



HAL
open science

Constitution de typologies d'élevage d'intérêt pour analyses phénotypiques de vaches laitières : enquête de terrain

Gwendoline Potier

► **To cite this version:**

Gwendoline Potier. Constitution de typologies d'élevage d'intérêt pour analyses phénotypiques de vaches laitières : enquête de terrain. Médecine vétérinaire et santé animale. 2024. dumas-04808995

HAL Id: dumas-04808995

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04808995v1>

Submitted on 28 Nov 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Année 2024

**Constitution de typologies d'élevage d'intérêt
pour analyses phénotypiques de vaches
laitières : enquête de terrain**

THÈSE

pour obtenir le diplôme d'État de

DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 8 novembre 2024

par

Gwendoline, Catherine, Christelle POTIER

sous la direction de

Alline DE PAULA REIS

JURY

Président du jury :	M. Andrew PONTER	Professeur à l'EnvA
Directrice de thèse :	Mme Alline DE PAULA REIS	Maître de Conférences à l'EnvA
Examinatrice :	Mme Lucie CHEVALLIER	Maître de Conférences à l'EnvA
Membre invité :	Mme Hélène KIEFER	Chercheuse à l'INRAE

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

version mai 2024



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

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
Mme	Benckekroun	Ghita	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Blaga	Radu	Professeur	DSBP
M	Blot	Stéphane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
Mme	Chastant	Sylvie	Professeur	DPASP
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Federighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Professeur	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences HDR	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guéneq	Christelle	Professeur	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Rivière	Julie	Professeur	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barbarino	Alix	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Béguin	Jérémy	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Coudry	Virginie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Crozet	Guillaume	Maître de conférences	DPASP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences	DPASP
Mme	Denis	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guérin	Virginie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Guélin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Kurtz	Maxime	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Dudal	Marine	Ingénieur de recherche (DMV)	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
M	Mammeri	Mohamed	Maître de conférences	DSBP
Mme	Manguin	Estelle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
Mme	Marotto	Stéphanie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Maurice	Emeline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Mespoulhes-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
Mme	Mitimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Quéré	Emilie	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Radière	Guéric	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Bérandère	Ingénieur de recherche (DMV)	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP
M	Tanquerel	Ludovic	Maître de conférences	DEPEC

Remerciements

A M. Andrew Ponter, Président du Jury de cette thèse, Professeur à l'EnvA,
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider cette thèse, sincères remerciements.

A Mme Aline De Paula Reis, Maitre de conférences à l'EnvA,
Pour avoir toujours répondu présente lorsque j'en avais besoin. Merci pour les bons conseils et le soutien tout au long de cette thèse.

A Mme Lucie Chevallier, Maitre de conférences à l'EnvA,
Pour avoir accepté d'être accessoire de cette thèse.

A Mme Hélène Kiefer, Chercheuse à l'INRAE dans l'unité BREED,
Pour m'avoir proposée cette étude et m'avoir accompagnée tout du long. Merci pour ton investissement, ta confiance, ta bienveillance et tes précieux conseils en statistique notamment. Ce fut un réel plaisir de travailler à tes côtés, sincères remerciements.

A Mme Hélène Jammes, Chercheuse à l'INRAE dans l'unité BREED,
Pour m'avoir permis de réaliser cette étude avec le laboratoire de l'INRAE, merci pour ta confiance et ta présence.

A toute l'équipe m'ayant aidé à réaliser les prélèvements,
Merci pour votre aide, que de bons souvenirs lors de ces semaines en Bretagne pour rencontrer les éleveurs.

Aux éleveurs ayant participé à l'étude,
Merci pour votre accueil dans vos exploitations et le temps que vous nous avez accordé.

A Corentin Fouéré et l'équipe de généticien (GABI),
Merci pour la transmission des résultats zootechniques et ton aide pour les calculs.

A tous les partenaires de RUMIGEN (ELIANCE, INRAE),
Merci pour votre implication et votre aide dans le contact avec les éleveurs et la réalisation des prélèvements (organisation et récolte des données).

A mes amis d'Alfort,
Merci pour ces cinq belles années passées à vos côtés remplies d'aventures.

A ma famille et mes amis,
Merci pour votre soutien durant toutes mes études, c'est aussi grâce à vous que j'en suis là !

Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux	5
Liste des abréviations.....	7
Introduction	9
Première partie : bibliographie.....	11
1. Les outils génomiques actuels et envisagés.....	11
A. <i>La sélection génomique</i>	11
a. Historique.....	11
b. Le génotypage et la sélection génomique : principe	12
c. L'évolution du génotypage en France	13
d. L'ISU en race Prim'Holstein	13
B. <i>L'épigénotypage, un nouvel outil complémentaire et une nouveauté dans le monde de l'élevage</i> ..	14
a. Définition	15
b. Intérêt.....	15
c. Epichip, la première puce d'épigénotypage bovine.....	16
2. Les éléments de conduite d'élevage et résultats zootechniques.....	16
A. <i>Différents types d'élevage bovins laitiers français</i>	17
B. <i>Eléments de la conduite en élevage bovins laitiers</i>	19
a. Logement	19
b. Alimentation	23
c. Traite et tarissement	26
d. Reproduction.....	29
e. Sanitaire.....	31
f. Gestion des veaux	35
C. <i>Objectivation des résultats zootechniques en élevage</i>	37
a. Vaches.....	38
b. Veau.....	43
Deuxième partie : étude expérimentale	45
1. Introduction	45
2. Matériels et méthodes	45
A. <i>Sélection des élevages et organisation des prélèvements</i>	46
B. <i>Elaboration du questionnaire de recueil des données</i>	47
a. Informations générales.....	47
b. Eléments de conduite.....	48
c. Eléments marquants dans l'élevage au cours des 10 dernières années	49
C. <i>Aspect animal : NEC et caractéristiques de l'animal</i>	50
a. Evaluation de la Note d'Etat Corporel (NEC)	50
b. Commentaire sur les individus	50
D. <i>Résultats zootechniques</i>	50
E. <i>Centralisation et normalisation des données</i>	51
a. Création des bases de données	51
b. Traitement des données	52
F. <i>Analyses statistiques</i>	66
3. Résultats	68
a. Présentation des élevages.....	68
b. Résultats zootechniques	69
c. Conduite d'élevage	71
d. En synthèse : la typologie d'élevage.....	85
4. Discussion.....	89

A. Choix de l'étude	89
B. Analyse des principaux résultats	90
C. Limites de l'étude	94
D. Pistes de recherche complémentaires	95
Conclusion.....	97
Liste des références bibliographiques	99
Annexe 1	107
Annexe 2	108
Annexe 3	109
Annexe 4.....	110
Annexe 5	114
Annexe 6.....	115
Annexe 7	116
Annexe 8.....	117
Annexe 9.....	118
Annexe 10	119
Annexe 11	120
Annexe 12	121
Annexe 13.....	122
Annexe 14.....	123
Annexe 15.....	124
Annexe 16.....	125
Annexe 17	126

Liste des figures

Figure 1 : Déroulement de l'évaluation génétique des taureaux, avant et après la sélection génomique (d'après Labatut <i>et al.</i> , 2014)	12
Figure 2 : Evolution du nombre de génotypages à la demande d'éleveurs en races laitières (d'après Le Mézec, 2018).....	13
Figure 3 : Evolution de l'ISU Prim'Holstien (réalisation personnelle).....	14
Figure 4 : Evolution du nombre d'élevages laitiers, du cheptel de vaches laitières et des livraisons de lait à l'industrie en France métropolitaine de 2000 à 2020 (indice base 100 en 2020) (d'après Gautié <i>et al.</i> , 2023).....	17
Figure 5 : Localisation du cheptel de vaches laitières (d'après Insee Références, 2024).....	18
Figure 6 : La répartition des capacités de logement de vaches laitières par type de logement en France en 2010 et 2020 (d'après Gautié <i>et al.</i> , 2023).....	20
Figure 7 : Calcul des scores pour l'expression des comportements en fonction de la proportion de jours par année passés au pâturage (d'après Welfare Quality®, 2009)	22
Figure 8 : Etat des lieux du parc des machines à traire 2023 (sur la base des Opti'Traite et Certi'Traite remontés dans Logimat) (Poulet, 2024).....	27
Figure 9 : Les différentes étapes de la traite (réalisation personnelle)	28
Figure 10 : Le niveau d'étable et le mois moyen de contrôle (d'après Ponter, 2014)	38
Figure 11 : Evolution de la note d'état corporelle au cours de la lactation chez la vache Prim'Holstein (d'après Hulsen, 2010)	39
Figure 12 : Les profils types de contamination des infections mammaires (d'après IDELE, 2018).40	
Figure 13 : Courbe de la production laitière en fonction du taux cellulaire et impact du taux cellulaire sur la production en pourcentage (d'après Bossé, 2021).....	41
Figure 14 : Synthèse des affections podales en fonction de leur localisation anatomique (d'après Adjou <i>et al.</i> , 2019)	43
Figure 15 : Profil morphologique de 1 344 génisses Prim'Holstein de 6 mois (Barbier-Bourgeois, 2016).....	44
Figure 16 : Frise chronologique concernant les données étudiées dans cette étude (réalisation personnelle)	46
Figure 17 : Carte des élevages du réseau Synetics en Bretagne et organisation pour les prélèvements (réalisation personnelle).....	47
Figure 18 : Répartition des 52 élevages en fonction de l'ensemble de leurs résultats zootechniques.	70

Figure 19 : Pratiques de gestion du logement des VL.	71
Figure 20 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de logement dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.	72
Figure 21 : Pratiques de gestion de l'alimentation des VL.	73
Figure 22 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques d'alimentation dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.	74
Figure 23 : Pratiques de gestion de la traite des VL.	75
Figure 24 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de traite dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.	76
Figure 25 : Répartition des élevages en robot de traite selon leur moyenne de production laitière (à gauche) et la fréquence de traite (à droite) en fonction de la durée annuelle du pâturage (bcp = 9-12 mois, moy = 4-8 mois, peu = moins de 4 mois).	77
Figure 26 : Pratiques de gestion du tarissement des VL.....	78
Figure 27 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de tarissement dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.	79
Figure 28 : Objectifs et pratiques de gestion de la reproduction des élevages.....	79
Figure 29 : Résultats de reproduction en fonction des objectifs et pratiques de gestion de la reproduction dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.....	81
Figure 30 : Pratiques de gestion du tarissement des VL.....	82
Figure 31 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de la gestion podale dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.	83
Figure 32 : Pratiques de gestion des veaux.....	84
Figure 33 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de la gestion des veaux dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.	85
Figure 34 : Dispersion des élevages en fonction des principales variables de chacun des domaines de la conduite d'élevage (logement, traite, tarissement, alimentation, reproduction, gestion podale et gestion des veaux).	86
Figure 35 : Résultats zootechniques globaux. Les typologies ont été intégrés en tant que variables illustratives.	87
Figure 36 : Carte représentant les typologies selon la localisation des élevages.....	88
Figure 37 : Part des différentes typologies d'élevage au sein des groupes réalisés en fonction des résultats zootechniques globaux.	88

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaison des principaux types de sol de logettes sur la base du niveau de confort des animaux et la facilité d'entretien (d'après Cazin <i>et al.</i> , 2014).....	21
Tableau 2 : Différents moyens de détection des chaleurs (d'après Mauffre, 2019).....	30
Tableau 3 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant le logement des vaches laitières.....	53
Tableau 4 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant l'alimentation des vaches laitières.....	54
Tableau 5 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la traite des vaches laitières.....	55
Tableau 6 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant le tarissement des vaches laitières.....	57
Tableau 7 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la reproduction des vaches laitières.....	59
Tableau 8 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant le sanitaire de l'élevage.....	60
Tableau 9 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la gestion podale des vaches laitières.....	61
Tableau 10 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la gestion du pré-troupeau.....	62
Tableau 11 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant les résultats zootechniques des élevages.....	63
Tableau 12 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant les résultats zootechniques de chaque vache.....	65
Tableau 13 : Variables des résultats zootechniques utilisées pour chaque domaine.....	68
Tableau 14 : Moyenne et écart-type des résultats zootechniques des 52 élevages du projet RUMIGEN.....	69
Tableau 15 : Variables et modalités de réponse majoritaires pour chacune des typologies d'élevage identifiées dans le projet RUMIGEN.....	86

Liste des abréviations

ACM : Analyses des correspondances multiples

ACP : Analyses en composantes principales

ADN : Acide désoxyribonucléique

CMV : Composé Minéral et vitaminique

DAC : Distributeur Automatique de Concentré

GABI : Génétique Animale et Biologie Intégrative

IA : Insémination Artificielle

IgG : Immunoglobuline G

INEL : Index économique laitier

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement

ISU : Index Synthétique Unique

MB : Matière brute

MG : Matière grasse

MP : Matière protéique

MS : Matière sèche

MU : Matière utile

RUMIGEN : Towards Improvement of Ruminant Breeding Through Genomic and Epigenomic Approches

SFP : Surface fourragère principale

SNP : Single Nucleotide Polymorphisms

TB : Taux butyreux

TP : Taux Protéique

UFC : Unité Fourragère Cheval

UGB : Unité Gros Bovin

VL : Vache Laitière

Introduction

Cette thèse s'inscrit dans le projet RUMIGEN (Towards Improvement of Ruminant Breeding Through Genomic and Epigenomic Approches) qui regroupe de nombreux acteurs dont l'INRAE (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement), Eliance et IDELE (Institut de l'Élevage). Il s'agit d'un projet européen d'une durée de cinq ans qui est organisé en 9 groupes de travail visant à améliorer et renouveler la sélection génomique chez les bovins dans un contexte de changement climatique et d'agroécologie, en s'appuyant sur trois leviers : la génétique quantitative, l'épigénétique et l'utilisation éventuelle des nouvelles technologies de modification ciblée du génome (GE : Genome Edition). Ce travail s'inscrit dans le groupe consacré à l'épigénétique dans le but d'étudier l'impact de l'environnement sur l'épigénome et la corrélation entre l'épigénome et les performances.

La France est une terre d'élevage avec des pratiques très diverses notamment en fonction de la localisation des élevages (plaine ou montagne).

La course à la productivité en élevages bovins laitiers a mené à la fermeture de nombreuses exploitations de petite taille et la création d'exploitations de taille plus importantes (environ 100 vaches laitières) avec une sélection génétique plus poussée. Ce changement a amené les éleveurs à chercher des solutions pour rendre le travail moins contraignant et plus rentable notamment avec l'automatisation des exploitations concernant la traite, l'alimentation, l'entretien des bâtiments ou le monitoring des animaux. Malgré ce changement récent, il y a encore une grande variété de pratiques en élevage. Cette thèse étudie les élevages de Prim'Holstein en Bretagne faisant partie du réseau Synetics. Ce sont majoritairement des élevages intensifs avec une forte sélection génomique et un suivi régulier du troupeau mais avec des pratiques diverses.

De plus, nous faisons face à de nombreux changements environnementaux, démographiques, sanitaires, sociologiques, et des habitudes de consommation qui ont bouleversé l'agriculture. Depuis la fin du 20^{ème} siècle, il y a une accélération du changement climatique avec une augmentation des températures ayant un impact sur les performances des vaches laitières.

Dans ce contexte, il est intéressant de rechercher des nouvelles technologies pouvant prendre en compte l'impact de ces changements sur les vaches laitières ou traduire leur capacité à s'adapter plus ou moins bien à leur environnement. Des techniques basées sur la détection des variations épigénétiques semblent prometteuses pour capter ce potentiel d'adaptation et c'est ce que RUMIGEN cherche à développer.

L'objectif de ce travail est, (i) d'expliquer ce qu'est l'épigénétique et ce que cette information pourrait apporter aux élevages bovins laitiers ; puis (ii) de présenter les différents types d'élevage présents en France ainsi que les conduites d'élevage que l'on peut retrouver. On étudiera pour cela les différents domaines de la conduite tels que la traite et le logement ainsi que les résultats zootechniques disponibles. Dans un troisième temps (enquête de terrain), nous étudierons les différents élevages du réseau Synetics présents en Bretagne et participant au projet RUMIGEN, dans le but de créer des typologies d'élevage et de mesurer l'influence de ces typologies sur les résultats zootechniques. Enfin, une discussion sur ce travail mettra en évidence les principaux types d'élevage participant au projet permettant par la suite de mieux analyser les résultats d'analyses épigénétiques des vaches prélevées en les mettant en lien avec la typologie créée dans cette thèse. Mais aussi de mettre en lumière les limites de cette classification.

Première partie : bibliographie

L'objectif des élevages laitiers est d'être le plus rentable possible. Pour ce faire, des outils génomiques ont été développés afin d'améliorer les performances des bovins en améliorant leur génétique. Tout d'abord, la sélection génomique permet de prédire le phénotype d'un individu mais uniquement de manière partielle. L'étude de l'épigénome permettrait de prendre en compte l'impact de l'environnement sur l'expression des gènes améliorant la prédiction du phénotype. Pour pouvoir prendre en compte l'impact de l'environnement sur les bovins laitiers, il est nécessaire d'étudier les pratiques d'élevage ainsi que leurs résultats zootechniques. Je présenterai donc tout d'abord les outils génomiques actuels et ceux en développement puis les différentes conduites d'élevage en France et enfin les résultats zootechniques disponibles.

1. Les outils génomiques actuels et envisagés

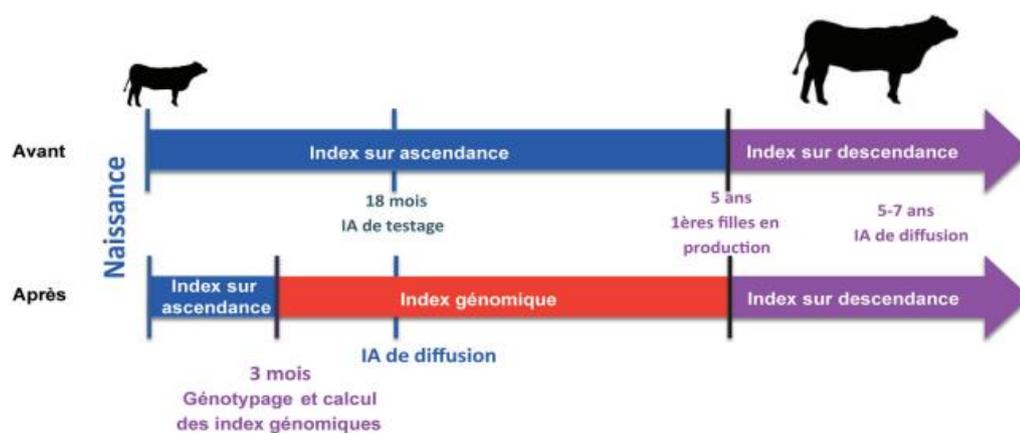
Le génotypage correspond au fait de typer les individus, c'est-à-dire de déterminer les allèles qu'ils portent à des loci déterminés. Déjà présent depuis de nombreuses années, il a évolué lors de l'apparition de la sélection génomique qui permet de déterminer le phénotype d'un animal uniquement à partir de son génome. Dans la suite de cette partie, le génotypage sera assimilé à la sélection génomique. La sélection génomique a permis l'amélioration du potentiel génétique des élevages bovins reflété par l'ISU (Index Synthétique Unique). Maintenant que le génotypage est devenu un outil de routine, un nouvel outil complémentaire est en cours de développement : l'épigénotypage. L'objectif à terme est d'étudier l'effet de l'environnement sur le phénotype des bovins laitiers, c'est-à-dire sur les performances notamment.

A. La sélection génomique

a. Historique

Avant 2009, il était nécessaire d'attendre sept ans pour avoir suffisamment d'informations sur un taureau via les performances de ses descendants et commercialiser sa semence. Maintenant, avec la sélection génomique, il est possible de prédire les performances de la descendance d'un taureau au bout de quelques semaines de vie de celui-ci (Figure 1). Ainsi, la sélection génomique a permis de gagner un temps considérable dans l'utilisation de la semence des taureaux et d'avoir plus de choix de taureau avec plus de critères de sélection. Cela a permis de limiter la consanguinité au sein des troupeaux (Labatut et al., 2014).

Figure 1 : Déroulement de l'évaluation génétique des taureaux, avant et après la sélection génomique (d'après Labatut *et al.*, 2014)



D'abord utilisée par les entreprises de sélection, à partir de 2009, elle permet un gain de temps et des coûts moindres dans la sélection des mâles reproducteurs. Cette méthode d'estimation du niveau génétique est disponible pour les femelles des élevages commerciaux depuis 2011 (Bérodier, 2020).

b. Le génotypage et la sélection génomique : principe

Le génotypage est devenu l'outil de sélection par définition pour les éleveurs, surtout en races laitières. Cet outil permet de sélectionner les bovins, en particulier les mâles reproducteurs ou les femelles de renouvellement, en fonction de plusieurs critères évalués via leur patrimoine génétique.

Le génotypage désigne un outil qui permet, à partir d'un échantillon de cellules nucléées d'un être vivant, de connaître une partie des caractéristiques de son génome (« génotype ») en ciblant des loci polymorphes, c'est-à-dire représentés par deux allèles dans la population. On parle de marqueurs SNP (Single Nucleotide Polymorphism) (Bérodier, 2020). L'échantillon cellulaire est récupéré soit dans le sang, le cartilage auriculaire ou même les follicules pileux de chaque bovin. En effet, le patrimoine génétique d'un individu ne varie pas en fonction du type cellulaire ou du site de prélèvement. Ces cellules sont ensuite traitées afin d'extraire l'ADN et de pouvoir y lire les génotypes d'intérêt via une puce de génotypage, nommée « Illumina BovineSNP50™ beadchip ». Le génotypage correspond à la lecture des allèles pour les loci se trouvant sur la puce, soit 54 000 SNP, et ayant été sélectionnés pour leur association avec le phénotype de l'animal et leur nature polymorphe dans la population bovine. Le phénotype correspond à l'ensemble des caractères exprimés par les individus. Pour pouvoir interpréter les résultats de cette puce, il a fallu créer une population de référence pour chaque race en mettant en lien la parenté, le génome et le phénotype de certains individus (Robert-Granié *et al.*, 2011).

Une population de référence correspond à un échantillon représentatif de la population cible de l'étude que l'on mène, qui est à la fois génotypée et phénotypée. Les génotypes des nouveaux individus sont comparés à ceux des individus de la population de référence, de manière à prédire leur phénotype par analogie avec celui des individus de la population de référence proches sur le plan du génotype. Cette population permet de réaliser les premières analyses et de mettre en évidence l'intérêt et les résultats afin de pouvoir étendre cette technologie à un plus grand nombre autrement dit à la commercialisation de celle-ci dans le cadre de programme d'amélioration génétique. Concernant le génotypage, la population de référence a été constituée avec les taureaux

testés sur descendance dans la décennie précédente pour pouvoir les comparer avec leurs résultats de génotypages. Ainsi, plusieurs milliers de taureaux ont été génotypés à partir des banques de semence (sperme). Il est important d'avoir un nombre d'individu conséquent dans une population de référence afin d'avoir une meilleure représentativité de la population cible (Boichard, 2015). Cette population de référence s'incrémente avec le temps et contient maintenant des femelles.

c. L'évolution du génotypage en France

A ses débuts, en 2009, le génotypage pour les bovins était uniquement réalisé par les centres de sélection sur les taureaux reproducteurs pour les races suivantes ; Normande, Montbéliarde et Prim'Holstein. Puis, en 2011, cet outil a été présenté et commercialisé auprès des éleveurs afin de pouvoir évaluer le potentiel génétique de leurs femelles reproductrices. On observe une forte augmentation du génotypage en élevage bovin laitier notamment pour la race Prim'Holstein (Figure 2). En 2017, 160 000 génotypages ont été réalisés dont trois quarts à la demande des éleveurs (Le Mézec, 2018)

Figure 2 : Evolution du nombre de génotypages à la demande d'éleveurs en races laitières (d'après Le Mézec, 2018)



d. L'ISU en race Prim'Holstein

Le développement du génotypage a permis l'émergence de nombreux marqueurs (SNP en particulier) permettant aux éleveurs de pouvoir mieux sélectionner les taureaux et les génisses de renouvellement selon leurs besoins ou envies (augmentation de la production laitière, de la qualité du lait, conformation de la mamelle, ...). Ainsi, après plusieurs années de sélection génomique, les éleveurs peuvent avoir atteint leur objectif primaire et sélectionner sur un nouveau critère ou bien réaliser une sélection pour avoir des vaches plutôt équilibrées sur tous les critères.

