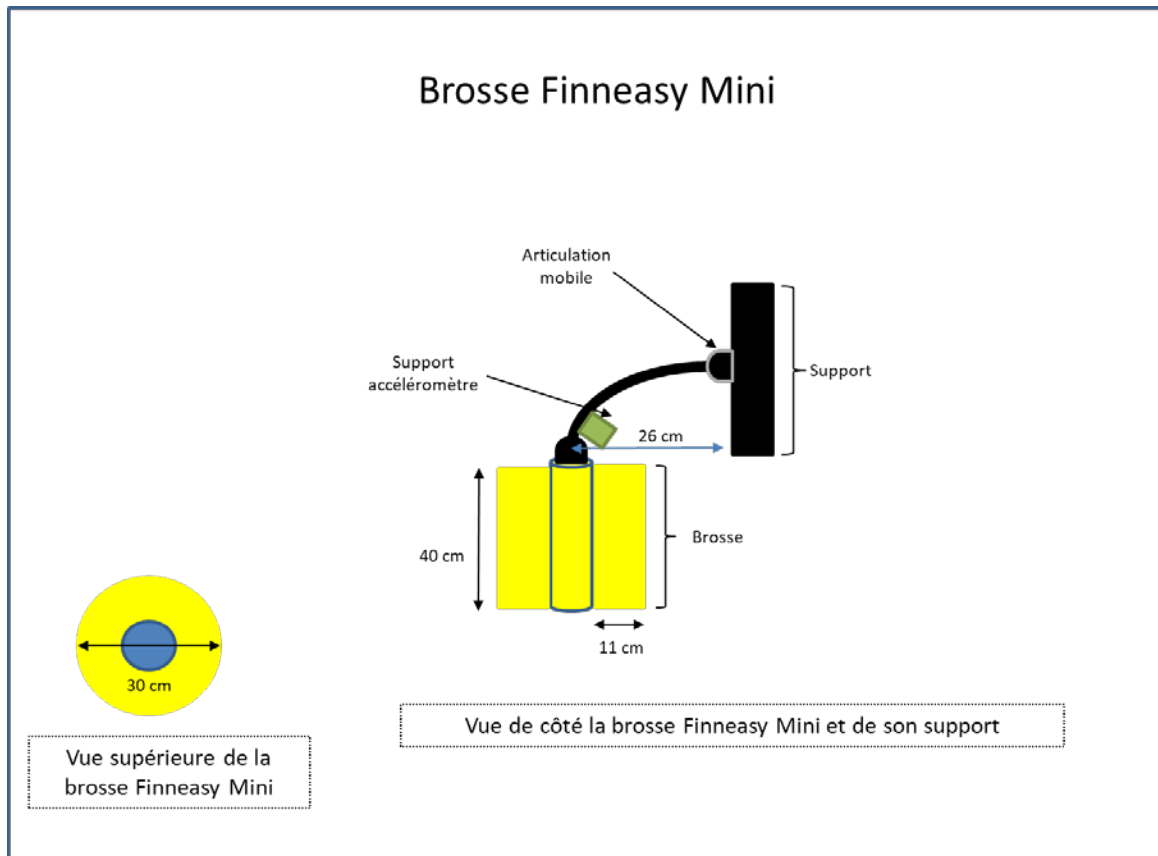
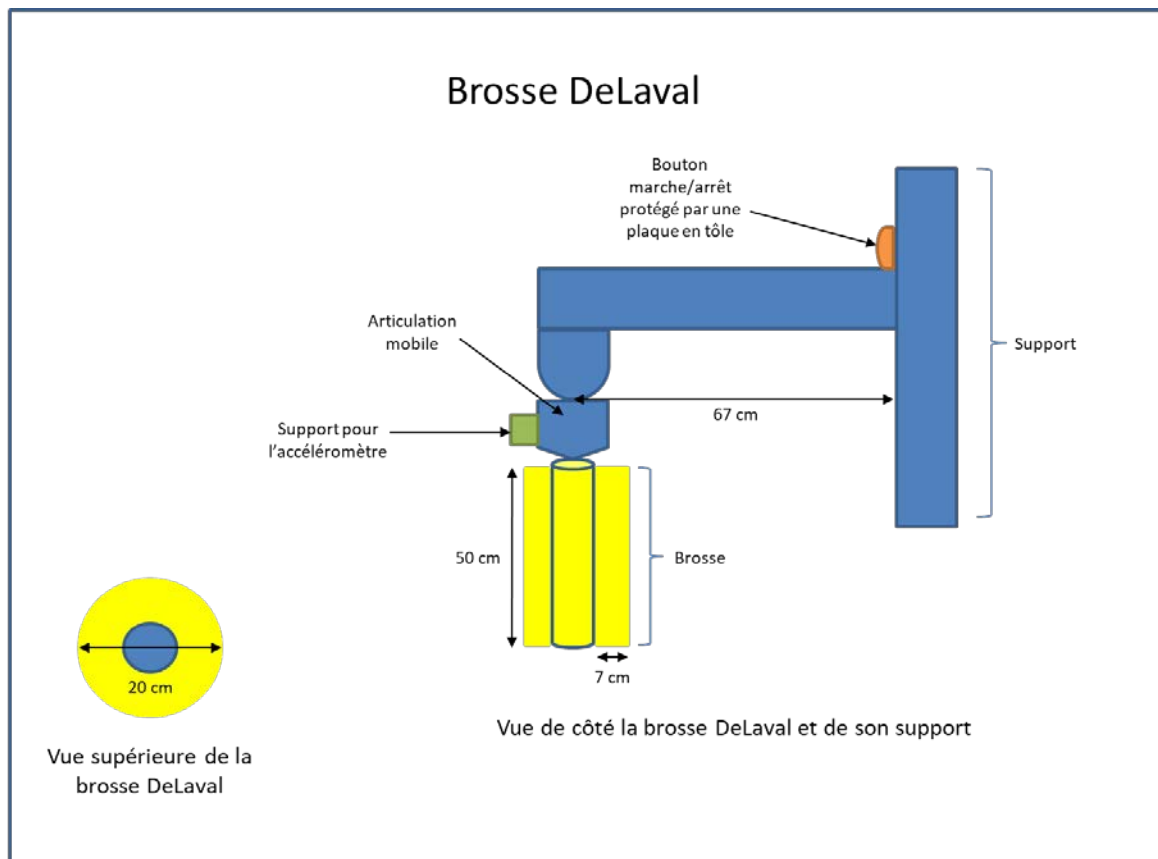
- ANICAP, ET IDELE.**, 2020. Aires d'exercice pour les chèvres laitières. 10 p.
- ANICAP, ET INTERBEV.**, 2018. Plan de la Filière Caprine Française à l'horizon 2022.
- ANICAP.**, 2015. Consommateurs et consommation de fromages de chèvre en France - Journée GEC-SEZ 2015. Cluny. 54 p.
- ANSES.**, 2018. Comprendre le bien-être animal. *In* : Centre National de référence pour le bien-être animal [en ligne]. Date de consultation : 30/07/2021. Disponible sur : <<https://www.cnr-bea.fr/sinformer-sur-le-bien-etre-animal/#definition>>.
- ARSENAULT, J., ET DUBREUIL, P.**, 2003. La lymphadénite caséuse. *Le médecin vétérinaire du Québec*, volume 33, n° 1 et 2. p. 32-34.
- AWIN.**, 2015. AWIN welfare assessment protocol for Goats.
- BATTINI, M., VIERA, A., BARBIERI, S., ET GRENHO AJUDA, I.**, 2014. Animal-based indicators for on-farm welfare assessment for dairy goats. *Journal of Dairy Science*, volume 97, n° 11. p. 6625-6648.
- BENOIT, L., ET VERHEYDEN, H.**, 2017. Elaboration d'un éthogramme accélérométrique chez le chevreuil (*Capreolus capreolus* L.). Auzeville-Tolosane : CEFS - INRAE. 29 p.
- BLOKHUIS, H.J.**, 2009. Welfare Quality® - Assessment protocol for cattle. Lelystad, Netherlands. 142 p.
- BLOOMSMITH, M.A., BRENT, L.Y., ET SCHAPIRO, S.J.**, 1991. Guidelines for Developing and Managing an Environmental Enrichment Program for Nonhuman Primates. *American Association for Laboratory Animal Science*, volume 41, n° 4.
- BOE, K.E., EHRLÉNBRUCH, R., ET ANDERSEN, I.L.**, 2012. Outside enclosure and additional enrichment for dairy goats – a preliminary study. *Acta Veterinaria Scandinavica*.
- BOISSY, A., ARNOULD, C., CHAILLOU, E., ET DESIRE, L.**, 2007. Emotions and cognition: A new approach to animal welfare. *Animal welfare*. 37-43.
- BOSSIS, N., ET JOST, J.**, 2016. Observatoire de l'alimentation des chèvres laitières françaises. IDELE. 4 p. ISBN 978-2-36343-769-9.
- BOTREAU, R.**, 2020. Formation Master 2 GloQual - Stratégies d'évaluation du bien-être animal.
- BOTREAU, R., VEISSIER, I., ET PERNY, P.**, 2009. Overall assessment of animal welfare: strategy adopted in Welfare Quality®. *Universities Federation for Animal Welfare*. 8.
- BOURQUE, T.**, 2017. One Welfare. *The Canadian Veterinary Journal*. 217-218.
- BRALET, D.**, 2002. L'influence du léchage sur la pharmacocinétique de l'Ivermectine Pour-On chez les bovins. THESE pour obtenir le grade de DOCTEUR VÉTÉRINAIRE DIPLOME D'ÉTAT : Paul-Sabatier - Ecole Nationale Vétérinaire. 111 p.
- CAILLAT, H., RANGER, B., ET GUILLOUET, P.**, 2013. PATUCHEV : Un dispositif expérimental pour concevoir et évaluer des systèmes d'élevage caprins performants et durables. *In*: 20èmes Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. 2013, Paris : Rencontres Recherches Ruminants - INRAE - Institut de l'Élevage. p. 296.
- CAROPRESE, M., CASAMASSIMA, D., GIACOMO RASSU, S.P., NAPOLITANO, F., ET SEVI, A.**, 2009. Monitoring the on-farm welfare of sheep and goats. *Italian Journal of Animal Science*, volume 8, n° 1. p. 343-354.

- CENTRE NATIONAL DE REFERENCE POUR LE BIEN-ETRE ANIMAL.**, 2018. Comprendre le bien-être animal. *In* : Centre National de référence pour le bien-être animal [en ligne]. Date de consultation : 30/07/2021. Disponible sur : <<https://www.cnr-bea.fr/sinformer-sur-le-bien-etre-animal/#definition>>.
- CIWF FRANCE.**, 2021. Les cinq libertés pour le bien-être animal. *In* : Bien-Etre Animal [en ligne]. Date de consultation : 25/05/2021. Disponible sur : <<https://www.ciwf.fr/animaux-delevage/quest-ce-que-le-bien-etre-animal/>>.
- DEVRIES, T.J., VANKOVA, M., VEIRA, D.M., ET VON KEYSERLINGK, M.A.G.**, 2007. Short Communication: Usage of Mechanical Brushes by Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, volume 90, n° 5. p. 2241-2245.
- Farm Animal Welfare Council.**, 1992. Farm Animal Welfare Council updates the Five Freedoms. *Veterinary Record*, 131, 357.
- GODYN, D., NOWICKI, J., ET HERBUT, P.**, 2019. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare - A review. *Animals*, volume 9, p. 383-400.
- HINTZE, S., MAULBETSCH, F., ASHER, L., ET WINCKLER, C.**, 2020. Doing nothing and what it looks like: inactivity in fattening cattle. *PeerJ*, volume 8,
- HOSTE, H., MANOLARAKI, F., ARROYO-LOPEZ, C., TORRES ACOSTA, J.F., ET SOTIRAKI, S.**, 2012. Spécificités des risques parasitaires des chèvres au pâturage : conséquences sur les modes de gestion. *Fourrages*, volume 212, p. 319-328.
- HUNTER, A., UILENBERG, G., ET MEYER, C.**, 2006. Les maladies infectieuses et contagieuses - La lymphadénite caséuse. *In*: La santé animale - Principales maladies. Quae - Cta - Karthala. p. 310.
- IDELE, ET CNE.**, 2020. Caprins 2020 - Production lait et viande. 10 p. ISBN 124168528.
- IDELE, SNGTV, OMACAP, ET GDS.**, 2021. L'ébourgeonnage des jeunes caprins - Intervenir au bon âge et sans douleur. 3 p.
- MANDEL, R., WHAY, H.R., KLEMENT, E., ET NICOL, C.J.**, 2016. Invited review: Environmental enrichment of dairy cows and calves in indoor housing. *Journal of Dairy Science* [en ligne], volume 99, n° 3. p. 1695-1715.
- NEWBERRY, R.C.**, 1995. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. *Elsevier Science B.V.* n° 44. p. 229-243.
- OIE.**, 2010. REPORT OF THE NINTH MEETING OF THE OIE WORKING GROUP ON ANIMAL WELFARE. Paris. 30 p.
- PATERNOSTER, A.**, 2017. L'approche Welfare Quality : application aux caprins. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire : Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort. 152 p.
- RAUTENBACH, I.**, 2019. Utilisation de la brosse détectée par un outil de localisation chez la vache laitière présentant une inflammation intra-mammaire. Thèse pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire : UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - VETAGRO SUP CAMPUS VETERINAIRE DE LYON. 102 p.
- SAUVANT, D., GIGER-REVERDIN, S., MESCHY, F., PUILLET, L., ET SCHMIDELY, P.**, 2012. Actualisation des recommandations alimentaires pour les chèvres laitières. *INRAE Productions Animales*, volume 25, n° 3. p. 256-276.
- VELASQUEZ-MUNOZ, A., MANRIQUEZ, D., PAUDYAL, S., SOLANO, G., HAN, H., CALLAN, R., VELEZ, J., ET PINEDO, P.**, 2019. Effect of a mechanical grooming brush on the behavior and health of recently weaned heifer calves. *BMC Veterinary Research* [en ligne], volume 15, n° 284. Disponible sur : <<https://doi.org/10.1186/s12917-019-2033-3>>.