Pour chaque race, il existe une norme ISU (index synthétique unique) regroupant les critères de production (INEL¹, TB, TP, production laitière), fonctionnels (comptage cellulaire, fertilité et longévité), morphologique et bouchère. C'est un index complet et adapté pour un raisonnement économique global de l'élevage. Chaque caractère est pondéré selon les objectifs de sélection de chaque race (Marquaille, 2018).

¹ Index Economique laitier = 0.98 (MP kg + 10% MG kg)

En 2021, l'ISU Prim'Holstein a été révisé afin de proposer aux éleveurs une vache laitière bonne productrice (quantité et qualité laitière) tout en limitant les problèmes (reproduction, membres, mamelle) afin qu'elle soit durable (IDELE, 2021). Cet ISU a à nouveau évolué en 2024 avec l'ajout d'une catégorie santé du pied comprenant la synthèse lésions infectieuses (SLI) et la synthèse lésions mécaniques (SLM) (Figure 3). L'ajout de cette catégorie provient du fait que les problèmes de santé du pied sont de plus en plus présents en élevage bovins laitiers (PHF, 2024).

Figure 3 : Evolution de l'ISU Prim'Holstien (réalisation personnelle)



Légende :



SLI : Synthèse Lésions Infectieuses
 SLM : Synthèse Lésions Mécaniques
 CC : Capacité Corporelle
 ME : Membres
 MA : Mamelle
 HS : Hauteur au sacrum

IS : Largeur aux ischions
 MACL : Mammites cliniques
 CELL : Cellules
 FERG : Fertilité génisse
 FERV : Fertilité vache
 IVA1 : Intervalle vêlage 1^{ère} IA

MP : Matières protéiques
 MG : Matières grasses
 TB : Taux butyreux
 TP : Taux protéique

L'INEL est l'index de référence reflétant le potentiel génétique de production laitière d'une vache. La base de cet index est 0. Ainsi, un INEL positif est supérieur à la moyenne et un INEL négatif inférieur à la moyenne. Plus l'INEL est élevé plus le niveau génétique de la vache ou du troupeau est élevé. L'INEL s'exprime en points sans unités. Pour l'INEL, un écart-type est égal à 20 points d'index ce qui signifie que si un élevage a un INEL de 20 points alors il s'éloigne d'un écart-type de la moyenne. Il est donc dans les 15% des meilleurs élevages. L'ISU est centré sur 100 points et a un écart-type de 20 points (Rocland et Guillerm, 2024).

B. L'épigénotypage, un nouvel outil complémentaire et une nouveauté dans le monde de l'élevage

Les connaissances autour de l'épigénétique et l'évolution des technologies sont à l'origine d'une méthode prometteuse qui permettrait de mesurer l'impact de l'environnement, notamment du type d'élevage, sur l'expression des gènes des vaches laitières et donc leur phénotype. Il s'agit de l'épigénotypage, soit le typage d'un échantillon au niveau de marqueurs épigénétiques.

Le génotypage ne suffit pas pour prédire exactement les capacités des bovins laitiers sur les caractères étudiés. En effet, celui-ci ne prend pas en compte l'impact de l'environnement dans lequel va évoluer l'individu. Pourtant, l'environnement exerce une influence sur les capacités d'un individu. Malgré la sélection génomique, il existe toujours une grande variabilité individuelle au sein des

troupeaux de bovins laitiers que ce soit en termes de performance ou bien d'état général. Ces différences pourraient en partie s'expliquer par les modifications de la méthylation de l'ADN qui contribue à la variabilité phénotypique. Cela met en évidence l'importance de l'épigénotypage afin d'affiner la sélection génomique (Gasselin *et al.*, 2017).

a. Définition

Le phénotype des individus correspond à leurs caractéristiques propres telles que la morphologie (largeur de bassin, largeur de poitrail), les résultats zootechniques (production laitière, mammites, ...) et les capacités d'adaptations. Ainsi, ce phénotype peut être approché par l'étude du génome mais il doit être complété par l'étude de l'environnement de l'animal. En effet, l'environnement dans lequel évolue l'animal va avoir un impact sur sa croissance ou encore sur son système immunitaire par exemple. Tout cela pourrait être évalué par l'épigénotypage en lien avec l'impact de l'environnement sur l'expression du génome. L'épigénome, contrairement au génome, est dynamique c'est-à-dire qu'il évolue tout au long de la vie de l'individu et notamment pendant la différenciation cellulaire. Ainsi, une partie de l'épigénome est transmise par les parents et l'autre partie, la plus importante, est acquise durant la vie de l'animal. Il est gouverné par une relation entre le génome et les facteurs environnementaux (Beaujean *et al.*, 2020).

L'épigénome comprend plusieurs types de marques, la plus étudiée est la méthylation de l'ADN. La méthylation de l'ADN est une modification chimique des cytosines. Cette modification correspond à l'ajout d'un groupe méthyl CH₃ sur la cytosine. Cet ajout ou retrait de groupement CH₃ ne modifie pas la nature de la séquence génomique et peut être induit par un changement environnemental (Cartron *et al.*, 2015). Cependant, il peut modifier l'accessibilité de l'ADN pour la transcription et altérer l'expression génique, menant à la modification du phénotype avec un potentiel augmenté ou diminué pour un ou plusieurs caractères (ex : la productivité laitière) (Ibeagha-Awemu et Zhao, 2015).

Ainsi, la connaissance du génome n'est pas suffisante pour prendre en compte toutes les variations phénotypiques. L'épigénétique viendrait combler une part d'inconnu (l'environnement) mais pas la totalité.

b. Intérêt

La prise en compte de l'information épigénétique permettrait d'obtenir une différence plus faible entre le phénotype voulu et celui observé. De plus, elle permettrait de connaître la capacité de l'animal à pouvoir s'adapter en fonction de son environnement. En effet, les facteurs épigénétiques répondent à des signaux externes et internes de l'environnement tels que l'alimentation, les pathologies ou encore le climat. Ils peuvent modifier l'expression des gènes faisant émerger un phénotype spécifique en réponse à des changements environnementaux (Ibeagha-Awemu et Zhao, 2015). Les mécanismes épigénétiques sont donc des candidats particulièrement intéressants pour étudier l'adaptation physiologique. L'objectif est d'avoir des animaux plus robustes et adaptatifs pouvant maintenir leur performance lors du changement climatique par exemple (Beaujean *et al.*, 2020).

Une étude a mis en évidence l'adaptabilité de certains bovins via une modification de leur méthylome sanguin selon leur environnement et leur race. Ainsi, les modifications du méthylome concernent les gènes impliqués dans la réponse immunitaire, le fonctionnement du système nerveux, le métabolisme énergétique, la résistance à la chaleur, la couleur de la peau et la robe. Cela suggère

que pour ces différents gènes il existe une plasticité permettant une adaptation à des conditions plus ou moins favorables (Sevane *et al.*, 2019).

Ainsi, on remarque avec cet exemple, que des études ont été réalisées mettant en évidence l'effet de l'environnement, interne et/ou externe, sur les phénotypes des animaux. Il est donc intéressant de pouvoir évaluer cet effet de l'environnement.

c. Epichip, la première puce d'épigénotypage bovine

Le développement de cette puce d'épigénotypage se réalise en plusieurs étapes :

1. L'identification de marqueurs épigénétiques à mettre sur la puce.
2. La validation de ces marqueurs (45 000 marqueurs)
3. La quantification de l'effet de ces marqueurs sur une population de référence.

Concernant le choix des marqueurs, plusieurs types de marqueurs ont été mis en évidence dans le méthylome des individus. Pour les mâles, les principaux marqueurs sont en lien avec la fertilité des taureaux et sont évalués via le sperme. Par exemple, des modifications du méthylome peuvent être détectées selon l'âge de l'individu ou ses conditions de vie impactant la fertilité de l'individu. La fertilité des taureaux étant un enjeu économique important pour les éleveurs, il est intéressant de pouvoir l'évaluer à l'aide de l'épigénétique (Costes *et al.*, 2022). De nombreuses études ont mis en évidence des variations épigénétiques chez les vaches laitières. Les marques épigénétiques sont présentes pour une même affection sur plusieurs gènes. Par exemple, dans le cas de mammites à *Streptococcus uberis*, 26 biomarqueurs ont été mis en évidence dans les cellules du lait (Wang *et al.*, 2022). On retrouve aussi la mise en évidence de marques selon la teneur en MG (Matière grasse) et MP (Matière Protéique) du lait (Wang *et al.*, 2021) ainsi que lors d'infection à *Mycobacterium avium subsp paratuberculosis* (MAP) (Ibeagha-Awemu *et al.*, 2021). Ainsi, toutes ces études ont permis le regroupement de marques épigénétiques pour la création de cette puce d'épigénotypage.

Après la validation de ces marqueurs, la puce d'épigénotypage nommé Epichip a vu le jour début 2024 et a été validée techniquement. Cette puce permet d'analyser 24 échantillons à la fois. La technologie est similaire à celle utilisée pour le génotypage, mais l'hybridation de l'ADN génomique sur la puce est précédée d'une conversion chimique de l'ADN au bisulfite de sodium, qui permet de convertir l'information de méthylation en polymorphisme de sodium (Beaujean *et al.*, 2020). En effet, les cytosines non méthylées sont converties en thymines alors que les cytosines méthylées résistent à ce traitement chimique. Cette conversion chimique est conduite sur 96 échantillons d'ADN disposés dans une microplaque. Actuellement, dans le cadre du projet RUMIGEN, l'épigénotypage est réalisé via l'Epichip sur 3 084 échantillons sanguins prélevés dans les élevages en Bretagne qui constituent une partie de la future population de référence. Un questionnaire a également été réalisé dans les 52 élevages d'où proviennent ces animaux, pour confronter les résultats épigénétiques avec les conditions environnementales des bovins. Il s'agit du questionnaire traité dans cette thèse.

2. Les éléments de conduite d'élevage et résultats zootechniques

Les élevages laitiers français sont très diversifiés en termes de conduite d'élevage. Chaque élevage va choisir les éléments de conduite qui lui correspondent au mieux en termes de rentabilité, de temps

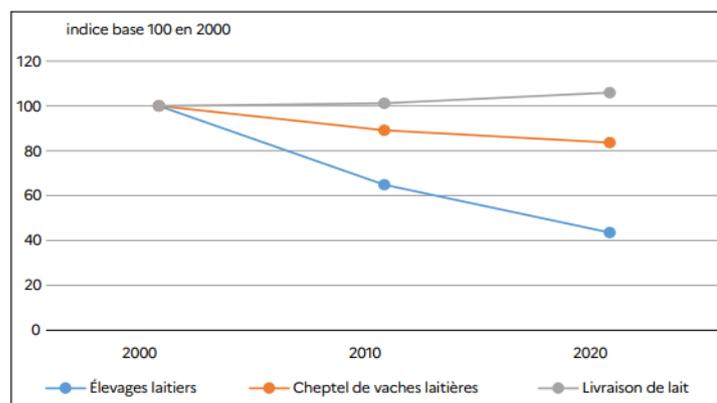
de travail, de débouchés pour sa production, des installations dont il dispose, de l'endroit où se trouve l'exploitation ainsi que bien d'autres critères. De plus, le bien-être en élevage est devenu plus présent du fait de la demande sociétale induisant une prise en compte par l'éleveur de cet aspect.

Il y a aussi une forte pression économique sur la production pour les éleveurs puisque c'est la rentabilité de l'élevage qui assure sa pérennité ainsi que le revenu de l'éleveur. L'économie de l'élevage va être influencée majoritairement par l'alimentation des animaux, étant donné son coût et son impact sur l'animal, la santé de la mamelle, pour son impact à la fois sanitaire et sur la valeur du lait. Mais il y a aussi le logement des animaux, les pratiques de traite, de tarissement, la gestion des veaux et le sanitaire de l'élevage. Ainsi, l'éleveur va choisir ou adapter sa pratique en fonction de ses besoins et de ses objectifs. La diversité des pratiques est l'objet de cette partie.

A. Différents types d'élevage bovins laitiers français

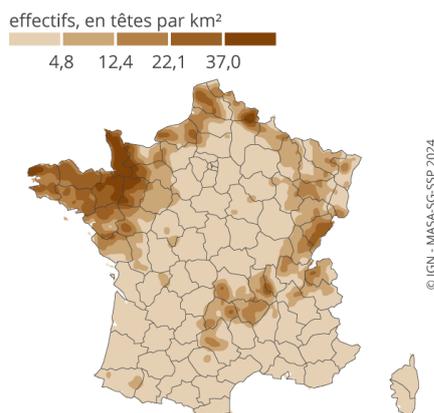
En France, le nombre d'exploitations de bovins laitiers est en baisse depuis 2000, diminuant de presque 60%. Cependant, le cheptel (nombre de vaches par élevage) a diminué uniquement de 20%. Cela signifie que les élevages bovins laitiers français s'agrandissent. En effet, 36% des vaches laitières sont dans des élevages d'au moins 100 vaches en 2020 contre seulement 11% en 2010. En cohérence avec cette observation, même si le nombre d'élevages laitiers est en baisse la quantité de lait livré à l'industrie est en légère hausse (Figure 4) (Gautié *et al.*, 2023). Ce maintien de la production laitière malgré la diminution du nombre de vaches laitières peut aussi s'expliquer par l'amélioration génétique des troupeaux.

Figure 4 : Evolution du nombre d'élevages laitiers, du cheptel de vaches laitières et des livraisons de lait à l'industrie en France métropolitaine de 2000 à 2020 (indice base 100 en 2020) (d'après Gautié *et al.*, 2023)



En France, les élevages bovins laitiers se concentrent dans le croissant laitier couvrant la Bretagne, la Normandie et le nord des Pays de la Loire, les Hauts-de-France et couvrant les régions frontalières de l'Est, l'Est de la Bourgogne-Franche-Comté et la région Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 5). (Gautié *et al.*, 2023)

Figure 5 : Localisation du cheptel de vaches laitières (d'après Insee Références, 2024)



Malgré une forte concentration des exploitations laitières dans l'Ouest de la France, il y a un maintien des exploitations dans d'autres régions de France. Cette répartition territoriale permet d'identifier trois types d'exploitations françaises (Veysset et Delaby, 2018 ; Duflos, 2023):

- 28% des élevages laitiers français se situent en zones de montagne et piémonts. Ils représentent 16% de la production laitière nationale. Du fait de leur localisation, les exploitations sont de petites tailles et souvent spécialisées notamment dans la production fromagère AOP (38% des exploitations contre 5% en plaine) ainsi que dans la transformation à la ferme. Ce sont des systèmes extensifs avec une part importante du pâturage et un faible chargement de la surface fourragère (0,8 à 1,2 UGB (Unité Gros Bovin)/ha de SFP (surface fourragère principale)) (Veysset et Delaby, 2018).
- 42% des élevages laitiers français se situent en zones de plaine dans les bassins laitiers. Les exploitations sont de tailles moyenne à petite, plutôt intensive (> 1,60 UGB/ha SFP et environ 7000 litres de lait/vache/lactation) avec une alimentation basée sur l'ensilage de maïs. Chaque région présente une spécificité : les Pays de la Loire ont une mixité bovins lait-bovins viande, la Bretagne a des exploitations hors sol et la Basse Normandie moins intensive avec une mixité bovins lait-viande et une valorisation des prairies permanentes par la production de bœufs ou de génisses.
- 15 % des élevages laitiers français sont des élevages biologiques répartis sur l'ensemble du territoire national avec une majorité dans le Grand-Ouest, l'Est et l'Auvergne-Rhône-Alpes. La taille des exploitations est d'environ 55 vaches laitières en moyenne. La quantité de concentré acheté a nettement baissé en 2022 suite notamment à l'augmentation du prix d'achat. Ainsi, l'alimentation est basée sur le pâturage et le foin à volonté (Produire Bio, 2022).
- 15% des élevages se situent en zones de polyculture-élevage avec des contraintes de surface influençant la densité laitière. Dans ces zones, la diversité des élevages est très marquée. En Alsace et Sud Aquitaine, on retrouve des exploitations très intensives avec zéro pâturage et un fort potentiel agronomique avec peu de contraintes du sol (environ 1,90 UGB/ha SFP et plus de 7000 L de lait/vache/lactation). Dans le Nord-Est, les grandes exploitations combinent plusieurs pratiques sur des prairies permanentes tel que les céréales et le lait. Dans le Sud-Ouest, la production laitière est encore présente dans les zones sèches

en association avec d'autres productions (ex : viticulture, melons, etc...). Enfin, en Bourgogne et région Centre, on a une faible densité laitière avec une forte concurrence des productions végétales.

Le système bovin laitier est étroitement lié au sol. Il existe un équilibre entre le travail dans les champs pour la production de l'alimentation des vaches et le travail à l'étable pour la production laitière. Cela implique des surfaces dédiées aux prairies permanentes pour les fourrages et d'autres pour la production de concentrés et de pailles, ajustées selon les besoins du troupeau. Le troupeau, en retour, fournit fumier et lisier pour les surfaces de production de fourrage, créant un cycle vertueux. Toutefois, aucune exploitation n'est entièrement autonome en alimentation, nécessitant l'achat d'aliments commerciaux tel que les tourteaux de soja, colza ou de minéraux par exemple. Cependant, une exploitation qui produit moins de 10% de l'alimentation des animaux est appelé système hors-sol (AvenirÉlevage, 2020).

Dans l'étude de cette thèse, les élevages sont situés en Bretagne, de type plutôt intensif et de race Prim'Holstein. Ces élevages ne sont pas en système hors sol. Ils sont appelés élevages conventionnels.

B. Éléments de la conduite en élevage bovins laitiers

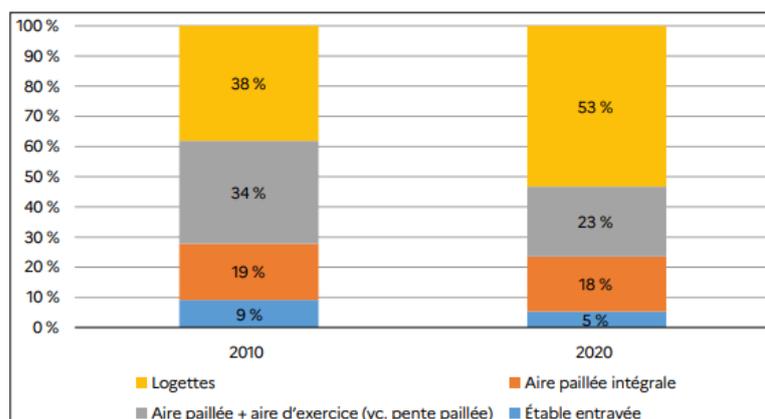
En élevages bovins laitiers de nombreux aspects ont un impact sur la rentabilité de l'élevage. Il y a le logement des vaches laitières ainsi que leur alimentation, la manière de réaliser la traite et le tarissement de la mamelle, la gestion sanitaire de l'élevage et celle de la reproduction du troupeau. Sans oublier, la manière d'élever les futures productrices de lait de l'élevage, autrement dit les génisses de renouvellement.

a. Logement

Le logement comprend les bâtiments dans lesquels vivent les vaches laitières d'une exploitation ainsi que le pâturage pour ceux faisant pâturer les animaux.

En France, le type de logement pour les bovins laitiers a un impact sur les conditions de travail de l'éleveur, les résultats technico-économiques de l'exploitation, ainsi que la santé et le bien-être des bovins. Seuls 2% des exploitations déclarent conduire des vaches laitières en plein air intégral, probablement des élevages en agriculture biologique. Les autres exploitations voient une augmentation des bâtiments avec logettes, tandis que les aires paillées et les étables entravées diminuent (Figure 6) (Gautié *et al.*, 2023).

Figure 6 : La répartition des capacités de logement de vaches laitières par type de logement en France en 2010 et 2020 (d'après Gautié *et al.*, 2023)



Les types de logement varient avec la taille des troupeaux. Les étables entravées sont principalement utilisées pour des troupeaux de moins de 40 vaches laitières, tandis que les logettes sont courantes dans les élevages de plus de 60 vaches (70 à 80%). Les aires paillées, intégrales ou non, sont présentes dans environ 40% des élevages avec 10 à 99 vaches (Gautié *et al.*, 2023).

- *Etable entravée*

L'étable entravée est un bâtiment où les vaches, attachées par un licol, sont alignées en deux rangées face à face avec une auge et un abreuvoir entre elles. Un caillebotis ou un creux derrière elles collecte les excréments. Les vaches ne peuvent pas se déplacer pendant un certain temps. Ce type de logement est principalement utilisé en montagne (EFSA, 2009). Ce type de logement est utilisé car il nécessite peu de place (pas besoin de couloirs d'alimentation notamment). Concernant le nettoyage, il est facilité par la concentration des animaux au même endroit et la limitation des déplacements. Cependant, cette restriction de mouvement induit une incapacité à exprimer le comportement naturel des animaux et si l'installation n'est pas aux normes elle induit un inconfort pour l'animal. Ainsi, ce type de logement doit être réservé à une courte période (quelques mois). Entre temps les animaux doivent avoir un accès à une aire de repos ou bien au pâturage (Peucelle, 2023). Il existe une dérogation notamment pour les élevages biologiques afin de pouvoir avoir un bâtiment avec une étable entravée (Règlement (UE) 2018/848, 2022).

- *Aire paillée*

L'aire paillée intégrale se distingue de l'aire paillée avec une aire d'exercice, généralement situé devant l'auge. L'aire paillée est une surface entièrement recouverte de paille, avec au minimum 8 m² par vache permettant aux vaches de se déplacer et de se coucher librement (Peucelle, 2023). Elle doit être paillée quotidiennement avec 1,2 kg de paille par m² par vache. Le curage, consistant à retirer toute la paille, se fait lorsque la paille atteint une température de 30°C en surface soit toutes les 3 semaines à un mois environ (Scohy, 2021a). Ce type de bâtiment est contraignant pour l'éleveur car l'aire paillée doit être paillée tous les jours et curé environ une fois par mois. De plus, étant donné les recommandations de surface par vache, il est moins fréquent d'avoir des troupeaux de plus de 100 vaches laitières. Cependant, ce type de logement est très confortable pour les vaches puisqu'elles peuvent se déplacer librement et se coucher comme elles le souhaitent. Il garantit une propreté des animaux s'il est bien entretenu (IDELE, 2018).

- *Logette*

Il faut prévoir une logette par vache plus 5%, adaptées au gabarit des vaches les plus grandes du troupeau. Les logettes doivent être suffisamment grandes pour assurer un couchage confortable, mais pas trop pour éviter les bouses à l'intérieur ainsi que le retournement des vaches. Une zone en avant de la logette doit être assez grande pour permettre aux vaches de se relever facilement ; (Cazin *et al.*, 2014). Le confort des vaches varie selon le type de sol (Tableau 1) (Cazin *et al.*, 2014). La litière pour les tapis et les matelas correspond à un asséchant ou litière absorbante (sciure, copeaux fin, farine de paille, paille broyée). Pour les logettes béton, la litière correspond à de la paille et la quantité recommandée est de 3 kg/logette/jour. Alors que pour les tapis avec de la paille, la recommandation est de 1,5 kg/logette/j (De Paula Reis, 2023). L'entretien des logettes doit être fait 2 fois par jour pour retirer les bouses éventuelles à l'intérieur et la litière peut être distribuée une fois par jour (IDELE, 2018). Ce type de logement est facile d'entretien du fait de la surélévation des logettes par rapport au sol et l'absence de bouses dedans (si celles-ci sont aux bonnes dimensions). Cela permet une mécanisation du nettoyage des logettes et surtout des aires d'exercices. Pour les vaches, cela induit des restrictions de mouvements avec parfois l'impossibilité de passer ou alors le fait de devoir faire le tour de la stabulation pour trouver une place pour se coucher. Cependant, en théorie le mouvement de balancier pour le lever et le coucher est respecté (si la taille des logettes est adaptée) et la logette garantie une surface de couchage propre n'étant pas en contact avec l'aire d'exercice (Peucelle, 2023).

Tableau 1 : Comparaison des principaux types de sol de logettes sur la base du niveau de confort des animaux et la facilité d'entretien (d'après Cazin *et al.*, 2014)

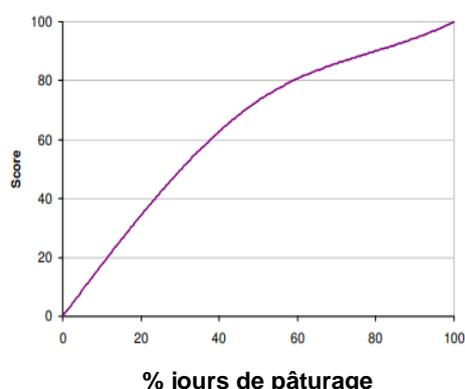
	Niveau de confort	Facilité d'entretien
Béton + Litière	-	+
Béton + Tapis (avec litière)	+	++
Béton + Matelas (avec litière)	++	++
Logettes creuses (en terre battue) Litière organique	+++	-
Logette creuses Litière de sable	+++(+)	-

- *Pâturage*

En France, le pâturage est largement pratiqué par les élevages bovins laitiers. Le temps de pâturage dépend souvent du type de sol, du climat, de la surface disponible mais il peut aussi être influencé par le type de traite. En effet, l'automatisation de la traite (robot de traite) a induit une diminution du pâturage dans ces types d'exploitations. Cela s'explique par le fait que le pâturage induirait une diminution de la fréquentation du robot et par conséquent une diminution de la production (Lola, 2023). Mais cela n'est pas toujours vrai, d'après l'étude de Caillaud et Brocard (2015), la production laitière est équivalente entre les élevages en robot de traite sans pâturage et ceux avec au moins 35% de pâturage à condition que le robot ne soit pas saturé. Ainsi, certaines exploitations avec robot de traite ont continué le pâturage. Il est recommandé que le pâturage soit proche des bâtiments afin de limiter les déplacements pour éviter les problèmes de boiteries notamment. Une rotation des pâtures est conseillée afin de limiter les risques de surdensité et donc d'infections (mammite, parasitisme, etc. ...). Il est recommandé de disposer dans la pâture d'une zone permettant aux animaux de se protéger des variations climatiques (vent, chaleur, pluie). Cela peut être un abri

naturel tel qu'un arbre ou bien une cabane. Il faut veiller à ce que ces endroits ne provoquent pas une concentration des animaux dans ces zones sinon cela peut induire des problèmes sanitaires. Pour éviter cela, il faut disposer de suffisamment d'abris et éloigner les lieux de fourrage et d'abreuvement obligeant les animaux à se déplacer (IDELE, 2018). Le temps de pâturage des animaux dans l'année est très variable d'une exploitation à une autre. Cela va du zéro pâturage à un pâturage à l'année. Le Welfare Quality, a mis au point un score reflétant l'expression d'autres comportements selon le pourcentage de jour de pâturage (Figure 7). Ainsi, plus le pourcentage de jours de pâturage est élevé plus l'expression des comportements naturels de l'espèce sont présents. On observe une augmentation presque constante de 0 à 50% de jour pâturés puis une atténuation de cette augmentation, suggérant que pour un temps de pâturage en dessous de 7,2 mois par an (60%), chaque durée supplémentaire passée au pâturage améliore l'expression des comportements (Welfare Quality®, 2009).

Figure 7 : Calcul des scores pour l'expression des comportements en fonction de la proportion de jours par année passés au pâturage (d'après Welfare Quality®, 2009)



- *Equipement*

Les élevages laitiers français sont de plus en plus à l'écoute des besoins de leurs animaux. Afin d'assouvir le besoin des vaches de se gratter, de plus en plus d'élevage installent des brosses dans les bâtiments. Il en existe deux types, les brosses rotatives et les brosses fixes disposées sur les murs de la stabulation.

Les éleveurs installent aussi des ventilateurs lorsque la circulation de l'air dans le bâtiment n'est pas suffisante. Ces ventilateurs sont notamment utilisés lors de fortes chaleurs afin de limiter la température dans le bâtiment et favoriser les courants d'air. Lors de fortes chaleurs, il peut aussi être utile d'installer des brumisateurs ou bien des douches afin d'humidifier les animaux pour les rafraichir . Les brumisateurs sont aussi utilisés par les éleveurs dans le but de limiter les mouches.

- *Couloir*

Le sol des aires de circulation des animaux est important. En effet, les vaches passent en moyenne 11 heures par jour debout pour manger, s'abreuver, aller se coucher mais aussi exprimer leurs comportement naturels et sociaux (chevauchement lors des chaleurs, allogrooming). Ainsi, ces zones doivent bénéficier d'un sol qui n'est pas trop glissant, ni trop abrasif et le plus propre possible (IDELE, 2018).

L'entretien des sols de circulation doit être réalisé correctement afin de prévenir les boiteries, les glissades et les émissions d'ammoniac. Un entretien efficace passe par (IDELE, 2018):

- Un raclage adapté au type de sol et au type de déjection ;
- Une fréquence suffisante soit minimum 6 fois par jour pour la conduite lisier (sans paille) en tendant vers 12 fois par jour idéalement et 2 fois par jour pour une conduite fumier (avec paille) ;
- Une vitesse de raclage adaptée ;
- Une bonne ventilation du bâtiment.

b. Alimentation

L'alimentation des vaches laitières est un point clé. En effet, elle est la base de l'élevage. Elle va influencer la production laitière, la reproduction et la santé des animaux. Il est important de choisir la bonne ration et la bonne manière de la distribuer.

La réalisation d'une ration passe par plusieurs étapes clés. Tout d'abord l'analyse des fourrages qui permet par la suite de bien choisir les ingrédients complémentaires (concentrés et minéraux). Les aliments doivent être pesés afin de connaître précisément la quantité de fourrage mise à disposition des animaux. La ration ne doit pas être trop sèche ni trop humide afin de faciliter l'ingestion avec des fibres de bonnes tailles. L'ordre d'incorporation des aliments et la distribution sont un point clé, les fourrages doivent être incorporés les premiers puis les concentrés et les minéraux. La distribution doit être la plus homogène possible (Mathioux et Scohy, 2020).

- *Type de ration*

Différents types de rationnement existe pour le troupeau de vaches en lactation (Cuvelier et Dufrasne, 2015):

- **Ration complète** : la ration est calculée en fonction de la production moyenne du troupeau. Les fourrages et les concentrés sont distribués pour tout le troupeau de manière identique. On obtient alors une ration identique et constante dans le temps favorisant une stabilité digestive. Cela permet un gain de temps considérable pour l'éleveur. Il est conseillé d'utiliser une mélangeuse pour ce type de rationnement. Cependant, ce type de rationnement a tendance à créer une sous-alimentation pour les vaches hautes productrices et une suralimentation pour les vaches faibles productrices. Ce type de ration convient pour les troupeaux homogènes en termes de production. La ration par lot est une variante de la ration complète permettant de réduire les points négatifs de celle-ci. Cette technique consiste à diviser le troupeau en deux lots homogènes selon le stade de lactation ou la production laitière des vaches. Une ration est calculée pour chaque lot. Ce type de ration est intéressant lorsque les vêlages sont étalés dans le temps.
- **Ration semi-complète** : ce type de ration permet d'éviter les inconvénients de la ration complète en diminuant la densité énergétique de la ration de base et en complétant les vaches laitières hautes productrices. La distribution individuelle de la complémentation en concentré peut se faire en salle de traite, au robot de traite, à l'auge, de façon manuelle (au seau) ou automatisée, via le DAC (Distributeur automatique de concentré). L'investissement temporel pour l'éleveur est cependant plus conséquent notamment s'il distribue manuellement la complémentation individuelle qui se complique lorsque les troupeaux s'agrandissent.
- **Ration avec complémentation individuelle** : les fourrages sont distribués à l'auge pour tout le troupeau et le reste de la ration est totalement individualisé. Cette technique permet

une optimisation de la production avec une ration répondant aux besoins individuels des vaches laitières. Cette individualisation requiert un temps considérable à l'éleveur et une veille permanente.

- *Type de distribution*

La distribution de la ration peut se faire de différentes manières, manuelle, à l'aide de machine ou automatisée. La distribution à l'aide d'une mélangeuse paraît être le système le plus adapté pour avoir une ration homogène. La distribution automatisée avec des bols mélangeurs est aussi une manière d'obtenir une ration homogène. La désileuse et la distribution à la main sont deux méthodes qui vont distribuer la ration par couches sans mélanger les aliments favorisant le tri par les vaches. Dans ce dernier cas, il est important de distribuer d'abord les fourrages (1 heure avant environ) et ensuite les concentrés afin de limiter l'acidification du rumen (EFSA, 2009). On retrouve aussi en élevage la méthode en libre-service qui consiste à laisser l'accès libre aux silos de fourrage. Les vaches ayant alors des fourrages à volonté. Cette technique ne convient pas pour des troupeaux de grande taille étant donné qu'il est nécessaire de prévoir 30 cm par vache dans la largeur du silo. L'accès à la ration dans la journée doit être au minimum de 16h. Cependant, elle est possible pour tous les types de ration avec l'ajout de concentrés directement incorporés dans l'ensilage ou bien disposés sur le front d'attaque chaque jour mais cela n'est pas recommandé, il est préférable d'utiliser une ration individuelle avec ce type de distribution (Wolter et Ponter, 2019).

En plus de la distribution, il est nécessaire que chaque vache puisse manger quand elle le souhaite. Il est recommandé d'avoir un cornadis par animal plus 5 à 10% supplémentaires, pour les barres au garrot 70 à 75 cm par vache et pour le silo en libre-service 30 cm par vache (Carel, 2022).

Pour la ration individuelle, il est recommandé d'avoir un DAC pour 25 vaches et un robot pour 60 vaches (Ponter, 2014 ; Veysset *et al.*, 2001).

La fréquence de distribution de la ration peut varier d'une fois par jour à deux fois par jour. La plupart des éleveurs distribuent la ration une fois par jour et repoussent la ration ensuite afin de limiter le temps de travail. Certains distribuent les aliments moins d'une fois par jour, pour cela ils disposent d'une avancée automatique des cornadis (système Welling) et d'un dessile-cube. L'ensilage est alors apporté aux vaches en cube et mis en libre-service. Cette technique n'est pas recommandée pour des rations complètes. Elle permet de distribuer la ration tous les 5-6 jours faisant gagner un temps considérable à l'éleveur. Les animaux étant en libre-service le nombre de cornadis est inférieur au nombre de vaches, 1 place pour 2 à 2,5 vaches. Les extrémités des cornadis ne sont pas consommés ce qui engendre une quantité plus importante de refus qui peut ensuite être valorisé par les autres bovins de l'exploitation (Huchon *et al.*, 2006).

- *Refus*

Les refus sont aussi à prendre en compte. Ils ne doivent pas dépasser 5% voire moins avec le repoussage fréquent de la ration par les automates. Il est conseillé de repousser la ration maximum trois fois par jour (Mathioux et Scohy, 2020). Il existe un cas pour lequel il est recommandé d'avoir plus de 5% de refus, il s'agit de la ration en libre-service. Dans ce cas, les refus montrent une réelle ingestion des ensilages (Wolter et Ponter, 2019).

Les refus peuvent être utilisés dans l'alimentation des génisses, des vaches tarées ou des bovins allaitant si l'exploitation dispose d'un atelier viande. Sinon, ils peuvent être mis dans le fumier ou sur les champs. Si les refus sont distribués aux génisses ou aux vaches tarées cela va avoir un impact

sur la capacité des animaux à valoriser une ration de moins bonne qualité. En effet, les refus des vaches sont en général les parties moins bonnes (moisissures) ou moins appétantes.

- *Pâturage*

Le pâturage peut représenter une part importante de la ration lorsque les vaches pâturent beaucoup (notamment au printemps). Une alimentation 100% pâturage peut permettre des performances élevées avec une production moyenne de 20 kg de lait/jour/vache à condition que l'herbe soit en quantité et en qualité suffisante (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

- *Adaptation selon le stade physiologique*

L'alimentation est adaptée selon le stade physiologique de l'animal pour répondre à ses besoins spécifiques. Ainsi, les génisses en croissance, les vaches en lactation et les vaches tarées reçoivent des rations plus ou moins différentes selon les élevages.

Pour les génisses destinées au renouvellement du troupeau, il est conseillé de ne pas avoir une croissance trop rapide avant 9 mois pour améliorer la réussite à l'insémination. Il est également recommandé d'éviter une ration riche en ensilage de maïs, car cela altère la composition de la mamelle, affectant la future production laitière. Les génisses élevées au pâturage développent une meilleure valorisation du pâturage à l'âge adulte (Sejrsen *et al.*, 2000).

Pour les vaches en période de tarissement, il est essentiel d'adapter la ration pour prévenir les problèmes potentiels lors du vêlage et du début de la lactation. Cela inclut la prise en compte de la réduction de la capacité d'ingestion due à la présence du fœtus. Une ration de meilleure qualité est recherchée pour compenser la réduction de quantité, tout en tenant compte des besoins. Pour cela, il faut contrôler la balance cations/anions (BACA, bilan alimentaire cation-anion) et les apports en phosphore et calcium afin d'éviter une hypocalcémie lors du vêlage. Une transition vers une ration lactation est recommandée 2 à 4 semaines avant le vêlage pour préparer la mamelle, le rumen et l'utérus à cette période critique (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

Pour les vaches en lactation, l'objectif est de répondre aux besoins individuels tout en assurant une marge de sécurité, c'est-à-dire prévoir 10-15% de plus que la quantité prévue pour le nombre de vaches en lactation au cas où certaines mangeraient plus que prévu. Étant donné l'hétérogénéité du troupeau, les apports alimentaires sont ajustés en fonction des besoins spécifiques de chaque vache ou calculés pour une performance moyenne du troupeau. Cela implique de considérer à la fois les besoins d'entretien et les besoins de production (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

- *Abreuvement*

Les vaches ont besoin d'un apport en eau important pour valoriser leur ration et ingérer suffisamment de nourriture. L'eau doit être disponible sans restriction, car elle conditionne l'ingestion alimentaire et la production laitière. En général, une vache laitière consomme entre 3 et 4 litres d'eau par litre de lait produit. Ces quantités peuvent varier selon le type d'alimentation (pâturage, foin, ensilage), la température extérieure, la taille de l'animal et son stade physiologique (génisse, vache en lactation, vache tarée) (Cuvelier et Dufrasne, 2015). L'étude de Steiger Burgos a démontré qu'une privation d'eau de 50% chez les vaches laitières entraînait une baisse de 20% de la production laitière. Un sous-abreuvement diminue rapidement l'efficacité de la valorisation des aliments, ce qui a des implications économiques significatives (Steiger Burgos *et al.*, 2001). L'éleveur doit adapter le nombre d'abreuvoirs en fonction de la taille de son troupeau. Les recommandations suggèrent un abreuvoir individuel (bol) pour 10 vaches ou un minimum de 6 cm par vache pour les abreuvoirs

linéaires (un abreuvoir de 1,2 m utile pour 20 vaches). Il est conseillé d'avoir au moins 2 abreuvoirs par bâtiment pour assurer un accès optimal à l'eau. Un débit d'eau suffisant, supérieur à 10 L/min, est également recommandé. La propreté de l'abreuvoir est aussi un point d'attention (Welfare Quality®, 2009).

c. Traite et tarissement

En France, la traite des bovins laitiers est principalement réalisée avec des machines à traire. Depuis leur introduction en 1992, les robots de traite connaissent une croissance significative. En 2000, il y avait 40 exploitations laitières équipées de robots de traite, chiffre qui a considérablement augmenté pour atteindre plus de cent fois ce nombre en 2018. Actuellement, 50 % des nouvelles installations de traite adoptent cette technologie (Sorel, 2019).

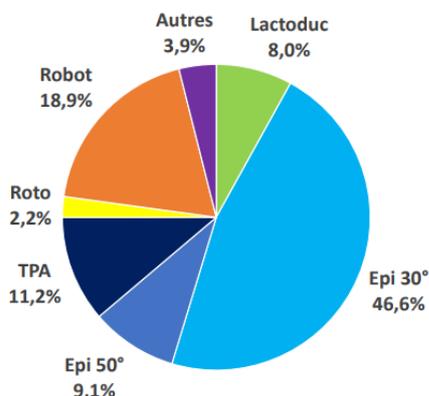
• Type de traite

Description des différents types de traite des vaches laitières en France :

- **Machine à traire** : il en existe plusieurs types selon comment l'animal se place (Epi 30°, Epi 50° ou TPA). La traite est réalisée par une ou plusieurs personnes. La salle de traite peut être équipée d'un quai simple ou bien double. Les vaches rentrent sur le quai, l'éleveur prépare la mamelle et ensuite branche la griffe sur la mamelle. La griffe est retirée une fois que la mamelle est vide. Pour ce type de traite, la détection des mammites se fait souvent lors de la réalisation des premiers jets (modification de l'aspect du lait).
- **Machines à traire portatives** : courantes en élevage de montagne, permettent de traire les vaches dans les stabulations entravées notamment. Ainsi, c'est la machine à traire qui vient à la vache et non l'inverse. Le système est similaire à celui de la machine à traire classique.
- **Salle de traite rotative** : elle est similaire à la machine à traire. La différence provient du fait que les vaches vont être placées sur un disque qui va tourner au cours de la traite les faisant avancer. Arrivé à la fin du tour elles vont pouvoir sortir de la salle de traite. Le travail de l'éleveur reste le même. Il est plus adapté pour des élevages avec un peu plus de 100 vaches contrairement à la salle de traite (Réussir, 2021).
- Le **robot de traite** est un automate réalisant la traite des vaches sans l'intervention de l'éleveur. La vache va rentrer dans le robot et celui-ci va l'identifier pour savoir si elle doit être traitée ou non et si oui la quantité de lait estimé et la quantité de concentré à distribuer. Il réalise automatiquement le nettoyage de la mamelle, la pose des gobelets trayeurs sur les trayons de la vache et le décrochage à la fin. Il permet aussi de détecter les mammites via la mesure de conductivité notamment. Dans ce type de système les vaches vont d'elles même au robot. Il est recommandé d'avoir un robot pour 50 à 60 vaches (Veysset *et al.*, 2001). Cependant, certaines vaches vont avoir tendance à moins aller au robot pour diverses raisons (boiterie, tempérament, fin de lactation). L'éleveur va alors devoir pousser ces vaches pour les obliger à aller au robot. On dit que ces vaches sont en retard de traite ce qui signifie qu'elles n'ont pas été traitées depuis 12 à 15 heures. Il est recommandé de ne pas dépasser 5% de vaches en retard de traite dans un troupeau (Corbet *et al.*, 2010). Un inconvénient majeur des robots sur le bien-être animal est le faible accès au pâturage. En effet, si les vaches ont accès au pâturage alors la fréquentation du robot peut diminuer induisant une baisse de la production. Il est alors nécessaire de mettre en place une organisation spéciale permettant de limiter cet effet. Cependant, des primes sont offertes par certaines laiteries aux éleveurs afin de les encourager à continuer le pâturage.

En 2023, la majorité des élevages réalisent la traite à l'aide d'une machine à traire (épi 30°, épi 50°, TPA (traite par l'arrière). En seconde position, on retrouve les robots avec 18,9% (Figure 8).

Figure 8 : Etat des lieux du parc des machines à traire 2023 (sur la base des Opti'Traite et Certi'Traite remontés dans Logimat) (Poulet, 2024)



Certains élevages mettent en place des brumisateurs et/ou des ventilateurs au niveau de la salle de traite ou des robots afin d'améliorer le confort des animaux et des éleveurs notamment en été pour éviter les mouches et la chaleur.

Le temps entre deux traites peut avoir un impact sur la production de lait. Il est recommandé d'espacer les traites de 12h afin d'avoir le même temps entre la traite du matin et la traite du soir. Cependant, des études ont montré qu'il était possible de diminuer l'intervalle de temps entre la traite du matin et la traite du soir afin de réduire l'amplitude horaire des éleveurs. En effet, cela leur permet d'avoir des horaires moins contraignants dû à des plages horaires de travail plus courtes. Il est possible de diminuer le temps de 12 heures à 10 heures sans observer de perte de production laitière. Une légère baisse de production laitière est observée à partir d'un intervalle de traite de 7h en journée (- 2,5%), au-delà, la perte de production s'accroît notamment en-dessous de 5h. Un intervalle entre deux traites inférieur à 8h en journée signifie une absence de traite pendant 16h la nuit pouvant entraîner un inconfort pour la vache dû à une pression importante dans la mamelle. De plus, l'augmentation de pression peut engendrer un écoulement de lait avant la traite favorisant les infections. En résumé, un intervalle de traite de 12h à 8h n'entraîne pas d'inconfort pour la vache ni de perte de production. Entre 7h et 5h, on note une baisse de production modérée avec un inconfort pour la vache et en-dessous de 5h, la baisse de production est plus importante (Caillé, 2017). Pour le calcul de l'intervalle entre deux traites paramétré dans un robot, il suffit de diviser les 24h par la fréquence de traite.

- *Type de manchons trayeurs*

Le massage du trayon pour l'expulsion du lait est réalisé via des manchons trayeurs. Il en existe deux sortes : caoutchouc ou silicone. La fréquence de changement des manchons trayeurs doit être respectée afin de préserver la santé de la mamelle et la qualité du lait. Il est recommandé de changer les manchons trayeurs en caoutchouc toutes les 2 500 traites et ceux en silicone toutes les 5 000 à 10 000 traites selon la machine à traire utilisée (Chauvat, 2020; Minier, 2019). Une étude menée sur la traite des chèvres avec des manchons en caoutchouc a mis en évidence qu'au-delà de 3 750 traites pour un manchon celui-ci présente de nombreuses craquelures engendrant une accumulation de matière favorisant le développement des bactéries. Ainsi, le changement des

manchons ne doit pas excéder les 3 750 traites pour les manchons en caoutchouc. Cela représente 50% en plus du temps recommandé, ainsi pour les manchons en silicone si on procède de la même manière on obtient 7500 à 15 000 traites (Minier, 2019).

- *Etapes de la traite*

La traite comprend plusieurs étapes importantes afin de maintenir une bonne hygiène de la mamelle dans l'élevage et un taux cellulaire bas (Figure 9).

Figure 9 : Les différentes étapes de la traite (réalisation personnelle)



Le nettoyage de la mamelle est une étape importante permettant de stimuler par massage l'éjection du lait, observer les signes d'infection de la mamelle et de limiter les risques d'infection de la mamelle. En effet, la mamelle peut être sale, notamment en été avec le pâturage, augmentant le risque d'entrée de germes dans la mamelle au moment de la traite via l'ouverture du canal du trayon. Le post-trempage, produit mis sur les trayons à la fin de la traite, doit avoir un effet barrière (filmogène) afin de limiter les infections après la traite le temps que le canal du trayon se referme. Celui-ci met environ 30 min à 2h pour se refermer (Enault, 2008). En machine à traire, certains éleveurs bloquent les vaches aux cornadis après la traite afin d'éviter que la mamelle soit en contact avec le sol notamment quand les vaches se couchent.

De plus, la machine doit être contrôlée tous les ans afin de s'assurer que les réglages restent adaptés au troupeau. Un mauvais réglage de la machine, une mauvaise pose des manchons trayeurs lors de la traite ou encore un décrochage tardif de la griffe peut engendrer des lésions au niveau des trayons de la vache (Enault, 2008).

- *Le tarissement*

Le tarissement correspond à la fin de la lactation, aussi appelé période sèche. Il correspond à la fin de la gestation de la vache (2 mois avant le vêlage environ). C'est une période durant laquelle la mamelle va être au repos permettant un renouvellement de ses cellules.