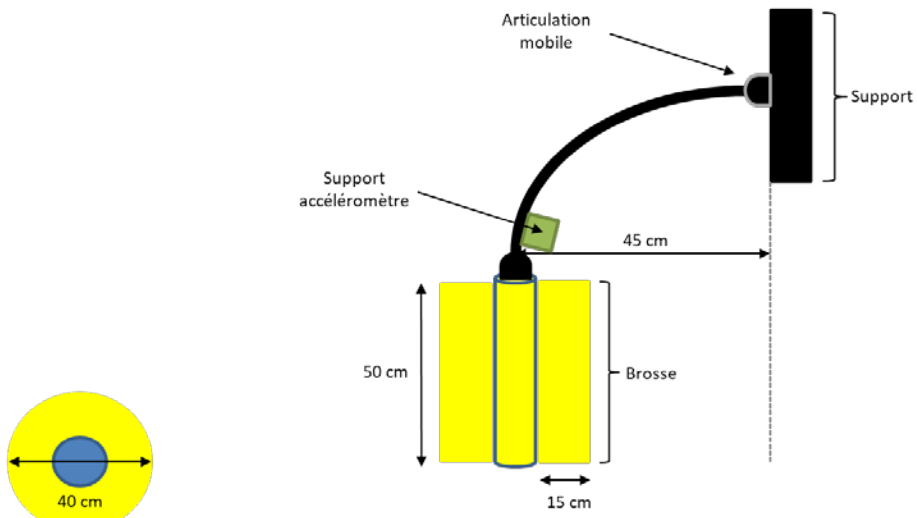
WASHBURN, K., 2019. Caseous Lymphadenitis of Sheep and Goats. *MSD MANUAL*, 7 - Disponible sur : <https://www.msdsmanual.com/circulatory-system/lymphadenitis-and-lymphangitis/caseous-lymphadenitis-of-sheep-and-goats#>>.

YOUNG, R.J., 2003. Environmental Enrichment for Captive Animals. ISBN 978-0-632-06407-6.

Annexe A



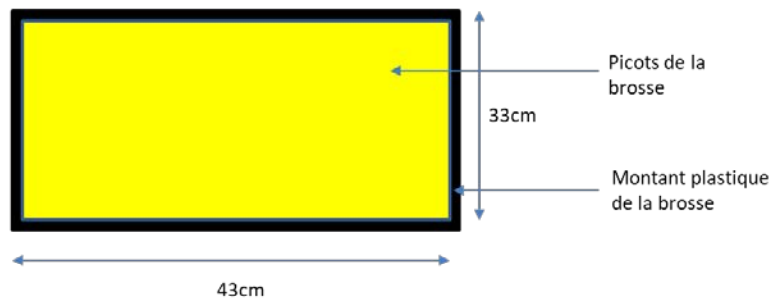
Brosse Finneasy Midi



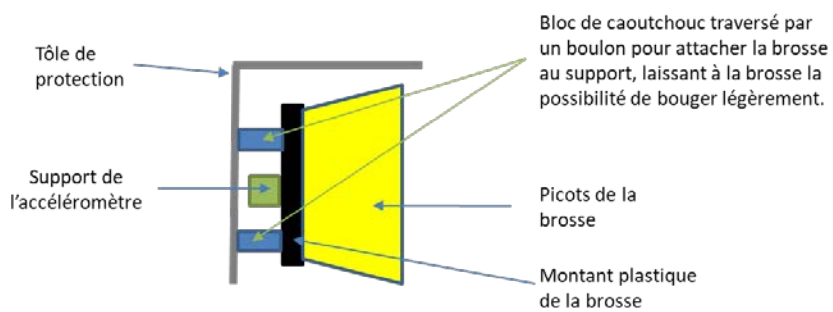
Vue supérieure de la brosse Finneasy Midi