Le tarissement peut être direct c'est-à-dire un arrêt de la traite par séparation des vaches du troupeau sans diminution au préalable du nombre de traite. Elle est majoritairement pratiquée car facile à mettre en œuvre pour les éleveurs. Une diminution de l'alimentation peut être réalisée une à deux semaines avant le tarissement afin de diminuer la production. Cependant, le tarissement direct peut provoquer un engorgement mammaire important (plus présent sans diminution de l'alimentation) retardant la formation du bouchon de kératine et induire pour la vache un risque plus élevé d'infection, un inconfort et de la douleur. La réduction de la production au tarissement est donc

conseillée. Pour cela, un tarissement progressif consistant à traire la vache une fois sur deux lors de la dernière semaine avant le tarissement permet une réduction significative de la production. Ainsi les risques d'infections au tarissement sont diminués et cela favorise la formation du bouchon de kératine. Cette technique demande plus de temps pour l'éleveur et une certaine organisation puisque les vaches doivent être séparées afin de ne pas être trop stimulées par la traite et être remises une fois par jour avec les autres pour la traite (Aberide, 2015). Ainsi, cette pratique est plus facile à mettre en place en système de traite automatisée (robot de traite) en réduisant la quantité de concentré distribué au robot induisant une baisse de fréquentation de celui-ci par les vaches.

De plus, au début du tarissement, il est recommandé d'éloigner les vaches de la traite afin d'éviter la stimulation auditive. Cette stimulation peut induire une stimulation de la production laitière et par conséquent l'ouverture du canal du trayon favorisant ainsi l'infection de la mamelle.

Pour limiter les problèmes liés au tarissement direct, les éleveurs utilisent des obturateurs afin de boucher le canal du trayon artificiellement évitant l'entrée de germes ainsi qu'un antibiotique intra-mammaire limitant les mammites lors de cette période. Deux pratiques sont possible vis-à-vis de ces deux produits (Buttin, 2020):

- L'application systématique de l'antibiotique ou de l'obturateur. Or l'application en prévention d'un antibiotique est remise en cause à cause du risque d'antibiorésistance. Il n'est donc plus recommandé d'utiliser l'antibiotique si la vache ne présente pas de mammite lors du tarissement.
- L'application de manière sélective correspond au fait de s'adapter selon la santé de la mamelle de la vache. Pour cela on regarde s'il s'agit d'une génisse ou non, si durant la lactation la vache a eu des mammites et si son taux cellulaire est élevé ou non au moment du tarissement. Il est pertinent de choisir comme seuil de taux cellulaire avant le tarissement 200 000 cellules/ml. En effet, 86,6% des vaches avec un comptage cellulaire inférieur à 200 000 cellules/ml ne sont pas infectées avant le tarissement (Lipkens *et al.*, 2019). Il est aussi important de prendre en compte les facteurs de risques liés au logement (aire de couchage souillée), à l'alimentation (apport énergétique insuffisant), l'environnement (mouche) ainsi que l'état général de l'animal (note d'état corporelle (NEC)). En fonction de ces paramètres, on met ou non un antibiotique intra-mammaire. Si la vache est saine (absence de mammite lors de la lactation et taux cellulaire <200 000 cellules/ml) alors l'éleveur met uniquement un obturateur ou rien. Si elle a des risques de mammites, il met un antibiotique intra-mammaire +/- un obturateur, cela dépend de ses habitudes (Lollivier *et al.*, 2022). Le traitement peut se faire uniquement dans les quartiers ayant été atteints par une mammite durant la lactation ou bien systématiquement dans les quatre quartiers.

d. Reproduction

À partir de la puberté, une vache entre en chaleur environ tous les 21 jours, un processus essentiel à l'ovulation. Ces chaleurs se manifestent par des changements comportementaux que l'éleveur doit repérer, particulièrement en cas d'insémination artificielle (IA), courante en élevage laitier. La détection des chaleurs est cruciale pour la gestion de l'élevage, influençant directement la rentabilité. Une mauvaise détection peut entraîner des pertes économiques importantes, notamment par des IA mal synchronisées et une augmentation des périodes improductives. Avec la croissance des troupeaux, la réduction de la main-d'œuvre et le désir des éleveurs d'améliorer leur qualité de vie, la détection des chaleurs, chronophage, est devenue un défi majeur et des solutions innovantes ont vu le jour (Mauffre et Grimard, 2015).

L'âge au premier vêlage va avoir un impact sur la production laitière et sur la carrière de la vache. En effet, un âge au premier vêlage entre 23-24 mois induit une perte de production d'environ 400 kg de lait sur la première lactation. Il est important de prendre en compte aussi le poids des génisses lors du vêlage puisque le poids est corrélé à la production ainsi que leur croissance (Corre, 2019). Une nuire au développement correct croissance rapide des génisses avec un gain moyen quotidien (GMQ) trop élevée peut de la mamelle. Cependant, concernant les génisses à haut potentiel génétiques, la production laitière en première lactation ne semble pas être affectée avec un GMQ élevé (Le Cozler *et al.*, 2019). Ainsi, il y a plusieurs stratégies selon les objectifs des éleveurs, certains préfèrent inséminer tôt pour que les génisses vèlent à 23-24 mois afin d'avoir des vaches plus rapidement en lactation et pouvant avoir une carrière plus longue, stratégie souvent retrouvée dans les systèmes intensifs. D'autres vont choisir un âge au premier vêlage moyen entre 25 et 30 mois limitant ainsi les pertes de productions, ou bien un âge au premier vêlage en fonction du poids lors de l'insémination. En effet, il est recommandée d'inséminer les génisses lorsqu'elles atteignent un poids de 450 kg (Barbier-Bourgeois, 2016). Cela permet d'avoir une génisse avec un poids suffisant pour débiter sa lactation, cela correspond plutôt aux stratégies mises en place en système extensif. Enfin un âge au premier vêlage est considéré comme tardif au-delà de 30 mois.

Il existe plusieurs signes de l'œstrus chez la vache : acceptation du chevauchement par la vache (présent seulement lors des chaleurs), augmentation de l'activité locomotrice (pendant les chaleurs), glaires de chaleurs au niveau de la vulve (pendant et autour des chaleurs) et enfin augmentation des interactions avec les congénères (pendant les chaleurs). Tous ces signes peuvent être détectés par plusieurs techniques (Tableau 2) (Mauffre, 2019).

Tableau 2 : Différents moyens de détection des chaleurs (d'après Mauffre, 2019)

Manière de détecter les chaleurs	Nom du dispositif	Avantages	Inconvénients
Visuel (observation des vaches dans la journée)	Aucun	Aucun matériel nécessaire. Meilleure connaissance des animaux et de leur comportement.	Nécessite beaucoup de temps d'observation (chronophage). Manifestation discrète des chaleurs non détectables.
Détection du chevauchements	Peinture sur la croupe ou système de peinture à gratter (Estroprotect®) Vignette à usage unique (Oestrufash®, Kamar®)	Surveillance continue Simple à utiliser	Expression de l'acceptation du chevauchement nécessaire Ne permet pas d'apprécier le début des chaleurs Perte de dispositif possible Observation visuelle obligatoire
	Systemes électroniques sur la croupe (DEC®, MountCount&trade®, HeatWatch®)	Surveillance continue Bonne spécificité Permet d'apprécier le début de l'œstrus	Expression de l'acceptation du chevauchement nécessaire Perte de dispositif possible Coût élevé
Mesure de l'activité	Podomètre (AfiTag®, Lactivator®) Accéléromètre (Heatime®, HeatPhone®, Heat-Box®, Alpro®, boucle ou collier du robot de traite).	Détection continue Bonne détection du début de l'œstrus	Investissement en matériel Efficacité variable

L'insémination artificielle est aussi un point clé de la réussite de l'élevage du point de vue de la reproduction. Celle-ci peut être réalisée soit par un inséminateur professionnel, par l'éleveur ou encore par le vétérinaire. Il est important de prendre en compte cela car une mauvaise réussite à l'IA peut avoir pour origine le manque d'expérience de l'inséminateur mais cela peut aussi être dû à la présence de maladies.

L'objectif de reproduction des éleveurs est différent selon leurs troupeaux et leurs objectifs de production. En effet, il est possible d'inséminer les vaches dès leur retour en chaleur après le vêlage afin d'avoir un veau par an par vache. Il faut cependant faire attention pour les vaches hautes productrices car avec cette méthode de reproduction elles risquent d'avoir une production encore importante lors du tarissement pouvant engendrer un inconfort pour la vache. Ainsi, il est aussi possible d'inséminer selon la production afin de mieux gérer le tarissement (Burgers *et al.*, 2021). En effet, les vaches hautes productrices vont avoir des lactations plus longues ainsi pour ne pas avoir une production trop élevée au tarissement, il est recommandé d'inséminer ces vaches plus tard. Enfin d'autres éleveurs vont faire en fonction des chaleurs et inséminer lorsque la vache est vue en chaleur ou bien qu'une augmentation d'activité soit détectée sur les appareils.

e. Sanitaire

Un élevage peut avoir plusieurs problématiques sanitaires (affections) pouvant être résolues par diverses solutions (vaccination, antiparasitaire, antibiotiques, ...). Les trois problèmes majeurs en élevage bovins laitiers sont les mammites, les troubles de la reproduction et les boiteries (IDELE, 2018). La prévention et le traitement de ces affections sont développés dans cette partie. La prévention est importante concernant les mammites et les boiteries puisque ces deux affections ont un impact direct sur la production laitière et donc sur la rentabilité de l'élevage (Coulon *et al.*, 1989).

- *Mammites*

Les mammites représentent la première pathologie en élevage bovins laitiers et ont un impact économique important. En effet, le lait étant le moyen de rentabilité de l'élevage, lors de mammites celui-ci ne peut plus être commercialisé. Il est donc important de bien maîtriser cette pathologie.

Les mammites sont l'affection la plus courante chez les bovins laitiers, représentant 69% des traitements antibiotiques. Elles se caractérisent par une inflammation de la glande mammaire, généralement due à des infections bactériennes intra-mammaires. Quarante-sept pourcent des mammites ont lieu au cours des 2 premiers mois de lactation. Ainsi, il est important de faire attention à l'hygiène de traite notamment lors des débuts de lactation. Une ou plusieurs mammites durant une lactation peut provoquer une perte de 160 kg de lait sur la lactation. L'enjeu est important pour l'éleveur, il faut limiter au maximum leur présence dans l'élevage (Coulon *et al.*, 1989).

La détection des mammites se fait lors de la traite. Si l'élevage est en machine à traire, alors la détection se fait par le trayeur de manière visuelle. Pour cela, il regarde l'aspect de la mamelle (rouge, gonflée, chaude) et réalise les premiers jets afin d'analyser l'aspect du lait (présence de grumeaux, couleur anormale). Les premiers jets peuvent être réalisés systématiquement après le nettoyage de la mamelle avant le début de la traite ou uniquement si l'aspect de la mamelle fait penser qu'il y a une inflammation/infection. Pour les élevages avec un robot de traite, celui-ci va informer l'éleveur par une alarme sur le logiciel de l'élevage s'il détecte une mammite (conductivité

du lait, le comptage cellulaire) (Schoy, 2021b). À la suite de l'alarme, l'éleveur peut soit traiter automatique la vache soit regarder par lui-même la mamelle et le lait de chaque quartier afin d'adapter le traitement. Le traitement peut être réalisé systématiquement dans les quatre quartiers ou bien uniquement dans le/les quartiers infectés. Le traitement des mammites peut être complété par un antibiotique et/ou d'un anti-inflammatoire en intra-musculaire.

Avant réalisation d'un traitement antibiotique lors de suspicion de mammite, l'éleveur peut réaliser un prélèvement de lait afin de le faire analyser pour déterminer la bactérie responsable et adapter le traitement antibiotique. Cela permet aussi de connaître le type de mammite majoritairement présent dans l'élevage permettant d'adapter le protocole de soin de cette affection mais aussi de s'intéresser aux facteurs de risques présent dans l'élevage.

- *Gestion podale*

Les boiteries sont la troisième pathologie la plus fréquente en élevage bovin laitier, 90% étant d'origine podale, c'est-à-dire liées à des problèmes de pieds. Les boiteries sont très présentes en hiver (augmentation progressive au cours de l'hiver) et lors de la mise à l'herbe. Les boiteries répétées sont celles ayant un impact plus important sur la production. Trois boiteries durant une lactation peuvent provoquer une diminution de production pouvant aller jusqu'à 640 kg de lait contre seulement 20 kg de lait pour une seule boiterie au cours de la lactation. Ainsi, l'impact des boiteries sur la production en fait un enjeu économique important pour l'éleveur. De plus, les boiteries vont avoir un impact sur la longévité des vaches, en raccourcissant leur carrière (Coulon *et al.*, 1989).

Les conditions d'élevage peuvent entraîner une usure insuffisante de la corne, surtout au niveau de la partie antérieure et abaxiale par rapport à la corne axiale de la sole. Cela modifie la conformation du pied, nécessitant un parage fonctionnel ou préventif pour corriger les aplombs et éviter les problèmes de boiteries. Le parage préventif est souvent réalisé au moment du tarissement avant la période sèche puisque les animaux doivent être manipulés pour changer d'endroit. Le parage peut être réalisé par un pareur professionnel (ou pédicure) ou un vétérinaire. Mais certains éleveurs réalisent le parage eux-mêmes suite à la réalisation d'une formation en parage (Amstel *et al.*, 2004).

Le parage est le plus souvent curatif, c'est-à-dire pour les vaches présentant une boiterie. Cette boiterie peut être due à plusieurs pathologies dont les principales sont la fourbure subaiguë, le fourchet (ou dermatite interdigitée) et la maladie de Mortellaro (ou dermatite digitée). Toutes ces affections nécessitent que le pied soit levé pour vérifier l'origine de la boiterie. Un traitement local peut alors être réalisé soit avec un antibiotique en spray (oxytétracycline) soit par un produit désinfectant et cicatrisant. Un pansement est réalisé sur la lésion qui doit être retiré 2-3 jours après. Le panaris est une pathologie du pied plutôt sporadique et c'est la seule à nécessiter une injection d'antibiotique en intra-musculaire (IDELE, 2018). Les boiteries peuvent aussi être d'origine traumatique (cailloux par exemple) nécessitant un parage curatif et souvent la mise en place d'une talonnette pour supprimer l'appui sur la zone lésée. Un pansement avec un produit cicatrisant peut être réalisé pour que la cicatrisation soit plus rapide et limiter les risques d'infections (Lutz, 2021).

Pour la prévention en élevage de la dermatite digitée qui y est très présente, la meilleure prévention est le nettoyage des pieds à l'eau claire (Lutz, 2021). Cependant, de nombreuses techniques sont utilisées dont le pédiluve avec différentes molécules (exemple, le formol) plus ou moins agressives ou bien la pulvérisation d'une molécule directement sur les pieds lors de la traite ou lorsque les vaches sont attachées au cornadis. Ce sont souvent des produits d'hygiène non prévus pour cet usage (Thibaud, 2012). Ces produits sont en général très agressifs et peuvent être nocifs pour

l'éleveur et pour l'environnement. Il existe aussi des produits à base de bactéries commensales permettant de favoriser le développement de la flore au niveau du pied faisant une barrière ce qui permet d'éviter le développement des bactéries pathogènes. Ces bactéries sont des Bacilli (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, etc...). Ces produits peuvent être mis en pédiluve ou bien appliqués directement au niveau des pieds lors de la traite notamment (Hubert, 2016).

En prévention, il est aussi important de considérer la fréquence de raclage des couloirs. En effet, cela va avoir un impact sur la propreté des pieds mais aussi sur la présence des pathogènes sur le sol (IDELE, 2018). D'après le projet SOLVL, il est recommandé de racler les couloirs toutes les 2 heures en conduite lissier afin de limiter l'accumulation de bouses sur les aires d'exercices (Gervais *et al.*, 2018).

- *Vaccination*

La vaccination est une des principales stratégies de lutte contre les maladies infectieuses. La protection apportée peut prendre plusieurs formes telles que la protection contre l'infection, la diminution des signes cliniques, la limitation de la transmission de l'agent pathogène lors d'infection. Cette protection peut perdurer dans le temps ou bien être temporaire et nécessiter des rappels de vaccination fréquent. Elle peut aussi être totale ou partielle selon l'efficacité du vaccin et le type de vaccin (vivant atténué, inactivé).

Il existe de nombreux vaccins disponibles contre diverses maladies présentes en élevage bovin laitier. La mise en place de la vaccination dans les élevages bovins laitiers est souvent liée à la présence d'un problème dans l'élevage. Contrairement à ce qu'on pourrait penser, les vaccins sont utilisés lorsque l'agent pathogène est déjà présent dans l'élevage afin de limiter les nouvelles contaminations et non pas pour éviter l'introduction de l'agent pathogène dans l'élevage. Ces vaccins concernent plusieurs types d'affection tels que les mammites, les troubles de la reproduction ainsi que les troubles digestifs et respiratoires des veaux.

Les mammites étant un réel problème en élevage bovin laitier et une perte économique importante, des vaccins ont vu le jour dans le but de limiter cela. Un vaccin contre les mammites à *Streptococcus uberis* autorisé en Europe (Ubac®) n'empêche pas l'infection mais semble diminuer la sévérité des mammites (Collado *et al.*, 2018; Puig *et al.*, 2018). Un vaccin contre les mammites à *Staphylococcus aureus* autorisé en Europe (StartVac®) permet une réduction du nombre de bactéries dans le lait du quartier infecté (Prenafeta *et al.*, 2010). La vaccination contre les mammites à *E coli* n'a pas prouvée de réelle efficacité. En effet, elle permet une réduction de la sévérité des mammites et une diminution de la baisse de production mais pas d'effet sur le nombre de mammites cliniques et l'impact de ces mammites sur la reproduction. Or le principal intérêt de ce type de vaccination est de réduire l'incidence des mammites colibacillaire (Rainard et Germon, 2022).

La reproduction en élevage est aussi importante notamment pour le renouvellement du troupeau. Ainsi, les pathologies pouvant provoquer des avortements doivent être maîtrisées le plus rapidement possible. Pour cela, il existe un vaccin pour prévenir la fièvre Q (Coxevax®) qui consiste à protéger les animaux indemnes dès leur plus jeune âge (3 mois) et avant la mise à la reproduction. Il permet de limiter les avortements et l'excrétion de bactéries dans le milieu (EnvF, 2023). Il existe également plusieurs vaccins pour prévenir la BVD (diarrhée virale bovine) qui est une maladie réglementée ayant un fort impact économique en élevage (trouble de la fertilité, avortement, baisse de production, retards de croissance). Les vaccins permettent de réduire la virémie et l'excrétion virale. Certains

vaccins ont en plus une action sur la prévention de l'infection *in utero* du fœtus si la vaccination est réalisée avant la mise à la reproduction (Arnoux *et al.*, 2021; EnvF, 2023).

La salmonellose peut être responsable de diarrhée mais aussi d'avortement selon le type de souche. Ainsi, la vaccination contre la salmonellose se réalise sur les vaches gestantes à 7 mois de gestations et peut également être faite en prévention sur les veaux en diarrhées. Cette vaccination permet de réduire les signes cliniques et limiter les avortements (Delafosse, 2020).

La paratuberculose est une pathologie chronique à l'origine d'une entérite dont les signes cliniques s'expriment très peu rapporté au nombre de vaches atteintes. C'est une pathologie incurable qui induit la mort de l'animal après déclenchement des signes cliniques. Les signes cliniques apparaissent souvent lors d'une affection concomitante entraînant une baisse du système immunitaire. Cette pathologie est responsable de pertes économiques importante pour les élevages. Un vaccin existe permettant de réduire l'excrétion bactérienne, le développement des lésions au niveau du tube digestif ainsi que la charge bactérienne. Cependant, ce vaccin interfère avec le dépistage de la tuberculose, elle est donc réservée aux élevages très infectés (Vandaële, 2014).

La fièvre catarrhale ovine (FCO) est une maladie réglementée en France. Elle est transmise par les culicoïdes ce qui fait qu'elle est souvent saisonnière (été-automne). Chez les bovins, elle provoque peu souvent des signes cliniques. La vaccination est encouragée en France, surtout dans les zones favorisant la présence du vecteur, et obligatoire pour l'export d'animaux que ce soit en Corse ou bien à l'étranger. Ainsi, souvent les éleveurs faisant de l'export vaccinent les génisses contre la FCO (EnvF, 2023).

La teigne est une affection cutanée qui touche principalement les jeunes bovins plutôt en hiver. Cette mycose induit des lésions cutanées laissant des marques sur le cuir des jeunes bovins ce qui provoque une perte économique. De plus, la teigne peut provoquer des baisses de production et un ralentissement de la croissance. Ainsi, un vaccin a été mis au point (Bovilis ® Ringvac) afin d'immuniser les animaux contre la teigne évitant ainsi l'apparition des lésions cutanées (Chermette et Guillot, 2005).

En ce qui concerne les veaux, les vaccins sont décrits dans la partie B.f.

Ainsi, il existe de nombreux vaccins mis à disposition des éleveurs afin de répondre au mieux à leurs besoins selon la prévalence des différentes pathologies dans leur élevage.

- *Parasitisme*

En élevage, des traitements préventifs sont souvent réalisés contre les strongles gastro-intestinaux (SGI) et les mouches.

Les strongles intestinaux que l'on retrouve chez les bovins sont des nématodes, parasite du tube digestif. *Ostertagia ostertagi* et *Cooperia oncophora* sont les deux espèces les plus fréquentes. Leur présence sur les parcelles est systématique, les bovins ayant accès au pâturage y sont donc tous exposés. Cependant, lorsque la charge parasitaire des bovins est trop importante cela engendre des perturbations du système digestif de ceux-ci. Ainsi, ces parasitoses doivent être maîtrisées. Cette maîtrise de l'infestation repose essentiellement sur l'utilisation de molécules anthelminthiques. Le recours à ces molécules pendant des décennies, souvent de façon systématique, a exercé une forte pression de sélection sur les populations parasitaires, conduisant à l'apparition de résistances aux molécules anthelminthiques, c'est-à-dire à l'émergence de populations de SGI aptes à résister à des doses d'anthelminthique normalement efficaces pour les tuer. Cela met en danger la durabilité

de la lutte contre les SGI. Pour ralentir leur apparition, il est nécessaire de diminuer la pression de sélection, ce qui implique de raisonner les traitements anthelminthiques pour en diminuer l'usage. De plus, la diminution de la pression de sélection sur les populations de SGI passe par la conservation de populations refuges. Un refuge est une sous-population de parasites non soumise à l'action de l'anthelminthique (et donc ne subissant pas la pression de sélection lors de l'application du traitement) et contribuant à la génération suivante de parasites. Ces populations refuges permettent la dilution des gènes de résistance aux anthelminthiques sélectionnés par le traitement en maintenant majoritaires des gènes de sensibilité dans la population globale de parasites. De plus, il est important de permettre aux jeunes bovins un contact effectif avec les SGI afin qu'ils puissent développer une immunité efficace leur permettant de lutter contre l'infestation de façon naturelle et durable (Ledieu, 2023).

Ainsi, il est recommandé maintenant de réaliser un traitement anthelminthique ciblé sélectif consistant à traiter uniquement une partie d'un lot d'animaux. Les animaux choisis sont ceux étant les plus infestés et/ou les plus sensibles. La population refuge étant alors les animaux non traités du lot. Pour savoir quels animaux traiter, il est conseillé de réaliser des coproscopies afin de quantifier l'excrétion fécale ou bien de traiter les animaux présentant un retard de croissance (Ledieu, 2023).

La gestion du parasitisme combine les stratégies curatives (utilisation de traitement antiparasitaires lorsque la charge est trop élevée) et préventives (ex : gestion du pâturage, présence d'animaux immuns pâturant avec des animaux non-immuns) (Ledieu, 2023).

Pour le traitement antiparasitaire, les éleveurs traitent en général les génisses de première saison de pâture au moins une fois (plus de 70% des éleveurs) et 25% de ces éleveurs réalisent au moins 2 traitements. Soixante et onze pourcent des éleveurs ont recours aux anthelminthiques de façon collective et systématique (Ledieu, 2023).