Vue de côté la brosse Finneasy Midi et de son support

Brosse fixe



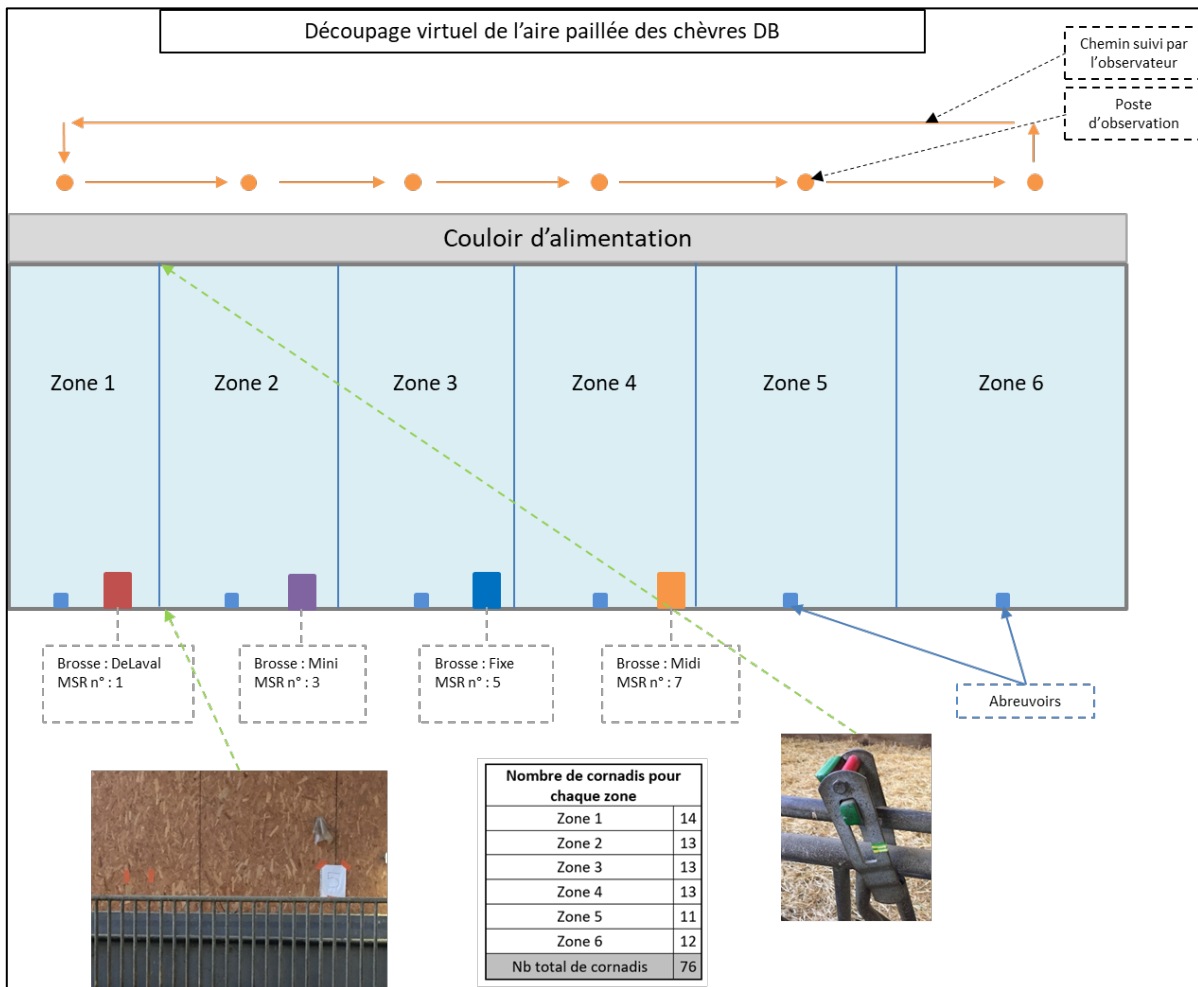
Vue de face de la brosse fixe



Vue de côté de la brosse fixe

Annexe B

Distribution concentrés	08:45
ARRIVEE LOUISE	09:00
Tour 1	09:15
Tour 2	10:00
Tour 3	10:45
Distribution concentrés et repousse foin	11:30
Tour 4	11:45
FIN OBSERVATION MATIN	12:30
ARRIVEE LOUISE	13:20
Repousse foin (facultative, en fonction de la présence de foin)	13:20
Tour 5	13:30
Tour 6	14:15
Tour 7	15:00
Retrait des refus	15:45
Tour 8	15:45
FIN OBSERVATION APRES-MIDI	16:30
Distribution foin	16:30



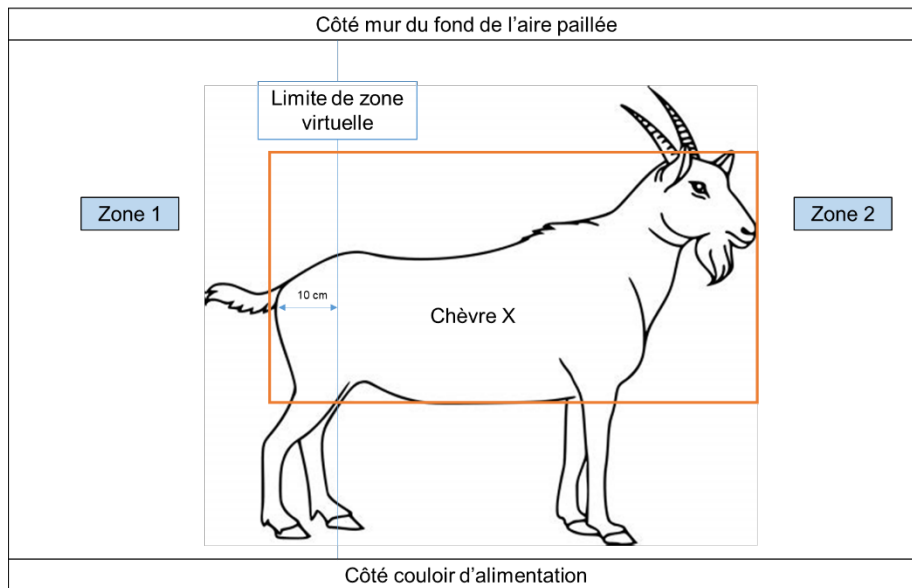
Annexe C

ETHOGRAMME POUR LES OBSERVATIONS COMPORTEMENTALES "BIEN-ETRE"		
SCAN	Etats	
Classe "posture & locomotion"	Description	
Est debout et se déplace	La chèvre marche, trotte, ou galope	
Est debout sans se déplacer	Debout avec appui sur 3 ou 4 pattes tendues, sans déplacement des pattes	
Est couchée	Couchée avec les pattes avant et arrière repliées ou tendues	
Autre	Autre posture que celles listées ci-dessus Ex. à genoux	
<i>Non visible</i>	<i>La chèvre n'est pas visible</i>	
Classe "activités"	Description	
Inactive <i>hors locomotion</i>	Pas d'activité (inactif) notable en dehors de l'activité locomotrice	
Rumine	La chèvre régurgite une bouchée d'aliments et se met à donner des coups de mâchoire réguliers, sans prélever des aliments dans son environnement	
Mange	Mange des concentrés, du foin ou de la paille	
Boit	Manipule la palette du bol ou a la tête dans le bol	
Se lèche, se mordille, se gratte	Se lèche, se mordille ou se gratte une partie du corps, avec la langue, les dents ou une patte	
Lèche ou mordille un élément de l'environnement	Lèche, mâchouille, flaire (tête orientée vers l'objet et à distance 'faible' de l'objet), gratte... un élément de l'environnement (mur, barrière, sol...)	
Se frotte à un élément de l'environnement (barrière, poteau...)	Se frotte contre un élément de l'environnement (mur, barrière, sol...)	
Utilise une	Se brosse (ou la brosse la frotte pour l'automatique) + à laquelle	Se frotte (avec n'importe quelle partie du corps) contre la brosse
	Flaire/mordille la brosse	Mâchouille, lèche, flaire... la brosse ou le support de la brosse ou son support
Interagit avec congénère(s)	Flaire ou touche ou menace une autre chèvre	
Autre	Autre activité que celles listées ci-dessus Ex. urine, défèque, lèche la pierre à sel	
<i>Non visible</i>	<i>La chèvre n'est pas visible</i>	