Les mouches font l'objet d'une lutte annuelle aux beaux jours. Ces insectes sont responsables de nombreuses piqûres des vaches mais aussi de la transmission de nombreuses maladies telles que les mammites. Les mouches sont un vrai fléau en élevage bovin ayant un réel impact sur la santé et le bien-être des animaux. Pour espérer se débarrasser des mouches dans son élevage, il faut lutter avant tout contre les œufs et ensuite contre les adultes. Cela passe par une bonne hygiène d'élevage (nettoyage du matériel, absence de résidus de lait,...) (Scohy, 2020). Pour le traitement du bâtiment, il est conseillé d'utiliser un larvicide toutes les six semaines et pour les adultes des systèmes de pièges (seaux à glue) ou bien un traitement chimique. Le traitement des vaches est un plus, il se fait par désinsectisation en application sur le dos surtout utile en saison de pâturage ainsi que l'ajout de seaux à lécher à base d'ail (Peucelle, 2024). Cependant, les vaches en lactation ne sont pas traitées puisque la plupart des produits ont un temps d'attente de 2 à 4 semaines (temps durant lequel le lait ne peut pas être commercialisé).

f. Gestion des veaux

La gestion des veaux correspond à la période de la naissance jusqu'à l'insémination des génisses de renouvellement. Elle est intéressante puisqu'elle va renseigner sur l'immunité des veaux en s'intéressant au colostrum, aux risques d'affections en étudiant l'alimentation, la désinfection de l'ombilic et la vaccination.

Le colostrum constitue la base de l'immunité du veau à la naissance. Afin d'optimiser le transfert de l'immunité passive au veau après la naissance, un certain nombre de recommandations ont été édictées : c'est la règle dite des 5Q pour Quantité, Qualité, Rapidité (Quickly en anglais), Quantification et Hygiène (Quite Clean en anglais) (Hérambert *et al.*, 2024).

La qualité du colostrum peut être évaluée par deux techniques : selon la densité du colostrum soit à l'aide d'un pèse colostrum ou de colostro balls ou selon la réfraction de la lumière par les composants du colostrum avec un réfractomètre (Rialet, 2022). Pour la quantité de colostrum à administrer, les recommandations varient, pour les veaux laitiers, entre 2 et 4 litres de colostrum dans les 6 premières heures de vie afin d'assurer l'absorption par le veau d'environ 200 g d'IgG (immunoglobuline G) dans les premières heures, avant que le taux d'absorption intestinale des IgG ne décroisse rapidement (Chigerwe *et al.*, 2008). Le colostrum peut être administré artificiellement par plusieurs méthodes : au biberon, au seau à tétine, au seau ou bien à la sonde. Lorsque le colostrum est administré artificiellement, la quantité d'IgG dans le sang du veau, 48h après la naissance, est plus élevée que lorsque le veau tète la mère. La conservation du colostrum peut aussi avoir une influence sur l'absorption des IgG, comme le colostrum congelé par exemple. En effet, les IgG peuvent être altérées si la méthode de décongélation n'est pas adaptée (Besser *et al.*, 1991).

Les veaux sont nourris au lait jusqu'à l'âge de 6 semaines au moins. Après la naissance, l'éleveur peut choisir de donner le lait de la mère pendant plusieurs jours ou non. Par la suite, il peut utiliser du lait entier ou un aliment d'allaitement avec ou sans poudre de lait. Le lait entier est riche en matière grasse et présente une composition irrégulière associée parfois à une mauvaise qualité sanitaire, et deux repas par jour sont nécessaires. Les aliments d'allaitement, souvent moins coûteux, ont une composition régulière et homogène, et peuvent être distribués une fois par jour. Les aliments avec poudre de lait sont recommandés dans les élevages confrontés à des diarrhées, contrairement à ceux sans poudre. Enfin, le lait et le colostrum fermentés, grâce à leur acidité, préviennent les diarrhées et offrent des performances équivalentes aux aliments d'allaitement (Arzul, 2008).

A la naissance, l'ombilic du veau est une porte d'entrée pour les bactéries. Il est recommandé de le désinfecter à l'aide d'une solution à base d'iode pour limiter les infections de celui-ci (Grover et Godden, 2011). Deux pratiques sont réalisées sur le terrain, l'application d'une solution d'iode ou bien l'application en spray d'un produit antibiotique. Il est important de bien appliquer le produit sur la totalité de l'ombilic ce qui peut être plus difficile lors d'une application en spray. Cela permet de prévenir les omphalites (infection de l'ombilic).

Les diarrhées et les affections respiratoires sont les maladies les plus fréquentes chez les jeunes veaux en élevage bovin. Une prise en charge inadéquate de ces maladies peut entraîner la mort de l'animal et des pertes économiques pour l'éleveur. Les diarrhées peuvent avoir une origine alimentaire, infectieuse (bactérienne, virale) ou parasitaire, et sont favorisées par divers facteurs environnementaux (Thillard, 2019). Les broncho-pneumonies infectieuses enzootiques, souvent déclenchées par la mise en lot, sont des affections multifactorielles résultant de l'action combinée d'agents pathogènes bactériens et viraux, ainsi que de facteurs environnementaux et d'élevage (Mutschler, 2022). Les élevages confrontés à des problèmes de diarrhée ou de troubles respiratoires chez les veaux peuvent mettre en place des protocoles de traitement préventif. Pour les diarrhées d'origine parasitaire, comme la cryptosporidiose ou la coccidiose, des traitements prophylactiques sont utilisés. Un plan vaccinal peut également être mis en place pour les diarrhées virales et

bactériennes, consistant à vacciner les mères. Il est possible aussi de vacciner les mères ou les veaux dès la première semaine de vie contre l'entérotoxémie, maladie d'évolution rapide et mortelle due au développement anormalement important des clostridies, produisant des toxines, présent dans l'intestin des ruminants (GDS Bretagne, 2013). La vaccination des mères avant le vêlage permet un transfert de l'immunité au veau par le colostrum (Thillard, 2019). Pour prévenir les pathologies respiratoires des veaux, un protocole vaccinal peut être instauré, avec la vaccination des mères et/ou la vaccination des veaux dans les premiers jours de vie (Mounaix *et al.*, 2019).

Cette partie a permis de mettre en avant la diversité des pratiques d'élevages en France. Ces pratiques peuvent être influencées par la taille de l'élevage, la localisation et les objectifs des éleveurs.

Les pratiques les plus courantes sont :

- Pour le logement, les logettes suivies des aires paillées. Le nettoyage doit être réalisé selon les recommandations afin de favoriser une bonne hygiène du bâtiment limitant ainsi les risques d'infection.
- Pour l'alimentation, les rations complètes ou individuelles. La distribution peut être faite à l'aide d'une mélangeuse, d'un bol mélangeur automatique ou d'une désileuse. Le pâturage est une part de l'alimentation plus ou moins importante selon les élevages.
- Pour la traite, la machine à traire et le robot de traite avec des manchons trayeurs en silicone ou en caoutchouc. Le changement des manchons, l'entretien de la machine/robot et la préparation de la mamelle sont des points importants pour limiter la présence de mammites dans le troupeau.
- Pour le tarissement, il peut être progressif ou direct et les produits pouvant être mis dans la mamelle à ce moment sont des antibiotiques ou un obturateur. Trois semaines avant le vêlage, l'alimentation doit être adaptée pour préparer au mieux le vêlage.
- Pour la reproduction, la détection des chaleurs se fait soit visuellement soit par monitoring à l'aide de podomètre ou de mesure de l'activité, soit une association des deux (monitoring + visuel). Les éleveurs ont des objectifs différents concernant la reproduction et l'âge au premier vêlage de leur génisse.
- Pour le sanitaire, les principales affections sont les mammites et les troubles locomoteurs. Il existe de nombreux vaccins permettant de lutter contre les affections présentes en élevage bovin laitier. La lutte parasitaire est aussi fréquente en élevage et de plus en plus raisonnée.
- Pour la gestion des veaux, le colostrum doit être donné en quantité suffisante et être de bonne qualité (surtout si les mères sont vaccinées). Il est possible de désinfecter l'ombilic à la naissance. Les principales affections des veaux sont les diarrhées et les troubles respiratoires contre lesquels il est possible de lutter à l'aide de vaccins.

C. Objectivation des résultats zootechniques en élevage

Les résultats zootechniques d'un élevage peuvent être objectivés sur les animaux (vaches laitières et veaux) ou bien via les remontées de performances telles que le contrôle laitier. Concernant les vaches laitières, on a à disposition la production laitière (qualité et quantité), la NEC (note d'état corporelle) est évaluée via une observation individuelle des animaux, la santé de la mamelle et des pieds ainsi que la reproduction (réussite à l'insémination artificielle (IA), âge au premier vêlage et l'intervalle vêlage-vêlage). Pour les veaux, les données se concentrent sur les problèmes sanitaires (respiratoires et digestifs), la croissance et la mortalité.

a. Vaches

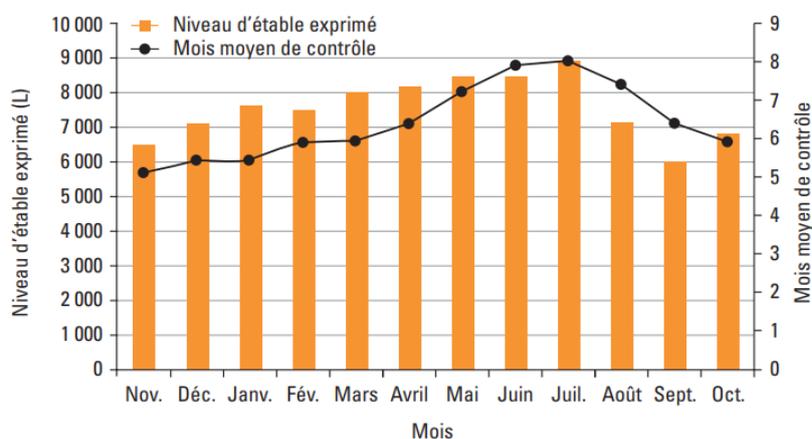
• Production laitière

La production laitière individuelle et du troupeau est exprimée en fonction de la quantité de lait produit et de sa qualité. Elle peut être exprimée en termes de lactation brute ou de lactation de référence. Une lactation brute signifie que le temps de la lactation n'a pas été normalisé. En effet, afin d'avoir des résultats équivalents pour chaque élevage, on normalise les lactations avec une durée de lactation de 305 jours aussi appelée lactation de référence. Ainsi, si la lactation dure plus de 305 jours alors la détermination des résultats (lait, matières et taux) se fait par interpolation en appliquant la méthode de Fleischmann (Carre *et al.*, 1958). Si la lactation dure moins de 305 jours ou 305 jours alors les résultats de référence correspondent aux résultats de la lactation brute (IDELE et ELIANCE, 2023).

En moyenne en 2022, les élevages de vache de race Prim'Holstein ont eu une production de 8419 kg de lait, 338 kg de MG, 267 kg de MP, un TB de 40,1 g/kg de lait et un TP de 31,8 g/kg de lait par lactation de référence (IDELE et ELIANCE, 2023). Les normes en termes de TP et TB sont de 32 g/kg et 38 g/kg, ainsi le lait vendu ne doit pas être inférieur à la norme sinon des pénalités sont attribuées à l'éleveur. Mais s'il se trouve au-dessus de la norme alors il y a une valorisation de la qualité du lait. La matière utile (MU) correspond à la MG plus la MP (Ministère de l'agriculture, 1970)

Pour le troupeau, on peut aussi avoir le niveau d'étable qui donne une indication sur le niveau de production du troupeau et son évolution sur l'année. Il est réalisé en prenant en compte la production laitière de chaque vache et son mois de lactation. Une moyenne est ensuite faite pour calculer le niveau d'étable du troupeau. Pour l'année, on obtient alors un graphique comme le suivant (Figure10) (Ponter, 2014).

Figure 10 : Le niveau d'étable et le mois moyen de contrôle (d'après Ponter, 2014)



Le mois moyen de contrôle correspond à la moyenne des mois de lactation du troupeau au moment du contrôle et son évolution dans l'année. Ainsi, le niveau d'étable permet de voir sur l'année les impacts des changements environnementaux et alimentaire au cours de l'année sur la production laitière d'un troupeau (Ponter, 2014).

Le rang de lactation (1^{ère} lactation, 2^{ème} lactation, etc...) a un impact sur la quantité de lait produit. Les vaches atteignent leur production maximale au bout de la troisième lactation avant elles ont une production plus faible qui augmente progressivement. Ainsi, lors du calcul de la production laitière

d'un élevage il est conseillé de prendre en compte le pourcentage de vache en 1^{ère} et 2^{ème} lactations (IDELE et ELIANCE, 2023).

De plus, les taux sont influencés par de nombreux facteurs intrinsèques tels que la race, la lactation, la santé de l'animal et des facteurs extrinsèques tel que l'alimentation, la technique de traite et les saisons.

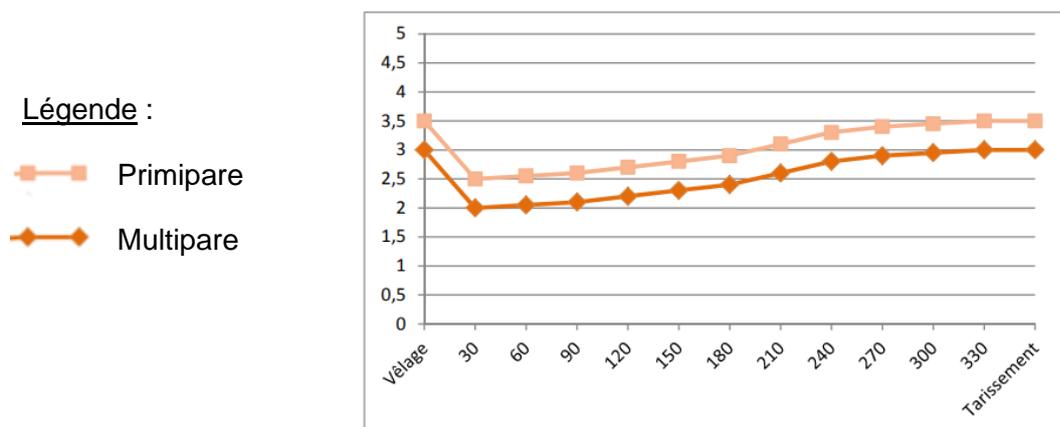
- *Evaluation sur l'animal*

- Note d'état corporelle (NEC)

La note d'état corporelle est une évaluation de la quantité de masse grasseuse d'une vache évaluée à l'aide d'une grille selon la race de la vache. Cette évaluation se réalise en se plaçant derrière la vache afin de regarder les reliefs osseux du bassin et de la queue puis sur le côté droit pour les reliefs costaux et vertébraux (Welfare Quality®, 2009). En effet, les vaches ne mobilisent pas toutes de la même manière leurs réserves grasseuses. Pour chaque zone, une note de 0 à 5 est donnée en fonction de la grille (Annexe 1, (Froment, 2007)). Une moyenne des deux notes (arrière et côté) est réalisée pour obtenir la NEC de la vache. La NEC est un indicateur de la nutrition et la santé d'un animal et, l'ensemble de notes d'un troupeau donne une vision globale sur l'adaptation de l'alimentation à ce troupeau (Cuvelier et Dufrasne, 2015).

La NEC n'est pas constante au cours de la vie de la vache. En effet, lors du début de la lactation, la vache va mobiliser ses graisses afin de débiter sa lactation induisant une diminution de sa NEC (proche de 2). Cela implique que lors du tarissement sa note d'état corporelle doit être plus élevée que lors de la lactation (3 – 3,5) (Figure 10). Ainsi, il est important de connaître le stade de lactation de la vache pour pouvoir interpréter sa NEC. De plus, dans un élevage il ne doit pas y avoir de vaches avec des NEC inférieures à 2 (Hulsen, 2010), mais il peut être pertinent d'accepter 10% de vaches avec des NEC inférieures à 2, puisqu'en début de lactation il est possible que certaines se retrouvent en dessous, même si cela n'est pas recommandé.

Figure 11 : Evolution de la note d'état corporelle au cours de la lactation chez la vache Prim'Holstein (d'après Hulsen, 2010)



- Propreté

Il est possible d'évaluer la propreté des vaches en leur attribuant un score. Cette note comprend la propreté de la mamelle et des membres. Pour cela, il va falloir évaluer le type de souillure (éclaboussures, plaques plus ou moins étendues) ainsi que la zone (avant de la mamelle, bas ou

haut des membres) (Lévesque, 2004). Cela donne une indication sur le bon entretien du logement surtout en termes de nettoyage ainsi que les risques de mammites si les mamelles sont sales.

- *Santé*

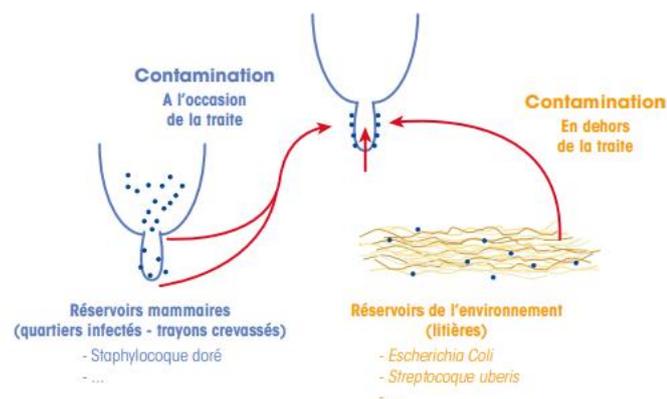
En élevage, les trois principaux problèmes de santé des bovins sont les mammites, les affections de la reproduction ainsi que les boiteries. Il est intéressant de connaître la prévalence de ces affections dans un élevage afin de faciliter l'interprétation des résultats zootechniques de production notamment.

- Les mammites

Dans un troupeau, deux types de profils de mammites peuvent être présents. Ces profils seront distinguables par l'éleveur avec le taux cellulaire (représentant l'inflammation de la glande mammaire), l'aspect de la mamelle et du lait (Figure 11) (IDELE, 2018).

- Le profil "contagieux" : les mammites se caractérisent par de nombreuses vaches infectées avec des infections principalement subcliniques et persistantes au cours de la lactation. Les principales bactéries impliquées sont les staphylocoques à coagulase positive (notamment *S. aureus*), certains streptocoques (*Str. dysgalactiae* et *Str. agalactiae*), ainsi que des pathogènes mineurs comme *Corynebacterium bovis* et des staphylocoques à coagulase négative. Ces bactéries sont présentes en grandes quantités dans le lait des quartiers infectés et sur la peau des trayons, surtout lorsqu'ils sont crevassés. La contamination des trayons sains se fait principalement par contagion, surtout lors de la traite. Ce type de mammité engendre une inflammation importante de la mamelle induisant une augmentation du taux de cellules somatiques dans le lait. La prévalence globale de ce type de mammité en élevage est élevée du fait de la chronicité (environ 80%).
- Le profil "environnemental" : les mammites se caractérisent par des épisodes de mammites cliniques, avec des infections de courtes durées mais plus sévères survenant pendant la lactation ou le tarissement. Les bactéries les plus fréquentes sont les entérobactéries (notamment *Escherichia coli*) et *Streptococcus uberis*. Ces bactéries se trouvent principalement dans les litières et les sols souillés, où elles peuvent se multiplier. La contamination des trayons se fait principalement par contact avec les litières contaminées lorsque les animaux se couchent. La prévalence globale dans l'élevage de ce type de mammité est plutôt faible mais l'incidence est forte.

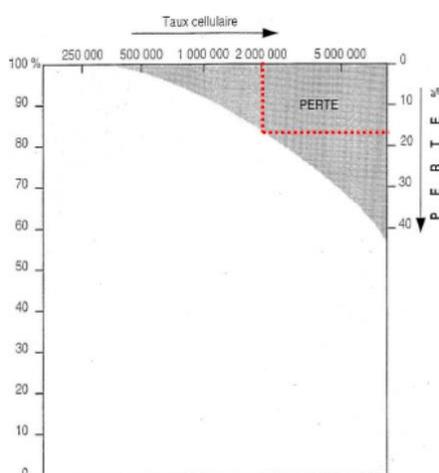
Figure 12 : Les profils types de contamination des infections mammaires (d'après IDELE, 2018)



Ces profils peuvent coexister (profils mixtes) dans certains troupeaux.

Le taux cellulaire renseigne sur la prévalence des mammites dans un troupeau et a un impact sur la production laitière. Pour que le lait puisse être commercialisé, le taux cellulaire du lait de tank ne doit pas dépasser 400 000 cellules/ml et le nombre de germes doit être inférieur à 100 000 UFC/ml (Ministère de l'agriculture et de la pêche, 1994). Le seuil de 300 000 cellules/ml permet de discriminer les vaches non infectées par un pathogène majeur (*S. aureus*, *E. coli* et *S. uberis*) des autres (93% des vaches avec un taux cellulaire <300 000 cellules/ml sont non infectés par un pathogène majeur). Le seuil de 800 000 cellules/ml est intéressant pour trier les vaches (réforme, nourrice, etc...) (Serieys, 1985). De plus, plus le taux cellulaire d'une vache est élevé plus la production diminue. Pour un taux cellulaire entre 300 000 et 800 000 cellules/ml, il y a une baisse de 1 à 5% de production laitière et pour un taux supérieur à 800 000 cellules/ml la perte est de plus de 10% (Figure 13). Ainsi cela a un impact économique pour l'éleveur, il est donc intéressant de regarder cette information pour l'éleveur (Bossé, 2021)

Figure 13 : Courbe de la production laitière en fonction du taux cellulaire et impact du taux cellulaire sur la production en pourcentage (d'après Bossé, 2021)



L'évolution du taux cellulaire durant une lactation peut être analysée lors du tarissement afin de choisir au mieux le traitement à réaliser. Si une vache dépasse les 800 000 cels/ml, elle est très contributive pour le taux cellulaire du lait de tank, il est donc recommandé de la traiter et si le taux ne diminue pas ou reste au-dessus des 400 000 cels/ml dans la prochaine lactation il faudra envisager de la réformer (nourrice ou bouchère).

□ La reproduction

La reproduction en élevage bovin laitier est un paramètre clé puisqu'elle conditionne la lactation de la vache et le renouvellement du troupeau. De nombreux résultats zootechniques permettent de l'évaluer tels que la réussite à l'IA, l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) ainsi que l'âge au premier vêlage. Lorsque ces résultats ne sont pas en accord avec les objectifs de l'éleveur, il est nécessaire de regarder en complément les facteurs intrinsèques tel que la morbidité des affections pouvant être liée à la reproduction tel que les métrites (inflammation de l'utérus) mais aussi les facteurs extrinsèques c'est-à-dire la manière dont l'éleveur conduit son élevage et pouvant avoir un impact sur la reproduction (détection des chaleurs, alimentation, ...). Les facteurs extrinsèques ayant déjà été développés dans la partie B.d, les facteurs intrinsèques sont les seuls développés dans cette partie.

L'âge au premier vêlage va dépendre de la puberté des génisses ainsi que de leur fertilité. La moyenne d'âge au premier vêlage en France pour la race Prim'Holstein est de 29 mois (PHF, 2015). La puberté est influencée par le GMQ ainsi si le GMQ est élevé alors les génisses sont pubères tôt et peuvent être inséminées tôt. La fertilité est aussi influencée par l'état corporel de la génisse au moment de l'insémination. Ainsi, un âge au premier vêlage autour de 24 mois est possible si les génisses ont un GMQ élevé (700 à 800g/j) à la mise à la reproduction et un bon état corporel (NEC de 3 à 3,2 selon la grille en Annexe 1) (Le Cozler *et al.*, 2009).

La réussite à l'IA est évaluable sur les génisses et les vaches laitières. Elle reflète la fertilité du troupeau, c'est-à-dire la capacité du troupeau à être fécondé lors d'une IA ce qui correspond au rapport entre le nombre de vaches fécondées à l'issue de la première IA et le nombre de vaches ayant vêlé à la suite de cette insémination. Il est intéressant de voir le taux de réussite en première IA ainsi que le taux de réussite après la troisième IA. L'objectif en race Prim'Holstein est de plus de 55% pour le taux de réussite en première IA chez la vache laitière et de plus de 70% pour le taux de réussite en première IA chez la génisse (Yvard, 2022). Les femelles non gestantes après trois IA représentent un quart du cheptel français de vaches laitières ce qui signifie qu'un quart des cheptels ont des troubles de la fertilité (Chastant, 2022). Il est important de prendre en compte le taux de semence sexée pour l'interprétation de la réussite à l'IA d'un élevage car les semences sexées ont une moins bonne réussite à l'IA en général. Cela est dû à une concentration en spermatozoïdes de la paille plus faible. Certains éleveurs l'utilise car elle permet à l'éleveur une amélioration génétique plus rapide de son troupeau, un taux de génisses de renouvellement plus adapté à ses besoins et une facilité au vêlage pour les génisses (Boujenane, 2012).