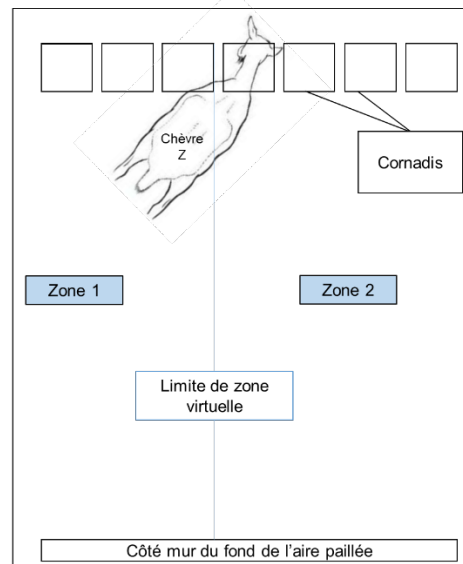
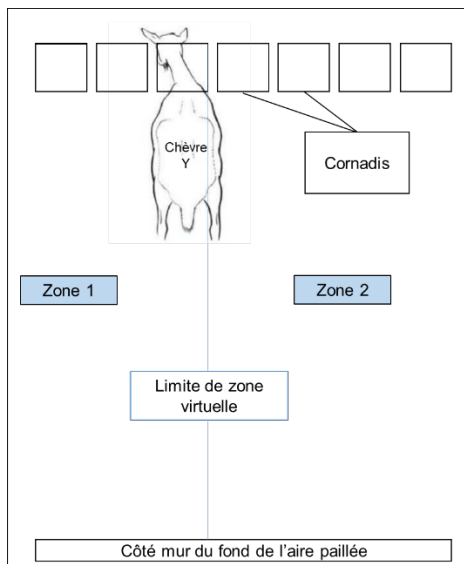
FOCUS		Événements ou états de courte durée et/ou rares
Classe "événements"		Description
Comportements agonistiques	Menace ou pousse sans déplacement du receveur	Pousse : L'animal appuie sa tête avec force contre le corps d'une autre chèvre, l'obligeant à se déplacer, sans qu'il n'y ait de coups. Menace : Une chèvre baisse sa tête, le menton vers la poitrine et présente ses cornes ou sa tête, ou la chevrette secoue vigoureusement sa tête devant une autre, fait mine de lui donner un coup ou de la mordre sans qu'aucun contact physique ne soit impliqué.
	Menace ou pousse avec déplacement du receveur	Pousse : L'animal appuie sa tête avec force contre le corps d'une autre chèvre, l'obligeant à se déplacer, sans qu'il n'y ait de coups. Menace : Une chèvre baisse sa tête, le menton vers la poitrine et présente ses cornes ou sa tête, ou la chevrette secoue vigoureusement sa tête devant une autre, fait mine de lui donner un coup ou de la mordre sans qu'aucun contact physique ne soit impliqué. ET L'action d'une chèvre provoque le déplacement d'une autre pour prendre sa place à l'alimentation
	Donne un coup ou mord sans déplacement du receveur	Donne un coup : Une chèvre donne un coup avec sa tête à une autre chèvre, à n'importe quel endroit du corps, mais ne se tient pas face à elle, comme dans une lutte Mord : L'animal mord une congénère à n'importe quel endroit du corps et peut tirer une partie de son corps ou de ses poils avec ses dents
	Donne un coup ou mord avec déplacement du receveur	Donne un coup : Une chèvre donne un coup avec sa tête à une autre chèvre, à n'importe quel endroit du corps, mais ne se tient pas face à elle, comme dans une lutte Mord : L'animal mord une congénère à n'importe quel endroit du corps et peut tirer une partie de son corps ou de ses poils avec ses dents ET L'action d'une chèvre provoque le déplacement d'une autre pour prendre sa place à l'alimentation
	Lutte	La chèvre se dresse sur ses pattes arrières, prend de l'élan et retombe sur la tête d'une autre chèvre avec. Il peut y avoir plusieurs successions d'affrontements frontaux dans une lutte. Les chèvres peuvent également s'affronter tête contre tête sans qu'il n'y ait prise d'élan.
Lèche ou se frotte contre une congénère	Lèche, se frotte contre, flaire... une autre congénère ou sollicitation à l'interaction sociale (ex. touche la congénère avec sa tête ou avec son antérieur)...	
Tête une congénère	Tête (ou machouille) une partie du corps d'une congénère (ex. mamelle, oreille, queue...)	
Court	Debout avec appui sur 3 ou 4 pattes tendues, démarche rapide à quatre temps, avec une phase de suspension dans l'air	
Saute ou caracole	Saute ou va çà et là en procédant par voltes, par sautilllements ou par petits bonds	
Se lèche, se mordille, se gratte	Se lèche, se mordille ou se gratte une partie du corps, avec la langue, les dents ou une patte	
Se frotte à l'environnement	Se frotte contre un élément de l'environnement (mur, barrière, sol...)	
Se brosse	Se frotte (avec n'importe quelle partie du corps) contre la brosse	
Balance sa tête	La chèvre bascule la tête sur le côté, puis en arrière et tourne jusqu'à ce que sa tête atteigne l'épaule opposée.	

Annexe D

Si l'observateur veut observer les chèvres de la zone 1, la chèvre X fera partie des observations puisque 10cm de son corps (rectangle orange) est située dans la zone 1. Cette estimation de 10 cm est faite à l'œil nu, sans appareil de mesure.