L'intervalle vêlage-vêlage est une indication sur la fécondité du troupeau, c'est-à-dire sur l'aptitude des vaches à mener à terme leur gestation. Il correspond à l'intervalle entre deux vêlages. L'objectif en race Prim'Holstein en France est de 404 jours (Yvard, 2022).

Tous ces indicateurs vont pouvoir aider à mettre en évidence si un problème de reproduction est présent dans l'élevage. Plusieurs facteurs intrinsèques peuvent être responsables de troubles de la reproduction chez la vache laitière. Il y a le vêlage, la période périnatale, l'involution utérine, les infections utérines ainsi que l'activité ovarienne. Il a été démontré que la mortinaissance et la fièvre de lait (hypocalcémie en période périnatale) n'ont pas d'impact sur la reproduction, contrairement à un vêlage dystocique et une rétention placentaire qui provoque une diminution de la réussite à l'IA. La métrite, inflammation voire l'infection de l'utérus, et la présence de kystes ovariens sont les deux affections qui induisent une diminution importante de la réussite à l'IA. Ainsi, il est important de contrôler la prévalence des métrites au sein d'un élevage pour limiter les troubles de la reproduction (Fourichon *et al.*, 2000).

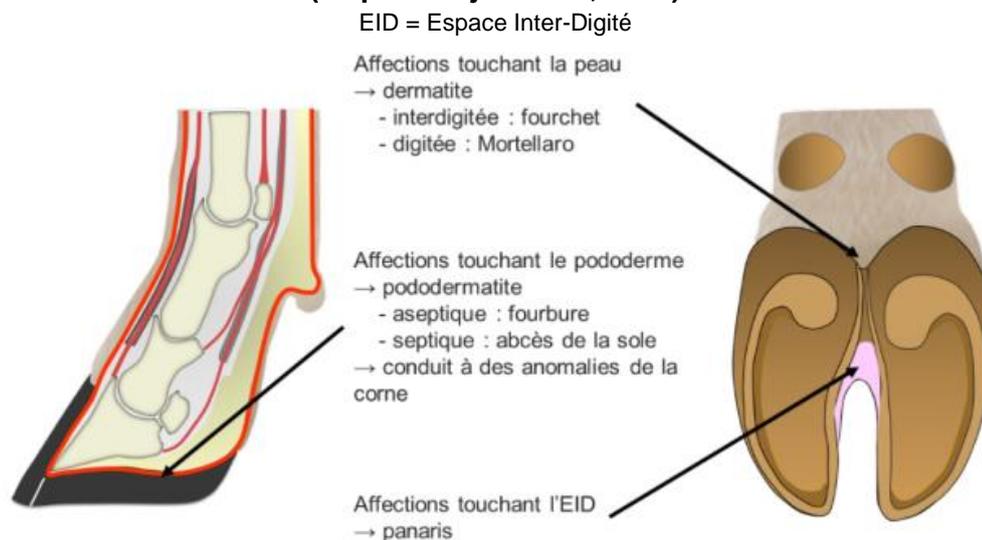
□ Trouble locomoteur

Les boiteries sont de plus en plus présentes en élevage. Les trois principales affections sont la fourbure subaiguë, le fourchet (ou dermatite interdigitée) et la maladie de Mortellaro (ou dermatite digitée). Le panaris peut aussi être présent, mais il apparaît généralement de manière sporadique sur une courte période de l'année (Figure 14) (IDELE, 2018).

La fourbure subaiguë est d'origine mécanique due à l'affaissement de la 3^{ème} phalange (= os du pied). Cet affaissement est principalement causé par des troubles métaboliques et est largement favorisé par des conditions de logement inadaptées aux bovins (ex : temps debout prolongé). Le fourchet, la maladie de Mortellaro et le panaris sont d'origine infectieuse, favorisées par un habitat

humide et souillé. Le fourchet est dû à une co-infection du pied par plusieurs bactéries dont *Dichelobacter nodosus* (principalement) et *Fusobacterium necrophorum*. La maladie de Mortellaro est due à l'infection par des bactéries de la famille des Tréponèmes (principalement *T. phagedenis*, *T. vinventii* et *T. denticola*). Le panaris est quant à lui dû à la pénétration de bactéries entre les onglons à la suite d'une blessure (dont *Fusobacterium necrophorum* ou *Dichelobacter nodosus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Trueperella pyogenes* ...).

Figure 14 : Synthèse des affections podales en fonction de leur localisation anatomique (d'après Adjou et al., 2019)



Il est pertinent d'évaluer le pourcentage de boiteries ainsi que la prévalence des différentes pathologies podales afin de pouvoir définir un plan d'action si besoin.

b. Veau

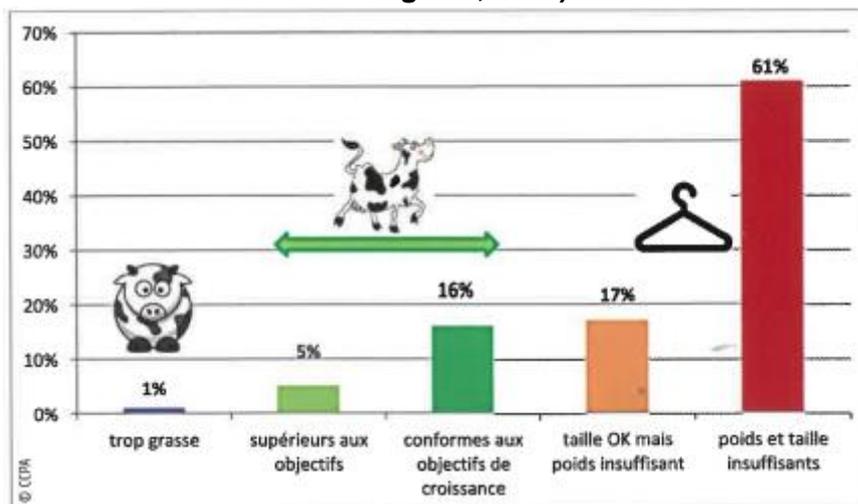
Les résultats zootechniques sont évalués sur les veaux avec la morbidité des principales pathologies dans l'élevage ainsi que le GMQ pour évaluer leur croissance et la mortalité lors de la première semaine de vie.

La morbidité chez les veaux est principalement liée aux diarrhées et aux affections respiratoires. Elle peut aussi être liée aux omphalites qui peuvent affaiblir les veaux et favoriser l'apparition d'autres affections. Ce type d'affection est surtout présent en élevage bovin allaitant (Perrot, 2021). Comme énoncé dans le paragraphe B.f., ces pathologies peuvent avoir un lien avec l'environnement dans lequel grandit le veau et la qualité du colostrum. Ainsi, la prévalence de ces deux pathologies en élevage bovin laitier est un bon indicateur sur la gestion des veaux permettant de mettre en place un plan d'action (vaccination, modification logement) si elle est trop élevée.

Une prise en charge inadéquate de ces maladies ou une morbidité trop élevée peut entraîner la mort de certains veaux induisant des pertes économiques pour l'éleveur. La mortalité en élevage bovin laitier peut être évaluée par le taux de mortalité des veaux femelles durant la première semaine de vie. L'intérêt est porté sur les veaux femelles puisque c'est elles qui vont servir pour le renouvellement du troupeau. Par conséquent, l'éleveur est plus attentif à l'état de santé de ces veaux femelles et à leur croissance puisque la perte des veaux femelles a un impact économique plus important pour l'éleveur. Si la mortalité est trop importante, l'éleveur n'aura pas assez de génisses pour le renouvellement de son troupeau l'obligeant ainsi à en acheter.

La croissance des génisses de renouvellement en élevage laitiers bovins est un point clé pour la future carrière de la vache. Pour les vaches de races Prim'Holstein, les génisses doivent au minimum doubler leurs poids de naissance à 2 mois puis peser 200 à 210 kg à 6 mois. Ainsi le GMQ d'une génisse doit être de 900g pour un vêlage à 24 mois. Cependant, d'après une étude, sur plus de 1300 génisses Prim'Holstein l'objectif de croissance est atteint pour seulement 22% des veaux (Figure 15). Or le déficit de croissance avant 6 mois n'est jamais rattrapé et une sous-alimentation induit une fragilité et donc une sensibilité augmentée vis-à-vis des pathogènes (Trocon et Petit, 1989).

Figure 15 : Profil morphologique de 1 344 génisses Prim'Holstein de 6 mois (Barbier-Bourgeois, 2016)



L'objectivation des résultats zootechniques d'un élevage permet un suivi du troupeau et une mise en évidence d'un problème éventuel. Dans ces résultats zootechniques, il y a ceux concernant les vaches, plus nombreux, et ceux concernant les veaux.

Pour les vaches laitières, la production laitière est un point important qui est évalué à l'aide de la quantité de lait produite, de la qualité et du niveau d'étable. Il est possible de regarder la NEC d'un troupeau afin d'objectiver un problème nutritionnel ainsi que la propreté des vaches pour l'aspect sanitaire et les risques de mammites potentiellement. Les mammites peuvent être de type contagieux ou de type environnementale, elles sont évaluées via l'aspect du lait, de la mamelle et du taux cellulaire dans le lait de la vache. Les résultats zootechniques en termes de reproduction permettent d'évaluer un problème de ce point de vue-là et d'essayer de le résoudre si possible. Pour cela, il y a l'âge au premier vêlage, la réussite à l'IA, l'IVV et la morbidité des affections de l'appareil génital de la vache. Enfin, les troubles locomoteurs étant de plus en plus présents en élevage, il est intéressant de regarder le pourcentage de vaches boiteuses dans le troupeau et l'étiologie.

Pour les veaux, la croissance est un bon indicateur d'un veau en bonne santé et vivant dans des bonnes conditions. Elle s'évalue à l'aide du GMQ. Il est complémentaire du taux de mortalité. Concernant les affections du veau, il est intéressant de connaître la morbidité liée aux diarrhées, aux affections respiratoires et aux omphalites.

Lorsqu'un problème est mis en évidence avec les résultats zootechniques, il est important de regarder la conduite d'élevage afin de pouvoir trouver l'origine du problème et tenter de le résoudre. Après modification de la conduite, les résultats zootechniques sont à nouveau analysés pour voir si le problème est résolu, en cours de résolution ou inchangé.

Deuxième partie : étude expérimentale

1. Introduction

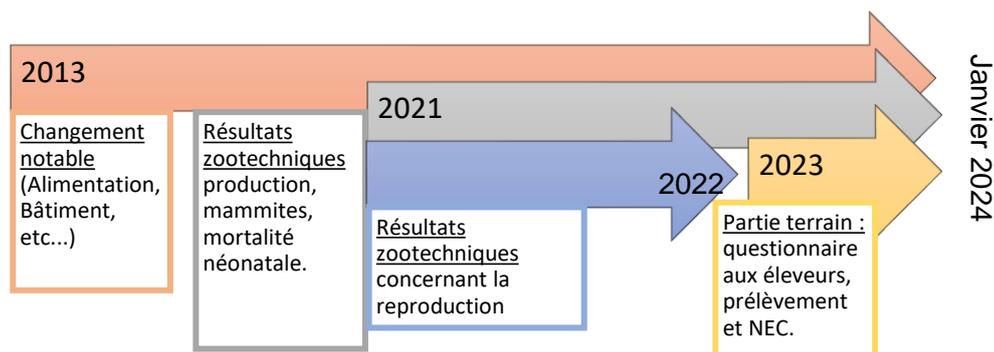
Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet RUMIGEN. Il s'agit d'un projet européen d'une durée de cinq ans qui est organisé en 9 groupes de travail (« work packages ») visant à améliorer et renouveler la sélection génomique chez les bovins dans un contexte de changement climatique et d'agroécologie, en s'appuyant sur trois leviers : la génétique quantitative, l'épigénétique et l'utilisation éventuelle des nouvelles technologies de modification ciblée du génome (GE : Genome Editing). Les élevages inclus dans l'étude sont des élevages de Prim'Holstein commerciaux intégrés au projet via le réseau Synetics, sociétaire d'Eliance partenaire du projet. Tous les élevages font partie d'un autre projet : le projet Génosanté (un projet qui a pour objectif la création de nouveaux outils de sélection génomique en lien avec la santé des vaches. L'acétonémie et les troubles locomoteurs sont les deux affections prises en compte dans ce projet (Dréau *et al.*, 2016)).

L'objectif de ce travail est d'identifier les éléments de conduite influençant le plus les résultats zootechniques des élevages participant au projet RUMIGEN. Ces résultats seront utilisés dans la suite du projet afin de vérifier si ces différentes conduites ont pu avoir un impact sur l'épigénétique des vaches de ces élevages. La classification a été basée sur les réponses des éleveurs à un questionnaire. Pour se faire, la conduite d'élevage a été analysée sur les principaux domaines de la conduite : l'alimentation, le logement, la traite, le sanitaire, dont la gestion podale et les mesures préventives mises en place, et la gestion du pré-troupeau (veaux femelles et génisses utilisées pour le renouvellement du troupeau). Ensuite, ces éléments de conduite ont été mis en relation avec les résultats zootechniques afin de vérifier leur influence sur la production et la reproduction.

2. Matériels et méthodes

L'étude a balayé les 10 dernières années comme le montre la Figure 16. La partie terrain a duré 9 mois (de mai 2023 à janvier 2024) et consistait à récolter les informations sur les pratiques d'élevages et réaliser les prélèvements sanguins. Les résultats zootechniques ont été fournis par les généticiens de l'UMR GABI (Inrae) sur deux périodes différentes : 3 ans pour les résultats zootechniques concernant la production laitière et 2 ans pour la reproduction (Figure 16).

Figure 16 : Frise chronologique concernant les données étudiées dans cette étude (réalisation personnelle)



Les données zootechniques concernant la reproduction concernent uniquement les années 2021 et 2022 du fait que les vaches et les génisses inséminées en 2023 n'ont pas encore vêlé et donc on ne peut pas connaître précisément les résultats comme la réussite à l'IA pour cette année. Les résultats zootechniques en général ont été analysés à partir de 2021 afin de refléter au mieux les effets de la conduite d'élevage au moment des prélèvements, c'est-à-dire de mai 2023 à janvier 2024. Les changements notables sont identifiés durant les 10 dernières années puisqu'il est possible que cela ait eu un impact sur l'épigénome des animaux prélevés.

Ces différentes étapes seront détaillées dans la suite de ce matériel et méthodes.

A. Sélection des élevages et organisation des prélèvements

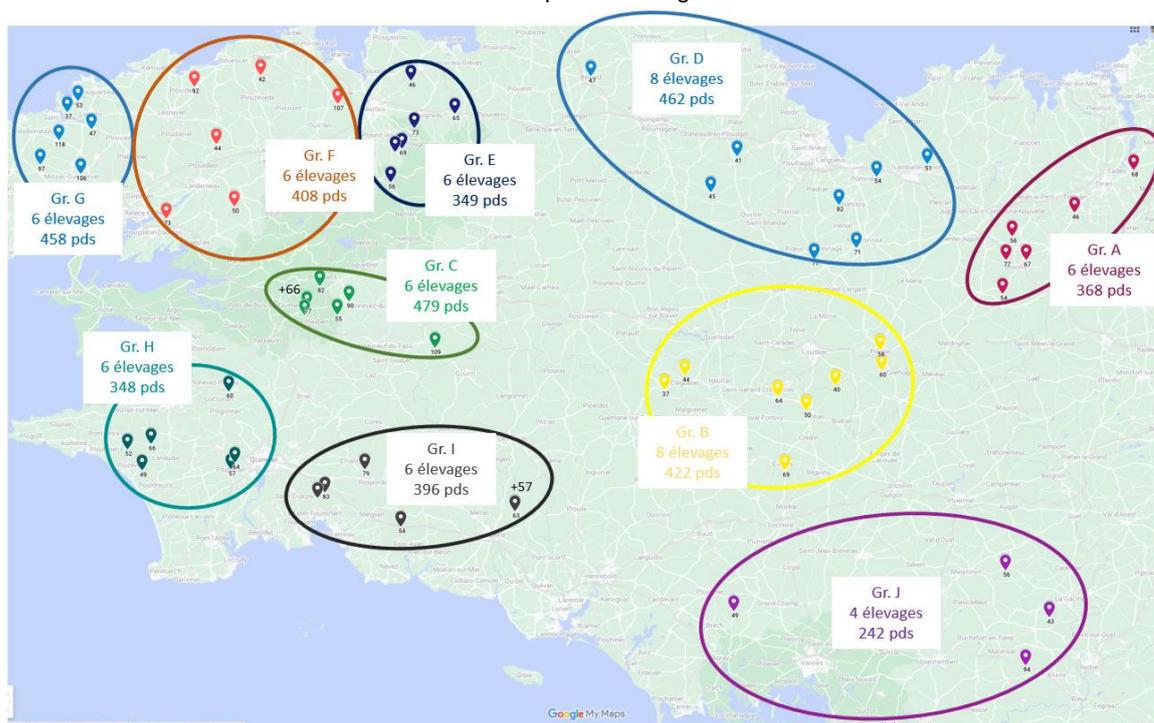
Synetics, sociétaire d'Eliance partenaire de RUMIGEN, a donné son accord pour que l'étude soit réalisée au sein de leur réseau d'élevages. Ainsi, 62 élevages commerciaux de Prim'Holstein situés en Bretagne dans les départements du Morbihan (56), Cote d'Armor (22) et du Finistère (29) ont été sélectionnés. Un prérequis pour participer à l'étude était le fait d'avoir utilisé des semences de taureaux dont l'épigénome est également analysé dans le cadre du projet RUMIGEN, afin d'évaluer la transmission épigénétique des pères aux filles.

Ensuite, un communiqué a été transmis aux éleveurs par courrier ainsi que par mail pour les informer de l'étude et du principe de celle-ci (Annexe 2). Tous les élevages ont été contactés par téléphone afin de recueillir leur accord pour participer volontairement à l'étude. Sur les 62 élevages contactés, 52 ont répondu positivement. Enfin, un consentement de participation à l'étude a été signé par chaque éleveur avant le début des prélèvements (Annexe 3).

Suite à cette première étape, une carte a été élaborée afin de pouvoir visualiser facilement les élevages et les regrouper en 10 zones (zones A à J - Figure 17) Le zonage a permis d'optimiser la réalisation des prélèvements sur le terrain.

Figure 17 : Carte des élevages du réseau Synetics en Bretagne et organisation pour les prélèvements (réalisation personnelle).

Pds = prise de sang



Les visites et les prélèvements ont été réalisés sur 12 semaines au total avec la participation de quatre préleveurs. Au total, 3.084 vaches ont été prélevées pour la suite du projet.

B. Elaboration du questionnaire de recueil des données

Un questionnaire comprenant toutes les données nécessaires à recueillir lors de la visite a été élaboré (Annexe 4). L'objectif était de recenser les pratiques de l'éleveur lors du prélèvement mais aussi d'identifier des changements pouvant avoir eu un impact sur le troupeau tel qu'un changement alimentaire, de bâtiment, etc... durant les 10 dernières années puisqu'il est possible de retrouver des signatures épigénétiques d'un évènement passé dans plusieurs générations.

Ce questionnaire a été réalisé sur le terrain en discutant avec les éleveurs le jour des prélèvements. Ainsi, il a été rempli à l'aide des informations de l'élevage transmises par l'éleveur. Il est donc dépendant des dires de l'éleveur. Ce questionnaire a été réalisé par les différentes personnes réalisant les prélèvements (4 personnes différentes au total). Il a été par la suite complété par un appel téléphonique aux éleveurs lorsque des informations étaient manquantes.

J'ai participé à ce travail d'équipe sur le terrain en enrichissant le questionnaire, en visitant 29 élevages, en prélevant environ 1 000 vaches et en recontactant l'ensemble des éleveurs pour compléter les informations concernant le questionnaire. J'ai pris en charge l'entièreté du dépouillement des données et l'élaboration des typologies.

a. Informations générales

La première partie du questionnaire concernait les informations de l'élevage tel que le nom de l'exploitation, la date de la visite et le nombre de bovins présents dans l'élevage.

Ensuite, une partie dédiée à la conduite d'élevage comprenant le nombre de mois pâturés par an, les vêlages (étalés sur l'année ou groupés) et les objectifs de sélection génétique de l'élevage.

b. Eléments de conduite

- *Logement*

On s'intéressait uniquement à la stabulation des vaches en lactation. Il était demandé le nombre de vaches présentes dans le bâtiment puis le type de stabulation (aire paillée ou logette).

Dans la stabulation, le nombre de cornadis (le cas échéant, la longueur de la barre au garrot ou la largeur du silo en libre-service), le nombre d'abreuvoirs et leur longueur ainsi que la présence d'équipement (brosse, ventilateur ou brumisateur). Le nombre de vaches présentes dans le bâtiment a servi à calculer le nombre de places à l'auge et le nombre de places à l'abreuvoir.

Au pâturage, le nombre d'abreuvoirs et leur taille ont été demandés afin de déterminer s'il y en a suffisamment ou non.

- *Alimentation*

L'alimentation donnée par l'éleveur au lot de vaches en lactation avec la partie fourrage, la partie concentrée et complémentation minérale. L'éleveur fournissait la ration soit en matière sèche (MS) ou en matière brute (MB) selon ses préférences.

La surface fourragère principale (SFP) et la part de maïs dans cette surface ont été demandées pour vérifier l'autonomie de l'éleveur pour l'alimentation des vaches.

Ensuite, nous nous sommes intéressés à la distribution de la ration (libre-service, mélangeuse, désileuse), fréquence de distribution et de repoussage de celle-ci dans la journée, quantité et gestion des restes et complémentation individuelle ou non (DAC ou robot).

- *Traite*

La traite est un élément clé du questionnaire puisque de nombreuses remontées de performances sont liées à la lactation (mammite clinique, taux cellulaire).

Indépendamment de la méthode de traite, il a été demandé le type de manchon trayeur utilisé (caoutchouc ou silicone), la fréquence de changement de ceux-ci et la fréquence de contrôle de la machine à traire.

Le type de traite retenu a été celui pratiqué pendant la majorité de la période de 2021 à 2023, période correspondant aux résultats zootechniques de l'étude. Ainsi, les élevages ayant installés des robots en fin d'année 2023 ou début d'année 2024 ont été répertoriés comme ayant une machine à traire et les caractéristiques concernant la traite ont été analysées en fonction des pratiques d'élevage en présence de la machine à traire.

Ensuite, selon le type de traite (robot ou machine), les questions ont été adaptées notamment pour les robots, le nombre de stalles, la fréquence de traite moyenne et le nombre de vaches en retard de traite. Alors que pour la machine à traire, le type de quai, le nombre de postes, le nombre de personnes réalisant la traite, le blocage ou non des vaches après la traite ont été demandés.

Enfin, nous nous sommes intéressés à la détection des mammites, la gestion des vaches contaminées et le traitement de celles-ci.

- *Tarissement*

Il a été demandé la méthode de tarissement utilisée par l'éleveur (directe, progressive ou diminution de l'alimentation individuelle) et le type de traitement (sélectif ou systématique, ainsi que le produit utilisé). Concernant l'alimentation des vaches tarées, il a été demandé 1) si la ration était préparée spécifiquement pour les vaches tarées ou si elles recevaient les restes des vaches en lactation ; 2) la présence ou non d'une préparation au vêlage. Il a été questionné aussi sur la séparation des vaches tarées, en dehors du bâtiment des vaches laitières, afin de savoir si elles étaient toujours stimulées par les bruits de la traite ou non.

Enfin, les éleveurs ont été interrogés sur la présence ou non d'un box de vêlage.

- *Reproduction*

L'éleveur a été questionné sur ses objectifs de reproduction (un veau par VL et par an ou priorité lait ou selon les chaleurs – c'est-à-dire que l'éleveur n'a pas d'objectif précis mais insémine dès que les vaches expriment les chaleurs), sur sa méthode de détection des chaleurs (visuelle ou monitoring) et sur son objectif en matière d'âge au premier vêlage.

- *Sanitaire de l'élevage*

Cette partie du questionnaire concernait les principales pathologies retrouvées en élevage, c'est-à-dire les boiteries (pourcentage de boiteuses dans l'élevage et origine des boiteries, si dermatite digitée pourcentage de vaches atteintes), le parasitisme et d'autres maladies (Schmallenberg, paratuberculose, néosporose, Fièvre Q, BVD et FCO).

Ensuite, les données concernant la prévention des différentes maladies ont été collectées en abordant la vaccination (type de vaccin, animaux concernés), les antiparasitaires (vache laitière ou génisse et fréquence) et le parage (fréquence de parage, animaux concernés - tout le troupeau ou uniquement les boiteuses - parage préventif ou curatif et qui le réalisait dans l'élevage).

Pour le parage, dans les élevages intégrés au projet Génosanté, toutes les primipares sont parées durant leur lactation.

- *Gestion des veaux*

Concernant la gestion des veaux, une partie a été consacrée au colostrum, essentiel au début de la vie d'un veau, via des questions sur son origine, sa qualité, sa quantité, sa manière d'être administré et le délai entre la naissance et la prise colostrale.

Puis, il a été demandé comment les femelles de renouvellement étaient allaitées : lait de la mère seul, autre type de lait seul ou lait de la mère puis un autre type de lait.

Enfin, la gestion sanitaire a été abordée via la réalisation ou non de la désinfection de l'ombilic et son application (spray ou solution), les soucis de diarrhée ou respiratoires sur les veaux ainsi que leur prévention.

c. Eléments marquants dans l'élevage au cours des 10 dernières années

Une question semi-ouverte permettait à l'éleveur de préciser les évolutions réalisées dans l'élevage dans les dix dernières années. Trois grands domaines ont été précisés : le logement, la conduite (et un éventuel regroupement de troupeau) et l'alimentation.

C. Aspect animal : NEC et caractéristiques de l'animal

Une liste des vaches à prélever a été réalisée préalablement à la visite en fonction des animaux encore présents et de leurs pères. En effet, la disponibilité de la semence du père pour l'étude épigénétique était une condition pour inclure une vache dans l'échantillon à prélever. Une fiche terrain pour chaque élevage a été élaborée afin de récolter l'ensemble des informations individuelles (Annexe 5). Le nombre de vaches prélevées dans chaque élevage s'étend de 28 à 117 vaches.

Dans chaque élevage, des prélèvements de sang veineux à la queue ont été réalisés pour être utilisés dans la seconde partie de l'étude – ultérieure à cette thèse. Cette partie consistera à (i) mettre en lien les résultats d'épigénotypage et les conduites d'élevage, en utilisant les typologies élaborées au cours de cette thèse ; (ii) mettre en lien l'épigénome spermatique des pères et l'épigénome sanguin des filles afin d'étudier la transmission épigénétique.

a. Evaluation de la Note d'Etat Corporel (NEC)

Durant les prélèvements dans les élevages, pour chaque vache prélevée une note d'état corporel était associée. Pour déterminer la NEC, certaines zones précises sont à observer. La grille utilisée dans cette étude a été celle proposée par Froment (2007) pour la race Prim'Holstein (Annexe 1). Trois zones d'observation concernent la note arrière : la fosse caudale (détroit caudal), la pointe des fesses et les vertèbres de la queue. La note avant s'établit également sur 3 parties de l'animal : la liaison colonne-hanche, la pointe des hanches et les apophyses transverses. Elles sont attribuées sur une échelle de 0 à 5. Il est possible de noter au demi-point. L'avant et l'arrière de la vache sont notés, la moyenne des deux correspond à la NEC globale de l'animal. (Notice A1 rapport de stage logement et BEA). Plus le squelette de la vache est apparent et plus la note est proche de 0. A l'inverse, plus le squelette est invisible et plus la note se rapproche de 5. La NEC de chacune des vaches prélevées est inscrite sur la fiche terrain au fur et à mesure des prélèvements (Annexe 5).

b. Commentaire sur les individus

Sur cette même fiche (Annexe 5), une colonne commentaire est présente afin de notifier tout ce qu'on pouvait voir sur l'animal ou alors ce que l'éleveur nous transmettait comme information. Les principales informations récoltées concernent les mammites, les boiteries, les lésions cutanées, la reproduction (chaleur, césarienne, vêlage), les pathologies (ex : photosensibilisation) et les anomalies morphologiques. Cependant, le taux de remplissage de cette colonne s'est avéré très variable car elle dépendait de la disponibilité de l'éleveur et du temps passé à réaliser les prélèvements. Il est donc difficile de savoir si cette information pourra être utilisée mais elle pourrait être utile dans l'interprétation des profils épigénétiques déviants pour la suite du projet RUMIGEN.

D. Résultats zootechniques

Les résultats zootechniques des élevages et des individus concernés ont été transmises par les généticiens de l'unité GABI d'INRAE, partenaires du projet RUMIGEN, avec l'accord des éleveurs et de Syntetics.

Les résultats zootechniques ont été transmis pour l'ensemble du troupeau ainsi que pour les vaches prélevées. Les données concernant les vaches seront utilisées après l'analyse des prélèvements sanguins. La plupart des résultats zootechniques disponibles sont identiques que ce soit pour le troupeau ou bien par vache sauf certains tels que le rang moyen de lactation disponible uniquement pour l'ensemble du troupeau ou bien le stade de lactation disponible uniquement par vache.

Voici les résultats zootechniques disponibles pour le troupeau et par vache : la production laitière sur 305 jours, la matière utile sur 305 jours, le taux cellulaire et le pourcentage de mammites cliniques moyen. Toutes ces informations ont été transmises sur les 3 dernières années. Cependant, le pourcentage de mammites cliniques dépendant des déclarations des éleveurs et du contrôle laitier n'est parfois obtenu que sur 2 ans du fait d'une absence de déclaration par l'éleveur. Certains élevages ont arrêté le contrôle laitier - pour ces élevages nous n'avons pas d'informations de production. Concernant la production laitière de l'élevage, pour chaque année, une moyenne de la production laitière a été réalisée à partir des lactations finies dans l'année en prenant en compte l'ensemble du troupeau. Ainsi, si une vache n'avait pas fini sa lactation en 2022, elle n'était pas prise en compte pour cette année-là mais pour l'année suivante (2023). Pour ce qui est de la génétique, l'ISU et l'INEL ont été transmis sur l'ensemble des vaches de l'élevage, notamment pour les vaches prélevées dont l'essentiel avait été génotypées. Les vaches non génotypées (au nombre de 288) feront l'objet d'un génotypage. L'ISU et l'INEL de l'élevage ont été calculés en faisant une moyenne des vaches du troupeau.

Concernant la reproduction, les données ont été fournies uniquement pour le troupeau : le taux de semence sexée utilisé chez les génisses, la réussite à la première et à la troisième IA pour les génisses et les vaches, sur les années 2021 et 2022 ont été transmises. L'année 2023 a été exclue de l'étude pour éviter le biais dû au fait que le cycle reproductif de plusieurs femelles n'était pas complet (absence de données sur le vêlage). Pour chaque élevage, l'âge moyen au premier vêlage, l'IVV moyen et la NEC du troupeau ont été calculés à partir uniquement des vaches ayant été prélevées. Ce choix a été motivé par le fait que RUMIGEN s'intéresse uniquement aux vaches pour lesquelles une analyse épigénétique sera réalisée. Seules les primipares pendant la période d'étude de la reproduction ont été prises en compte pour l'analyse de l'âge au premier vêlage. L'IVV a été calculé en utilisant la totalité des vaches ayant réalisé 2 vêlages dans la période. La NEC du troupeau a été calculée en faisant la moyenne des NEC des vaches prélevées. De plus, le rang moyen de lactation et le taux de mortalité des veaux femelles de 0 à 7 jours concerne uniquement l'élevage.

Certains résultats zootechniques, concernant le troupeau, ont été obtenus à partir du questionnaire. Ainsi, le pourcentage de dermatite digitée dans le troupeau et la présence ou non de troubles digestifs ou respiratoires chez les veaux ont été obtenus de cette manière.

Les informations disponibles uniquement par vache sont : la parité, le stade de lactation, le TB et TP, la moyenne du nombre de contrôles pour lesquels le taux cellulaire était entre 200 000 et 300 000 cellules, entre 300 001 et 799 999 et supérieur à 800 000 cels/ml et l'IVV moyen de la vache.

E. Centralisation et normalisation des données

a. Création des bases de données

Deux bases de données ont été créées :

- Une comprenant toutes les vaches prélevées ainsi que leurs informations = « base de données par vache ». Cette base ne sera pas utilisée pour les résultats de cette thèse mais dans la suite du projet RUMIGEN.
- Une comprenant les élevages et leurs informations = « base de données par élevage ».

- *Base de données par vache*

Les fiches terrain complétées lors des prélèvements ont été retranscrites dans une base de données Excel afin de centraliser les informations et pouvoir les interpréter plus facilement. La base de données comprend une ligne par vache, les colonnes correspondent aux informations sur l'élevage, à la parenté de chaque vache, au lot de semence utilisé dont est issue la vache, aux informations recueillies lors de la visite telles que la NEC, les commentaires et le stade de gestation (tarie, génisse ou en lactation). Cette base de données est ensuite complétée par les informations transmises par les généticiens de l'Unité INRAE GABI, partenaires du projet, sur les résultats zootechniques et l'évaluation génomique des vaches (production, ISU, INEL, stade de lactation, âge, nombre de lactation, âge au premier vêlage, ...). La base de données par vache contient 3085 lignes (individus) et 48 colonnes (informations).

- *Base de données par élevage*

Chaque questionnaire a été retranscrit dans une deuxième base de données, la base de données par élevage. Celle-ci comprend une ligne par élevage soit 52 lignes et une colonne par réponse au questionnaire ainsi que les informations de l'élevage (raison sociale, numéro d'élevage, département), les calculs et la normalisation des données en fonction des recommandations. Il y a en plus les données fournies par les généticiens concernant les résultats zootechniques de l'élevage (du troupeau global). La base de données contient donc 53 lignes et 165 colonnes.

b. Traitement des données

Tous les élevages ont été anonymisés à l'aide d'un code (En, où E = élevage ; n = numéro de l'élevage). Pour certaines variables de conduite, des regroupements ont été réalisés. Ils sont présentés dans les tableaux ci-dessous. Les regroupements sont basés sur les recommandations actuelles et ont permis de générer des catégories de réponses : suffisant (S), insuffisant (IS), très insuffisant (T IS). Les valeurs que peuvent prendre les variables seront nommées « modalités » ci-après.

Le traitement des données concernant la conduite d'élevage a été réalisé en fonction des grands domaines de conduite afin de favoriser la compréhension. Les Tableaux 3 à 12 synthétisent, pour chaque domaine, les variables, ainsi que leur abréviation (nom des colonnes de la base de données), les données utilisées, les calculs réalisés, les modalités retenues et les références utilisées pour les modalités basées sur des recommandations.

- *Logement*

Tableau 3 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant le logement des vaches laitières.

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Type de logement (TYP_LOG)		Aire paillée (AP) Logette (L)	
Type de substrat (TYP_SUBST)	Matériaux utilisés pour l'aire de couchage des vaches laitières en lactation	P = Paille (aire paillée) Logettes : BP = béton avec paille TbP = terre battue avec paille Tapis seul TP = tapis avec paille TA = Tapis avec asséchant* MA = matelas avec asséchant* *farine de paille, sciure, asséchant et sable calcaire	
Confort du logement (CON COUCHAGE)	En fonction du type de sol et de substrat utilisé.	Bien = MA, TbP Moyen = P, TP, TA, Tapis Mauvais = BP	(Cazin <i>et al.</i> , 2014)
Surface de l'aire paillée (SURF/NBR_LOG)	Dimension de l'aire paillée totale par le nombre moyen de vache en lactation	REC LOG S = 8m ² /VL IS = entre 4 et 7,9 m ² /VL T IS = Moins de 4 m ² /VL	(Peucelle, 2023)
Nombres de logettes (SURF/NBR_LOG)	Nombre de logette par rapport au nombre moyen de vache en lactation (NB VL BAT L)	REC LOG S = nombre de vaches ou plus IS = si manque 1 à 10 % de places T IS = manque plus de 10% de places	(Cazin <i>et al.</i> , 2014)
Fréquence de paillage (REC FREQ PAIL/ASS)	Nombre de fois que l'éleveur remet de la paille. (FREQ_PAIL/ASS)	Aire paillée : S = 1 fois par jour IS = Moins d'une fois par jour Logette : S = 1 à 2 fois par jour IS = si moins de une fois par jour	(Scohy, 2021a) (IDELE, 2018)
Quantité de paille (REC PAIL)	Poids de paille utilisé divisé par la surface pour l'aire paillée et le nombre de logette sinon. (QUANT_PAIL)	Aire paillée : S = 1 à 1,2 kg/m ² IS = moins de 1 kg/m ² Logette BP ; Logette TP : S = 3 kg/logette/jour ; 1,5 kg/log/j IS = - de 3kg/logette/jour ; -1,5 kg/log/j	(Scohy, 2021a) (IDELE, 2018) (De Paula Reis, 2023)

Suite Tableau 3

Fréquence de curage (REC CUR)	Nombre de fois que l'éleveur enlève la totalité de la litière (FREQ_CUR)	Aire paillée : ≤ 3 semaines Entre 4 semaines et 2 mois Logette : S = 1-2 fois par jour IS = moins d'une fois par jour	(Schoy, 2021a) (IDELE, 2018)
Equipement en bâtiment (EQUIP_BAT)	Equipement présent dans le bâtiment pour le confort des vaches	Brosse* Ventilateur* Aucun *Possible d'associer les deux	

- *L'alimentation*

Tableau 4 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant l'alimentation des vaches laitières

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Temps de pâturage (REC PAT)	Nombre de mois passés au pâturage pour les vaches en lactation (MOIS_PAT)	Beaucoup (Bcp) = entre 9 et 12 mois Moyen = entre 4 et 8 mois Peu = Moins de 4 mois	(Welfare Quality®, 2009)
Place à l'abreuvoir pâturage (REC EAU PAT) /bâtiment (REC EAU BAT)	Dimension des abreuvoirs ou type d'abreuvoir (EAU_PAT ou EAU_BAT) en fonction du nombre moyen de vaches en lactation (NB VL BAT L)	S = nombre de vaches ou plus IS = entre 1 à 50% de moins T IS = manque plus de 50% de places	(Steiger Burgos <i>et al.</i> , 2001)
Recommandation place à l'auge (REC AUGÉ)	Nombre de cornadis ou dimension de barre au garrot (PLACE_AUGE) par rapport au nombre moyen de vaches en lactation (NB VL BAT L)	S = nombre de vaches ou plus IS = manque 1 à 10% de places T IS = manque plus de 10%	(Carel, 2022)
Type de ration (TYP_RAT)	Ration expliqué par l'éleveur Type de ration individuelle (TYP_IND) : DAC, stalle, salle de traite, cornadis, etc...	Complète Individuelle = individuelle et semi-individuelle	(Wolter <i>et Ponter</i> , 2019)
Place au DAC ou au robot (REC IND)	Nombre de places au DAC ou nombre de robot présents (NBR DAC/STALLE) par rapport au nombre moyen de vaches en lactation (NB VL BAT L)	S = Assez de place au DAC ou au robot (1 place pour 25 VL au DAC et 1 robot pour 60 vaches) IS = entre 1 et 10% de place en moins T IS = plus de 10% de place en moins	(Veysset <i>et al.</i> , 2001)

Suite Tableau 4

Homogénéité de la ration (RAT_HOM/HET)	Manière dont l'éleveur distribue la ration (TYP_DIST)	Homogène = mélangeuse Hétérogène = désileuse ou à la main.	(EFSA, 2009)
Classification de la fréquence de distribution (CLAS_FREQ_DIST)	Fréquence de distribution (FREQ_DIST)	Aucun (libre-service) 1 fois par jour >1 fois par jour	
Repoussage (REPOU)	Repoussage de la ration à l'auge	Oui / Non	
Gestion des refus (restes)	Quantité de refus/reste (QUANT_REST) : Estimation par l'éleveur de la quantité de refus des vaches par jour.	Aucun Peu Moyen Beaucoup (bcp)	
	Destination des refus (restes) (DEST_REST)	G = génisse T = tarie R = réforme Fumier = autre que les vaches laitières	
	Refus donnés aux vaches laitières (DEST_VL)	Oui = G et T Non = Fumier ou R	

- La traite

Tableau 5 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la traite des vaches laitières

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Type de traite (TYP TT)		Robot (R) Machine de traite (M)	
Recommandation nombre de stalles (REC_STALLE)	Nombre de stalles (QUAITT_ROBOT) par rapport au nombre moyen de vaches en lactation (NB VL BAT L)	S = 1 stalle pour 60 vaches IS = 1 stalle pour plus de 60 à 70 vaches T IS = 1 stalle pour plus de 70 vaches	(Veysset <i>et al.</i> , 2001)
Equipement à la traite (EQUIP_TT)	Equipement présent en salle de traite ou au robot pour améliorer le confort des vaches laitières.	Aucun Brumisateur = douche* (Bru) Ventilateur = brasseur d'air* (Vent) *possible d'associer les deux	
Fréquence changement manchon (FREQ_CHANG_MAN)	Type de manchon (MAN) : silicone (10 000) ou caoutchouc (2 500). Nombre de place à la traite ou nombre de stalles. (QUAITT_ROBOT) $Freq\ traite = \frac{2\ 500\ ou\ 10\ 000}{\frac{Nb\ VL \times Nb\ de\ traite\ par\ jour}{Nb\ de\ postes\ ou\ de\ stalles}}$ *ou fréquence moyenne de traite pour le robot de traite.	(REC_FREQ_CHANG_MAN) Caoutchouc : S = ≤ 2500 traites IS = entre 2500 et 4000 traites T IS > 4000 traites Silicone : S = 10 000 traites IS = 10 000 et 15 000 traites T IS = >15 000 traites	(Minier, 2019)

Suite Tableau 5

Préparation de la mamelle (TYP_LAV)	Explication de l'éleveur sur la préparation de la mamelle avant pose des griffes. Si en robot, utilisation de brosse ou de gobelet.	LavInd = lavette individuelle Papier = papier + lingette imprégnée Lav2 = pour deux vaches Lav = 1 pour plusieurs vaches ou tout le troupeau Br = brosse Gob = gobelet	
Temps entre deux traites (FREQ_TT)	Nombres d'heures entre la traite du matin et la traite du soir. Pour le robot, faire 24h divisée par la fréquence moyenne de traite.	REC_FREQ_TT S = >8h30 IS = Entre 5h et 8h30 T IS = Moins de 5h	(Caillé, 2017)
Produit lavage de la mamelle (PROD_LAV)	Application d'un produit pour faciliter le nettoyage de la mamelle. Contient aussi les lingettes imprégnées.	Oui Non	
Post trempage (POSTTREMP)	Produit utilisé (PROD_POSTTREMP)	Iodée Platinum Aucun	
	Type d'application du produit de post-trempage. (APP_POSTTREMP)	Spray Trempage Aucun	
% vache en retard de traite (au robot) (RET_TT)	Nombre de vaches en retard (qu'il faut pousser le matin et le soir) en moyenne par rapport au nombre de vaches en moyenne en lactation	REC RET TT ≤ 5 % > 5%	(Corbet <i>et al.</i> , 2010)
Blocage des vaches après la traite (BLOC_TT)	Les vaches sont bloquées aux cornadis après la traite (uniquement réalisé en machine de traite)	Oui Non	
Détection des mammites (DET_MAM)	Explication de l'éleveur sur sa manière de détecter les mammites. Si en robot de traite présence d'une alarme par le robot.	Alarme seule (Alarm) Alarme + vérification de la mamelle (Alarm+vérif) Premiers jets systématiquement (1 ^{er} jets) Premiers jets si doute (1 ^{er} jet si) Pas les premiers jets (Pas 1 ^{er} jet)	
Traitement mammites (TRAIT_MAM)	Produit que l'éleveur utilise pour traiter les mammites	AB intra-mammaire (AB im) AB intra-mammaire + autres (AB + autres) = ajout si besoin d'une injection d'antibiotique en intramusculaire ou d'anti-inflammatoire, de bolus homéo ou huiles essentielles.	

- *Tarissement*

Tableau 6 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant le tarissement des vaches laitières

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Type de tarissement (TAR)	Manière dont l'éleveur tarit ses vaches en fin de lactation	<p>Direct (Dir) = aucune préparation au tarissement. Les éleveurs réalisant du progressif uniquement sur les vaches hautes productrices ne représentant que quelques vaches sont mis dans cette catégorie car (Dir) est la pratique majoritaire.</p> <p>DiradaptA = diminution de l'alimentation individuelle 1 semaine avant le tarissement (au DAC).</p> <p>Progressif (Pro) = diminution progressive du nombre de traites (10 à 15 jours avant le tarissement). Pour le robot si diminution de l'alimentation individuelle alors diminution de la fréquentation donc mis dans cette catégorie.</p>	(Aberide, 2015)
VT séparé des VL (VT_LOIN_VL)	Durant le premier mois de tarissement les vaches tarées sont éloignées du bâtiment des vaches laitières	<p>Oui = les vaches tarées n'ont aucun contact avec les vaches laitières et sont assez loin du bâtiment pour ne pas entendre la machine à traire ou le robot.</p> <p>Non = reste dans le même bâtiment que les vaches laitières ou un autre bâtiment collé à celui des vaches laitières.</p>	
Type de traitement au tarissement (TYPE_TTT_TAR)	Manière dont l'éleveur traite les vaches au moment du tarissement.	<p>Systématique (Syst) = toutes les vaches sont systématiquement traitées au tarissement (AB et/ou obturateur).</p> <p>Sélectif (Sél) = Traitement mis en place dépend du taux cellulaire des vaches, si la vache a eu une mammites clinique durant sa lactation et du nombre de lactation.</p>	(Buttin, 2020)

Suite Tableau 6

<p>Traitement antibiotique mammaire intramammaire au tarissement (TTT_AB_TAR)</p>		<p>Systematique : toutes les vaches reçoivent un AB intra-mammaire lors du tarissement</p> <p>Sélectif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si taux cellulaire durant la lactation ou au dernier contrôle laitier > 100 000 cellules/ml - Si taux cellulaire durant la lactation ou au dernier contrôle laitier > 250 000 cellules/ml - Seulement le quartier infecté (QI) 	<p>(Lipkens <i>et al.</i>, 2019)</p> <p>(Lollivier <i>et al.</i>, 2022)</p>
<p>Obturateur lors du tarissement (TTT_OBT_TAR)</p>		<p>Systematique = toutes les vaches ont un obturateur intra-mammaire lors du tarissement</p> <p>Sélectif = un obturateur est mis dans la mamelle selon le taux cellulaire de la vache ou selon le nombre de lactations.</p>	
<p>Alimentation au tarissement (ALIM_TAR)</p>	<p>Selon l'éleveur, pas assez précis pour être utilisé dans les analyses.</p>		
<p>Préparation au vêlage (PREP_VEL)</p>	<p>Changement de l'alimentation 3 semaines à 1 mois avant le vêlage</p>	<p>Oui</p> <p>Non</p>	<p>(Cuvelier et Dufrasne, 2015)</p>
<p>Type d'alimentation en préparation au vêlage (ALIM_PREPAVEL)</p>	<p>Selon l'éleveur, pas assez précis pour être utilisé dans les analyses.</p>		
<p>Vaccination au tarissement (VAC_TAR)</p>	<p>Uniquement les vaccins réalisés au tarissement afin de transmettre une immunité au veau à la naissance.</p>	<p>Oui</p> <p>Non</p>	

- *La reproduction*

Tableau 7 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la reproduction des vaches laitières

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Détection des chaleurs (DET_CHA)	Explication de l'éleveur sur sa manière de détecter les chaleurs des vaches.	Monitoring (Mon) = podomètre ou accéléromètre Visuel (V) = l'éleveur observe le chevauchement chez les vaches ou alors utilisation de technique visuelles tel que le Kamart®. Monitoring et visuel (MonV)	(Mauffre, 2019)
Age au premier vêlage (CLAS_AGE1V)	Objectif d'âge au premier vêlage de l'éleveur. (OBJ_AGE1V)	Intensif = 24 mois ou moins Moyen = entre 25 et 30 mois Tardif = > 30 mois.	(Barbier-Bourgeois, 2016)
Objectif de reproduction (OBJ_REPRO)	Objectif de l'éleveur concernant la reproduction au sein de son troupeau.	1 veau/an (1 vpa) Selon la production (P) Aucun (en fonction des chaleurs observées)	(Burgers <i>et al.</i> , 2021)
Objectif génétique de l'éleveur	Sur quoi l'éleveur sélectionne les taureaux qu'il met sur ses vaches en IA. Pour chaque critère, 0 si Non et 1 si oui. Un éleveur peut avoir plusieurs objectifs.	Production (OBJ_GEN_PROD) Santé de la mamelle (OBJ_GEN_SM) Morphologie (OBJ_GEN_MO) Reproduction (OBJ_GEN_REPRO) Vitesse de traite (OBJ_GEN_VITTT) Longévité (OBJ_GEN_LONG) Tempérament (OBJ_GEN_TEMP)	(IDELE, 2021).