Dans le schéma de gauche ci-dessous, la chèvre Y est considérée comme incluse dans la zone 1 puisque sa tête est prise dans le cornadis qui délimite le bout de la zone 1 et que son corps est perpendiculaire au cornadis. Dans le schéma de droite, si l'observateur est en train de faire les mesures de la zone 1, la chèvre Z est considérée comme incluse dans cette zone puisque au moins 10cm de son corps se trouvent dans cette zone. Si l'observateur est en train d'observer la zone 2, la chèvre sera incluse dans la zone 2 puisque sa tête est prise au cornadis qui délimite le début de la zone 2 (bien qu'il n'y ait pas forcément 10cm de son corps dans cette zone).



Annexe E

Déroulé chronologique des journées d'observations du lundi au jeudi :

SCANS & FOCUS Lundi, Mardi, Mercredi & Jeudi		
08:45	Vérification de l'état des accéléromètres Vidéos : vérification de l'heure du PC et lancement de l'enregistrement Tablette : vérification de l'heure de la tablette	
09:15	Tour 1	
09:55	Tour 2	
10:35	Tour 3	
11:15	Tour 4	
11:55	Tour 5	Distribution des concentrés au milieu du Tour 4 à 11h30
12:35	<i>Déjeuner</i>	
13:30	Tour 6	
14:10	Tour 7	
14:50	Tour 8	
15:30	<i>Utilisation tablette pour l'alimentation des chèvres</i>	
Fin de journée	Vidéos : arrêter l'enregistrement des vidéos	

Description d'un tour pour les SCANS et les FOCUS du lundi au jeudi. L'ordre d'observation des brosses variait d'un jour sur l'autre (cf. Tableau 11) d'où une notation de A à D pour les noms des brosses :

1 tour	Scan	TOUTES LES BROSSES
	Focus	Brosse A
	Scan	TOUTES LES BROSSES
	Focus	Brosse B
	Scan	TOUTES LES BROSSES
	Focus	Brosse C
	Scan	TOUTES LES BROSSES
	Focus	Brosse D

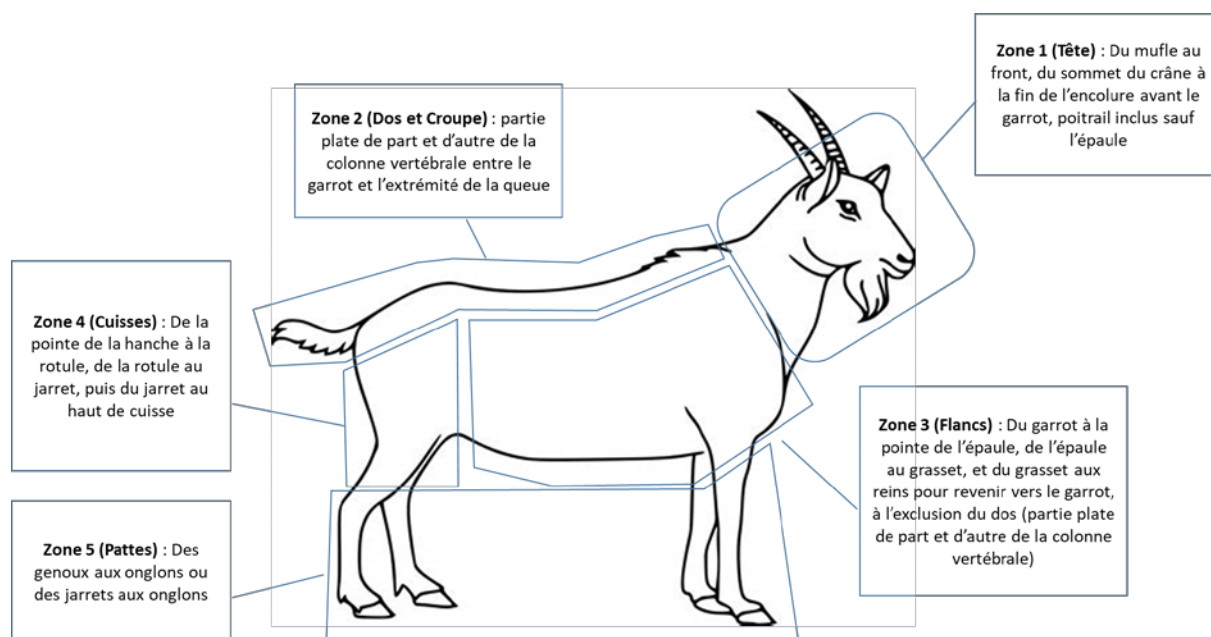
Ordre d'observation des brosses pour chaque journée :

Jours	Observations	Ordre d'observation des brosses			
		Brosse A	Brosse B	Brosse C	Brosse D
Lundi	SCANS & FOCUS	Automatique	Mini	Fixe	Midi
Mardi	SCANS & FOCUS	Mini	Fixe	Midi	Automatique
Mercredi	SCANS & FOCUS	Fixe	Midi	Automatique	Mini
Jeudi	SCANS & FOCUS	Midi	Automatique	Mini	Fixe
Vendredi	SCANS	Automatique	Mini	Fixe	Midi

Annexe F

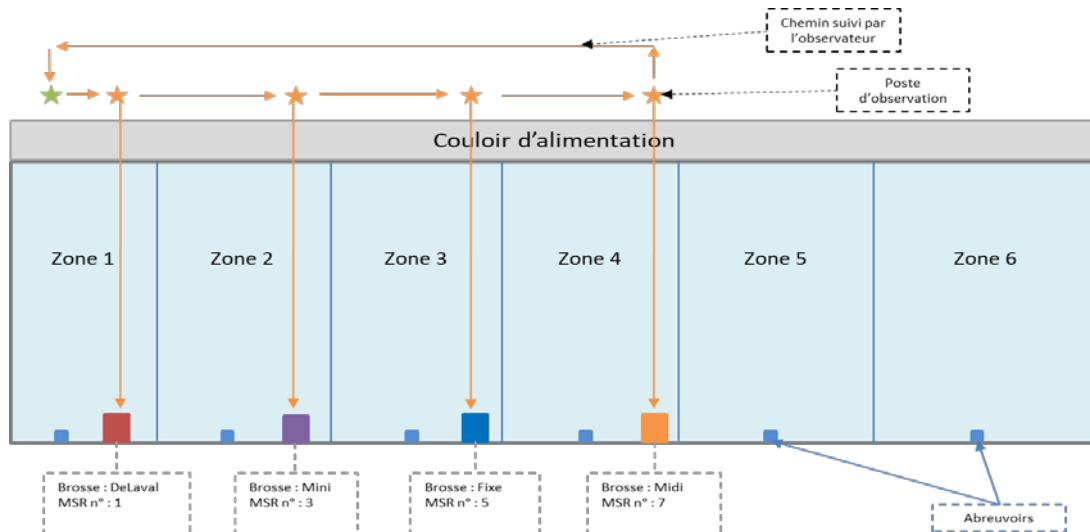
Behavior	Modifieur	Behavior type	Description
Se brosse	Zone 1 (Tête)	State event	La chèvre utilise les picots de la brosse pour se frotter contre (Cf. zones du corps sur le schéma ci-dessous).
	Zone 2 (Dos & croupe)	State event	
	Zone 3 (Flancs)	State event	
	Zone 4 (Cuisses post)	State event	
	Zone 5 (Pattes)	State event	
	Flaire la brosse	State event	La chèvre approche son mufler tout près de la brosse (à moins de 5 cm), ses oreilles et son regard sont dirigés vers la brosse. On peut parfois noter que le mufler de la chèvre effleure très légèrement la brosse (sans que nous puissions percevoir à l'œil nu un mouvement de la brosse).
	Machouille la brosse	State event	La chèvre attrape avec sa bouche un/des picot(s) en plastique de la brosse. Dans cette situation, elle peut aussi bien attraper le(s) picot(s) et tirer dessus ou rester avec le(s) picot(s) dans la bouche en donnant des coups de mâchoire.
	Pousse la brosse	Point event	La chèvre pousse la brosse, par exemple en donnant un coup de tête dedans.
	Grimpe sur la brosse	State event	La chèvre monte avec au minimum deux pattes sur la brosse.
Utilise le support de la brosse	Se frotte contre	State event	La chèvre utilise le support métallique ou plastique de la brosse pour se frotter contre.
	Grimpe sur	State event	La chèvre monte avec au minimum deux pattes sur le support de la brosse.
	Lèche	State event	La chèvre passe sa langue sur le support métallique ou plastique de la brosse.
	Machouille	State event	La chèvre attrape avec sa bouche le support métallique ou plastique de la brosse.

Annexe G



Annexe H

L'observateur part de l'étoile verte, qui symbolise le départ et l'arrivée d'un tour. Il va donc suivre le chemin matérialisé par la ligne orange d'un pas assez lent et régulier une fois toutes les deux minutes. Chaque étoile orange symbolise le poste d'observation de la brosse qui se trouve à sa perpendiculaire (flèche orange). L'observateur va donc passer par chaque étoile et remplir, le cas échéant, les cases de la grille qui correspondent.



Annexe I

Suite du tableau de synthèse des statistiques descriptives des variables quantitatives répondant à la question 1

Variable à expliquer	Variable explicative (effet fixe)	Niveau	Moyenne	Sd	Min	Médiane	Max
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent la TETE pour la brosse Automatique	Période	P1	0,63	0,12	0,49	0,60	0,86
	Période	P2	0,37	0,09	0,27	0,33	0,54
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent le CORPS pour la brosse Automatique	Période	P1	0,37	0,12	0,14	0,40	0,51
	Période	P2	0,63	0,09	0,46	0,67	0,73
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent la TETE pour la brosse Mini	Période	P1	0,82	0,17	0,52	0,83	1,00
	Période	P2	0,62	0,34	0,00	0,70	1,00
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent le CORPS pour la brosse Mini	Période	P1	0,18	0,17	0,00	0,17	0,48
	Période	P2	0,28	0,28	0,00	0,21	0,75
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent la TETE pour la brosse Fixe	Période	P1	0,79	0,12	0,60	0,84	0,92
	Période	P2	0,72	0,28	0,00	0,75	1,00
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent le CORPS pour la brosse Fixe	Période	P1	0,21	0,12	0,08	0,16	0,40
	Période	P2	0,28	0,28	0,00	0,25	1,00
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent la TETE pour la brosse Midi	Période	P1	0,65	0,15	0,37	0,66	0,86
	Période	P2	0,39	0,25	0,00	0,47	0,67
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se brossent le CORPS pour la brosse Midi	Période	P1	0,35	0,15	0,14	0,34	0,63
	Période	P2	0,51	0,28	0,00	0,47	1,00

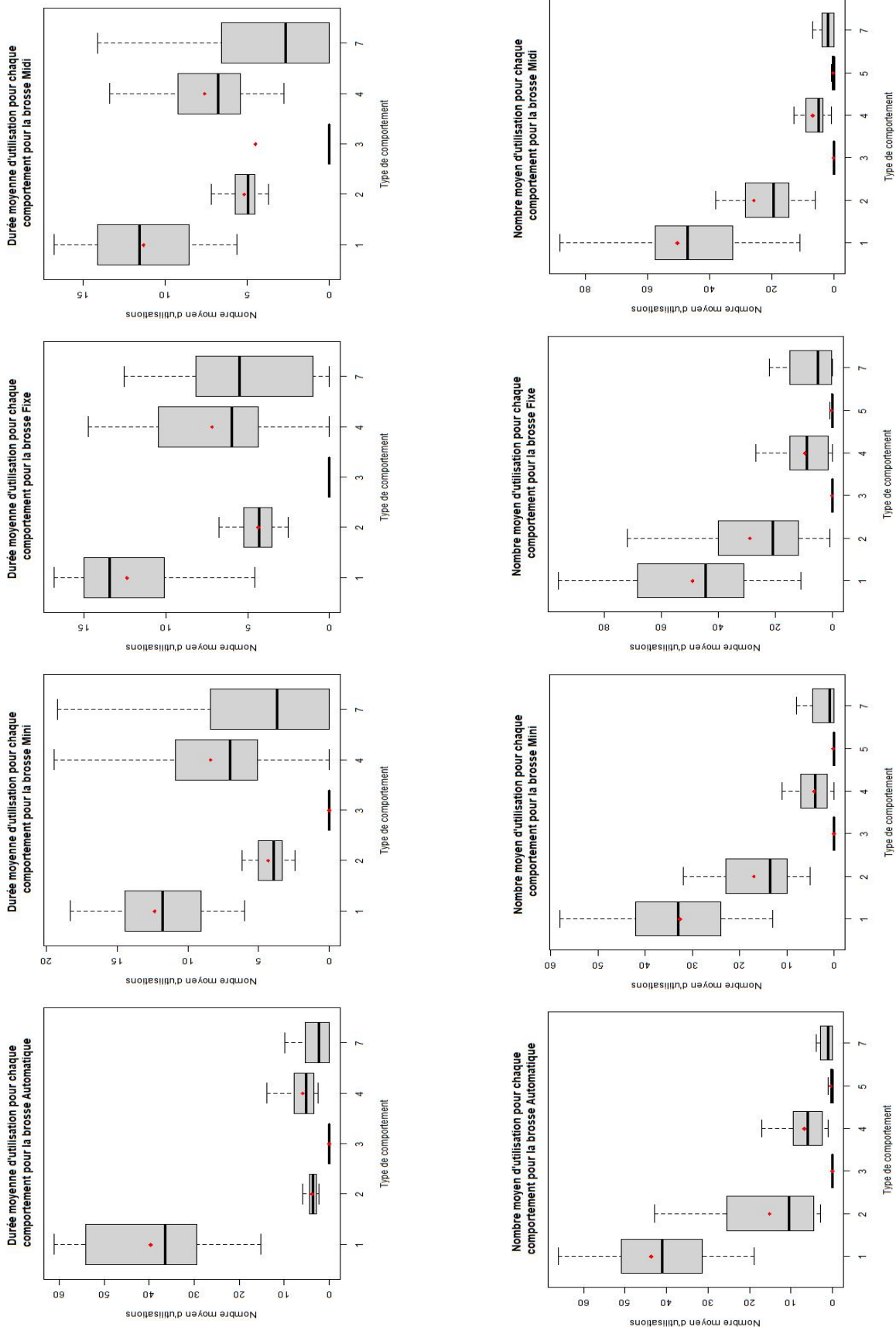
Annexe J

Synthèse des statistiques descriptives pour les variables ordinales répondant à la question 1

Variable à expliquer	Variable explicative (effet fixe)	Niveaux du facteur	Classes	Pourcentage
Moyenne par scan et par jour du nombre de chèvres qui se brossent pour chaque brosse	Période	P1	0	25
		P2	0	47,5
		P1	1	32,5
		P2	1	27,5
		P1	2	42,5
		P2	2	25
Moyenne par scan et par jour du nombre de chèvres qui se brossent pour chaque brosse	Type de brosse	Automatique	0	0
		Fixe	0	45
		Midi	0	30
		Mini	0	70
		Automatique	1	10
		Fixe	1	40
		Midi	1	45
		Mini	1	25
		Automatique	2	90
		Fixe	2	15
		Midi	2	25
		Mini	2	5

Annexe K

1 : « Brosse », 2 : « Est flairée », 3 : « Est grimpée », 4 : « Est mâchouillée », 5 : « Est poussée », 6 : « Non utilisée », 7 : « Son support est utilisé »



Annexe L

Synthèse des statistiques descriptives pour les variables ordinales permettant de répondre à la question 2.

Variable à expliquer	Variable explicative	Niveau	Classes	Pourcentage
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui se frottent à un élément de l'environnement	Période	P0	0	20,0
		P1	0	84,2
		P0	1	35,0
		P1	1	13,2
		P0	2	45,0
		P1	2	2,6
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui interagissent avec des congénères	Période	P0	0	27,5
		P1	0	55,3
		P0	1	32,5
		P1	1	26,3
		P0	2	40,0
		P1	2	18,4
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui sont debout inactives et qui ne se déplacent pas	Période	P0	0	17,5
		P1	0	50,0
		P0	1	40,0
		P1	1	26,3
		P0	2	42,5
		P1	2	23,7
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui sont couchées inactives et qui ne se déplacent pas	Période	P0	0	30,0
		P1	0	36,8
		P0	1	32,5
		P1	1	34,2
		P0	2	37,5
		P1	2	28,9
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui ruminent	Période	P0	0	37,5
		P1	0	27,5
		P0	1	40,0
		P1	1	25,0
		P0	2	22,5
		P1	2	47,5
Proportion des moyennes par SCAN par jour du nombre de chèvres qui lèchent ou mordillent l'environnement	Période	P0	0	75,0
		P1	0	86,8
		P0	1	17,5
		P1	1	2,6
		P0	2	7,5
		P1	2	10,5

Annexe M

Synthèse des statistiques descriptives des données sanitaires analysées sur les deux lots de chèvres.

Variable à expliquer	Variable explicative	Niveau	Classes	Pourcentage
Nombre d'abcès totaux (hors abcès cicatrisés) en trois classes	Période	P1	0	30,2
	Période	P2	0	37,3
	Période	P1	1	56,8
	Période	P2	1	46,6
	Période	P1	2	13,1
	Période	P2	2	16,1
	Semaine expérimentale	S0	0	33,3
	Semaine expérimentale	S4	0	33,7
	Semaine expérimentale	S0	1	51,4
	Semaine expérimentale	S4	1	52,7
	Semaine expérimentale	S0	2	15,2
	Semaine expérimentale	S4	2	13,7
	LOT	DB	0	30,8
	LOT	DP	0	36,0
	LOT	DB	1	53,2
	LOT	DP	1	50,9
	LOT	DB	2	15,9
	LOT	DP	2	13,1
Nombre d'abcès fermés en trois classes	Période	P1	0	36,9
	Période	P2	0	42,5
	Période	P1	1	52,7
	Période	P2	1	45,1
	Période	P1	2	10,4
	Période	P2	2	12,4
	Semaine expérimentale	S0	0	40,0
	Semaine expérimentale	S4	0	39,0
	Semaine expérimentale	S0	1	47,1
	Semaine expérimentale	S4	1	51,2
	Semaine expérimentale	S0	2	12,9
	Semaine expérimentale	S4	2	9,8
	LOT	DB	0	35,8
	LOT	DP	0	43,0
	LOT	DB	1	51,2
	LOT	DP	1	47,2
	LOT	DB	2	12,9
	LOT	DP	2	9,8

Nombre de blessures totales en trois classes	Période	P1	0	79,7
	Période	P2	0	88,1
	Période	P1	1	19,4
	Période	P2	1	11,9
	Période	P1	2	0,9
	Période	P2	2	0,0
	Semaine expérimentale	S0	0	83,3
	Semaine expérimentale	S4	0	83,9
	Semaine expérimentale	S0	1	15,7
	Semaine expérimentale	S4	1	16,1
	Semaine expérimentale	S0	2	1,0
	Semaine expérimentale	S4	2	0,0
	LOT	DB	0	80,1
	LOT	DP	0	86,9
	LOT	DB	1	19,4
	LOT	DP	1	12,6
	LOT	DB	2	0,5
	LOT	DP	2	0,5