- *Sanitaire du troupeau*

Tableau 8 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant le sanitaire de l'élevage

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Type de vaccin (VAC)	Type de vaccin donné ou affections ciblées par le vaccin	Respi = vaccin pour affections respiratoires. Repro = vaccin contre la fièvre Q ou la BVD FCO = export, réalisé sur les génisses Dig = vaccination des mères contre les agents responsables de diarrhée chez le veau ou contre entérotoxémie la mère ou le veau. Mamelle = vaccination contre les agents responsable de mammites.	
Préventif (PREV)	Réalisation de traitement préventif pour différentes affections.	Traitement formol contre dermatite digitée. Traitement préventif contre les mouches. Ou autres traitements	
Vermifugation	Quels animaux sont vermifugés ? (VER_QUI)	Les génisses (G) Les vaches tarées (T) Troupeau (VL) Si besoin = selon l'état des animaux, selon l'analyse de lait de tank ou analyse coprologique)	(Ledieu, 2023)
	A quelle fréquence ? (VER_FREQ)	1 x/an/animal (souvent lors de la première saison de pâture pour les génisses) 2 x/an/animal	(Ledieu, 2023)
Traitement complémentaire (TTT_COMPL)	Traitement à base de minéraux et d'oligo-éléments ou bien traitement homéopathique, phytothérapie et aromathérapie réalisé sur les vaches laitières.	Nom du traitement	
Maladie présente ou ayant été présente dans l'élevage (MAL_TP)	Plusieurs types de maladie telles que la fièvre Q, la BVD, la paratuberculose, la néosporose, etc...	Affections présentes	

- *Gestion podale*

Tableau 9 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la gestion podale des vaches laitières

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Type de parage (TYP_PAR)	Parage réalisé dans l'élevage selon l'éleveur.	Aucun = les vaches ne sont pas parées de l'année Préventif (Prév) = parage de vaches non boiteuses, n'ayant pas de problème. Notamment le parage systématique au tarissement. Curatif (Cur) = parage uniquement des vaches ayant des problèmes de pied (boiterie, onglons trop long). Préventif et curatif (Prév et Cur)	(Lutz, 2021)
Personne réalisant le parage (PAR QUI)	Personne réalisant le parage des vaches du troupeau.	Pareur = pareur professionnel ou bien le vétérinaire Eleveur = l'éleveur ou un employé de l'élevage	(Amstel <i>et al.</i> , 2004)
Type d'animaux parés (ANIM_PAR)	Souvent lié au type de parage. Si l'éleveur réalise le parage au tarissement alors mis dans troupeau car toutes les vaches sont parées au moins une fois dans l'année.	Troupeau = parage du troupeau dans l'année (Tp) Quelques vaches = parage uniquement de quelques vaches dans l'année (QQ)	
Fréquence de parage (FREQ_PAR)	Cela correspond au nombre de fois que le parage est réalisé dans l'élevage. Un animal peut être paré plusieurs fois ou aucune.	1-3 fois par an 4-6 fois par an 6-8 fois par an 8-12 fois par an	
Fréquence raclage des couloirs (REC RACL)	Nombre de fois que les couloirs d'exercices sont raclés (nettoyés) (FREQ_RACL)	S = 12 fois par jour Moyen = entre 6 et 11 fois par jour IS = entre 3 et 5 fois par jour T IS = Moins de 3 fois par jour SO = sans objet pour aire paillée intégrale	(IDELE, 2018)

- *Gestion des veaux*

Tableau 10 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant la gestion du pré-troupeau

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Colostrum	De qui ? (COL QUI)	Mère* Congelé* (colostrum de la ferme congelé d'une autre mère vacciné ou de meilleur qualité) Acheté (colostrum artificiel ou acheté dans une autre ferme) *possible que ce soit l'un ou l'autre selon la qualité du colostrum de la mère	(Besser <i>et al.</i> , 1991).
	Test (pesé ou réfractomètre) (TEST COL)	Oui Non	(Rialet, 2022)
	Quantité (QUANT COL)	REC_QUANT_COL S = 4 L Moyen = entre 2,1 et 3,9L IS = ≤ 2L	(Chigerwe <i>et al.</i> , 2008)
	Manière de donner le colostrum (ADMIN COL) Sondage = éleveur sonde le veau (gavage).	Tête la mère Biberon = seau à tétine Seau Sondage	(Besser <i>et al.</i> , 1991)
Lait donné ensuite au veau (LAIT)	Savoir si le veau a le lait de sa mère pendant plusieurs jours puis un autre lait (entier ou en poudre).	Mère puis lait poudre (M p P) Mère puis lait entier (lait des vaches infectées ou non) (M p E) Poudre directement après le colostrum (P) Entier directement après le colostrum (E) P+E = mélange de lait en poudre et lait entier.	(Arzul, 2008)
Désinfection de l'ombilic (DES OMB)	Savoir si l'éleveur désinfecte l'ombilic à la naissance	Oui / Non	
	Produit appliqué (nom du produit) (PROD DES OMB)	Iode, Oxytétrin ®, Clean ombyl ®, etc...	
	Manière d'appliquer le produit (APP DES OMB)	Spray / Solution / Aucun	
Problème observé chez les veaux (DIARR RESP VEAU)	Affections respiratoires ou diarrhées néonatales.	Aucun / Respiratoire (Resp)* / Diarrhée (Dig)* *possible d'associer les deux	
Traitement préventif contre les diarrhées néonatales (TTT PREV DIARR VEAU)		Oui Non	
Vaccination des veaux (VAC VEAU)		Non/Respiratoire */Digestif * *possible d'associer les deux.	

- *Résultats zootechniques du troupeau de l'élevage*

Tableau 11 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant les résultats zootechniques des élevages.

Note : pour l'évolution des valeurs sur les 3 années, augmente* signifie une différence de + Δ entre chaque année, diminue* correspond à - Δ , stable signifie que les variations sont entre - Δ et + Δ et fluctue correspond à une fois en positif ou négatif (Δ) et l'année suivante l'inverse.

*si 3 valeurs qui vont dans le même sens et une différence de Δ entre la première et la dernière alors indiqué comme diminue ou augmente.

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
NEC (réalisé sur le terrain)	Moyenne (MOY_NEC)		
	Ecart-type (ECART-TYPE_NEC)		
	% NEC <2 (NEC INF2)	≤10% / >10%	(Hulsen, 2010)
Surface fourragère (SUR_FOUR)	Réponse de l'éleveur	Nombre d'hectares.	
Moyenne du rang de lactation sur 3 ans (MOY_RGLA)	Evolution d'après le rang moyen de lactation du troupeau. (TEND_RGLA)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 0,15$ mois	
Moyenne de la production laitière sur 305 jours sur 3 ans (kg/VL/lactation 305j) (MOY_PROD_3ANS)	Evolution d'après la production laitière moyenne. (TEND_MOY_PROD)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 100$ kg/VL/lactation305j	
Moyenne de la MU sur 305 jours sur 3 ans (MOY_MU_3ANS)	$MU_{305j} = MP_{305j} + MG_{305j}$ Evolution d'après la MU (TEND_MU_3ANS)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 10$ kg/VL/lactation305j	
Moyenne du taux cellulaire sur 3 ans (TAUX_CEL_MOY)	Evolution du taux cellulaire, moyen de l'élevage (TEND_TAUX_CEL_MOY)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 9\ 000$ cellules/ml	
Moyenne du % de mammites sur 2 ou 3 ans selon les données disponibles (%MAM_2/3ANS)	Mammite clinique indiquée par l'éleveur. Evolution du pourcentage de mammites (TEND_%MAM_2/3ANS)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 10\%$	
% de boiteries dans l'élevage et la cause (BOIT_TP)	Selon l'éleveur	Cailloux, dermatite, nécrose de la pince, etc... Associer le % à chaque fois de prévalence de l'affection dans le troupeau.	
% de dermatite dans le troupeau (DERM_TP)	Il s'agit de la dermatite digitée aussi appelé maladie de Motellaro. Selon l'éleveur.	%DERM_TP 0 /]0-15] /]15-50[/ ≥50	
Age 1 ^{ère} IA	Données remontées par les inséminateurs de l'âge des génisses lors de leur première IA. (AGE1IA_2021/2022)	Pas utilisé, l'âge au premier vêlage a été utilisé pour les analyses.	

Suite Tableau 11

% de semence sexées (TAUX_SEM_SEX_GEN_2021/2022)	Moyenne du pourcentage de semence sexée utilisé sur les génisses (remonté selon inséminateur) sur 2 ans (MOY_TAUX_SEM_SEX_GEN_2ANS)	Nombre en %	
Taux de réussite à l'IA	Taux de réussite à la 1 ^{ère} IA (REU1IAGEN_2021/2022 ; REU1IAVL_2021/2022) Taux de réussite après 3 IA (REU3IAGEN_2021/2022 ; REU3IAVL_2021/2022)	Moyenne des deux années pour les deux indicateurs : - MOY_REU1IAGEN - MOY_REU3IAGEN - MOY_REU1IAVL - MOY_REU3IAVL	
	Evolution du pourcentage de réussite à l'IA pour les génisses et les vaches (TEND_REU1IAGEN) (TEND_REU3IAGEN) (TEND_REU1IAVL) (TEND_REU3IAVL)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 10\%$	
Age au 1 ^{er} vêlage	Moyenne de l'âge au premier vêlage des primipares et des vaches en 2 ^{ème} lactation (MOYAGE1V_PRIMI)	Nombre en mois	
	Ecart entre l'objectif et le résultat (ECART_OBJ_REEL_AGE1V)	0 = ≤ 2 mois de différence 1 = 3 mois de différence 2 = plus de 3 mois de différence	
	Ecart-type (ECARTTYP_AGE1V)	Nombre en mois	
IVV moyen (MOY_IVV)	IVV moyen de l'élevage à l'aide des données de déclaration des naissances et des IA sur les vaches prélevées.	Nombre en jours.	
% de mortalité chez veau femelle (MORT_VF_0-7J_2021/2022/2023)	Concerne uniquement les veaux femelles de 0 à 7 jours. Moyenne sur 3 ans.	MORT_VF_0-7J	
	Evolution du % de mortalité chez veaux femelles sur 3 ans. (TEND_MORT_VF_0-7J)	Augmente* / Diminue* / Stable / Fluctue $\Delta = 0,9\%$	
Problème de diarrhée ou respiratoire chez les veaux (COD_DIAR_RESP_V)	D'après l'éleveur, prévalence des diarrhées et des troubles respiratoires chez les veaux (DIARR_RESP_VEAU)	Code mis en place : 0 = aucun 1 = diarrhée 2 = respiratoire 3 = diarrhée + respiratoire	
ISU (ISU_MOY) INEL (INEL_MOY)	Moyenne des ISU/INEL des vaches de l'élevage.	Exprimé en point	(Roiland et Guillerm, 2024)

- Résultats zootechniques par vache

Tableau 12 : Variables et modalités construites à l'aide des recommandations concernant les résultats zootechniques de chaque vache.

Variables	Données utilisées et calculs	Modalités	Référence
Parité (PARITE)	X = Nombres de vêlage	Primipare = 1 vêlage Multipare (X)	
Stade de lactation - en jour (STADE_LAC_J)	Stade de lactation au moment du prélèvement. Mois entre la date du dernier vêlage (DAT_DER_VEL) et la date de prélèvement (DAT_PRVT)	Tarie = la vache était au tarissement lors du prélèvement. Nombre de jour	
Moyenne de la production laitière sur 305j (LA305LMOY) Moyenne de MU sur 305j (MU305LMOY)	Moyenne de toutes les lactations. Moyenne de MU de toutes les lactations. Addition de la moyenne de MG (MG305LMOY) et de MP (MP305LMOY)	Nombre exprimé en kg/lactation	
Moyenne du TB total (TBTOTMOY) et du TP (TPTOTMOY) total par lactation	Moyenne réalisée avec toutes les lactations d'une vache	g/kg de lait/lactation	
NEC (NEC)	Note donnée lors des prélèvements à l'aide de la grille (Annexe 1)		
Taux cellulaire moyen (TCM)	Moyenne des taux cellulaires sur toutes les lactations d'une vache. Exprimé en cellules/ml.	Classification selon taux cellulaire (CLAS_TCM) : - <200 000 - [200000 ;300000] -]300000 ;800000] - >800000	(Serieys, 1985)
Moyenne du nombre de contrôle selon le taux cellulaire (200 ⇔ 200 000, etc...)	Moyenne sur l'ensemble des lactations MOY_NBRCONT_]200;300] MOY_NBRCONT_]300;800[MOY_NBRCONT_SUP800	Nombre de contrôle.	(Serieys, 1985)
Témoin mammite clinique total (TEMACLTOT)	Somme des mammites cliniques au cours des différentes lactations.	Si présence d'une mammite durant la lactation = 1 Si pas de mammite durant la lactation = 0	
Lors du prélèvement : - Mammite (MAM_TER) - Boiterie (MEM_TER) - Lésion (LES_TER) - Autres (AUTRE_TER)	Observation lors des prélèvements ou notification par l'éleveur. Autres = métrite, photosensibilisation, free-martin, malformation, etc...		

Suite Tableau 12

Age au premier vêlage (AGEV1)	Âge de la vache lors de son premier vêlage	Exprimé en mois	
IVV moyen (IVV)	Moyenne des IVV sur les lactations de chaque vache.	Exprimé en jours	
ISU (ISU)		Nombre de point	
INEL (INEL)		Nombre de point	(Roiland et Guillermin, 2024)

F. Analyses statistiques

Les réponses au questionnaire et les résultats zootechniques ont été analysés avec le logiciel R en utilisant deux méthodes avec le package FactoMineR : l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour les résultats zootechniques (variables quantitatives) et l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) pour les réponses au questionnaire (variables qualitatives). Les élevages sont les individus, et selon l'analyse réalisée, les variables sont les réponses au questionnaire (ACM) et les résultats zootechniques (ACP). L'ACP et l'ACM permettent de visualiser les individus sur deux dimensions principales, en regroupant ceux ayant des caractéristiques similaires. Les dimensions représentent des combinaisons de variables maximisant la variance, la première dimension expliquant la plus grande part de cette variance. Il est possible d'utiliser la troisième, voire la quatrième dimension de l'analyse, si celles-ci représentent une part considérable de la variance. Nous avons utilisé le graphe des éboulis (inertia gain) pour identifier les dimensions utiles pour l'analyse. En effet, cet outil représente en noir les dimensions participant de manière significative à la variabilité entre les individus. Lorsque l'on observe sur ce graphe un effondrement de la variance expliquée, cela signifie que les dimensions concernées sont négligeables. Il est alors possible d'analyser la dispersion des individus en les projetant sur le plan factoriel défini par les dimensions sélectionnées (Husson *et al.*, 2016).

En ACP, les dimensions représentent des combinaisons linéaires de variables quantitatives. La première dimension est celle qui maximise la variance, la seconde est orthogonale à la première, etc. L'ACP a été appliquée aux résultats zootechniques des élevages. Il est conseillé d'avoir 10 à 20 fois plus d'individus que de variables sinon il y a le risque d'avoir un pourcentage d'inertie trop faible. Les variables peuvent être représentées sous forme de vecteurs sur le graphe des variables, à l'intérieur d'un cercle de rayon 1. Plus la coordonnée du vecteur sur une dimension est proche de 1 plus la variable est corrélée à cette dimension (ou anti-corrélée si la coordonnée s'approche de -1). Deux variables corrélées positivement auront des directions voisines, deux variables corrélées négativement auront des directions opposées et deux variables non corrélées seront orthogonales. Pour les vecteurs de taille inférieure à 0,7 l'interprétation comporte des risques sur ce plan factoriel. Si deux individus sont proches cela signifie qu'ils ont des scores voisins pour les différentes variables. Les individus en position centrale sont relativement « moyens » et ont alors peu d'intérêt. Toutes les variables sont centrées et réduites. Des variables illustratives, qui ne contribuent pas à la construction de l'ACP, peuvent être utilisées (par exemple, groupe 1, groupe 2). Les individus sont coloriés en fonction de ces groupes, ce qui permet de déterminer si les individus se séparent en fonction des groupes ou non.

Plusieurs ACP ont été réalisées : une comprenant l'ensemble des variables, puis d'autres comprenant les résultats zootechniques en fonction des domaines de conduite analysés dans des ACM (logement, alimentation, traite, tarissement, reproduction, gestion podale et gestion des veaux) (Husson *et al.*, 2016).

Enfin, des boîtes de dispersions (box plot) ont été réalisées avec les résultats zootechniques qui semblent avoir un intérêt dans l'analyse. Ces boîtes ont permis de voir la dispersion des différents élevages d'un groupe selon une variable significative de l'ACP. Sont représentés la médiane (trait épais noir), le premier quartile et le troisième quartile (bord inférieur et supérieur de la boîte), la plus grande ou la plus petite valeur comprise dans 1,5 fois l'espace inter-quartile au-dessus du 3^{ème} quartile ou en dessous du 1^{er} quartile (le haut du trait en pointillé et le bas) ; enfin des points isolés peuvent être observés, ce sont des « outliers ».

L'ACM correspond à l'ACP sur le principe mais utilise des données qualitatives. Afin de pouvoir prendre en compte tous les élevages, même ceux pouvant être peu représentés, l'ACM introduit une pondération, ce qui fait que les lignes ou les colonnes de faible effectif ne sont pas « noyées » par celles de fort effectif. Des ACM ont été réalisées afin d'analyser les réponses aux questionnaires. Les analyses ont été réalisées par domaine de conduite (logement, alimentation, traite, tarissement, reproduction, gestion podale et gestion des veaux) afin d'avoir assez d'individus par rapport au nombre de variables. Sans la séparation par domaine, l'ACM n'aurait pas été possible puisqu'il y avait plus de variables que d'individu (52 individus pour 57 variables).

Les modalités pour lesquelles il y avait peu d'individus ont été enlevées, d'où la nécessité de créer des regroupements au sein de modalités plus larges (notamment en fonction des différentes recommandations), c'est ce qui a été réalisé dans les tableaux 3 à 12. Deux modalités de variables différentes sont proches si elles caractérisent les mêmes individus (élevages), c'est-à-dire qu'elles sont choisies ensemble ou évitées ensemble. Comme pour les autres analyses factorielles, il est difficile de déduire une information concernant les individus centraux sur les graphiques et on se méfiera des individus présentant des positions très excentrées, car ils peuvent à eux seuls « entraîner » une variable (Husson *et al.*, 2016). Ainsi, il y a une ACM pour : le logement, l'alimentation, la traite, le tarissement, la reproduction, la gestion podale et la gestion des veaux. À la suite de ces analyses, les variables contribuant le plus dans chacun des domaines (contribution la plus importante sur la dimension 1) ont été regroupées afin de créer des typologies reflétant la conduite globale de l'élevage.

Les étapes réalisées pour l'analyse des résultats sont les suivantes :

- Etape 1 : Description des types d'élevages présents dans l'étude. Un tableau a été réalisé pour montrer la moyenne et l'écart-type des 52 élevages afin de voir leurs performances globales.
- Etape 2 : Une ACP a été réalisée avec l'ensemble des résultats zootechniques pour chaque élevage. Cette ACP a permis de retirer des variables très corrélées entre elles pour n'en garder qu'une des deux et de mettre en évidence les relations existantes entre les variables.
- Etape 3 : Une ACM a été réalisée de manière indépendante par domaine pour identifier des groupes d'élevages ayant des pratiques proches à similaires.
- Etape 4 : Une ACP a été réalisée à la suite de chaque ACM avec les variables correspondant aux résultats zootechniques ayant un lien avec le domaine étudié. Les groupes qui ont été

obtenus à l'étape 3 sont utilisés en tant que variables illustratives. Cela permet de faire des hypothèses sur le lien éventuel entre de la pratique et les résultats zootechniques. Pour chaque domaine les variables zootechniques retenues sont présentées dans le Tableau 13 (le choix a été fait en fonction de la partie 1 de cette thèse).

Tableau 13 : Variables des résultats zootechniques utilisées pour chaque domaine.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11

Résultats zootechniques	NEC INF2	MOY NEC	MOY PROD 3ANS	MOY RGLA	TAUX CEL MOY	MOY IVV	MOY REU 1IA VL	MOY REU 1IA GEN	MOY TAUX SEM GEN 2ANS	MOY AGE 1V PRIMI	ECART TYP AGE 1V	%MAM 2-3ANS	DERM TP	MORT VF 0-7J	COD DIAR RESP VEAU
Domaines															
Logement			✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓		
Alimentation	✓	✓	✓	✓		✓	✓			✓					
Traite	✓	✓	✓	✓	✓					✓		✓			
Tarissement			✓		✓	✓	✓					✓		✓	
Reproduction			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Gestion podale	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓		
Gestion des veaux				✓				✓		✓	✓			✓	✓

- Etape 5 : Les variables majoritaires de chaque domaine ont été regroupées pour réaliser des typologies d'élevage selon une conduite globale.
- Etape 6 : Puis les typologies obtenues ont été utilisées en tant que variables illustratives de l'ACP des résultats zootechniques de l'étape 1 (après retrait des variables très corrélées).

3. Résultats

Cinquante-deux élevages ont participé à cette étude. Ils sont tous situés en Bretagne et font partie du réseau Synetics et participant au projet Génosanté. Les résultats des analyses statistiques réalisées sont représentés dans ce chapitre. Dans les différents graphiques, les couleurs ne sont pas toujours associées aux mêmes élevages. C'est-à-dire que pour les résultats zootechniques par exemple, le groupe rouge n'est pas le même groupe que pour l'analyse du logement. En revanche, les groupes sont de la même couleur au sein d'un domaine (sauf quand il y a plus de 4 groupes) afin de faciliter la compréhension.

a. Présentation des élevages

Dans cette étude, 52 élevages ont été pris en compte. Parmi ces 52 élevages, il y avait :

- 12% des élevages avec une aire paillée et 88% en logettes
- 69% des élevages avec une machine de traite et 31% avec un robot de traite
- 21% des élevages en ration complète et 79% des élevages en ration individuelle

- 38% des élevages avec un traitement sélectif au tarissement et 62% des élevages en systématique
- 58% des élevages utilisent un appareil de monitoring pour la détection des chaleurs et 42% le font de manière visuelle uniquement.
- 69% des élevages font pâturer les vaches laitières entre 9 et 12 mois de l'année, 21% entre 4 et 8 mois et 10% moins de 4 mois.
- 56% des élevages ne réalise pas de désinfection de l'ombilic à la naissance des veaux contre 44% qui le font.

La moyenne et l'écart-type des différents résultats zootechniques ont été calculés sur l'ensemble des élevages de l'étude (Tableau 14).

Tableau 14 : Moyenne et écart-type des résultats zootechniques des 52 élevages du projet RUMIGEN

	MOY NEC	TAUX CEL MOY (cels/ml)	MOY RGLA	MOY PROD 3ANS (kg/lact)	MOY MIU 3ANS (kg)	MAM 2/3 ANS (%)	MOYAGEIV PRIMI(mois)	MOY IVV (l)	MOYTAUXSEM SEXGENZANS (%)	MOY REU ILAGEN (%)	MOY REU 3IAGEN (%)	MOY REU 1IAVL (%)	MOY REU 3IAVL (%)	DERMTP (%)	MORTVF 0-7J (%)	INEL MOY (points)	ISU MOY (points)
Moyenne	2,4	50497	2,5	8735	652	30	26	391	41	59	82	41	67	18	5,4	13	123
Ecart-type	0,3	24741	0,2	775	69	12	1,6	15	48	9	7	5	6	21	3,3	4,5	6
Référence	2-3	100 000		8419	605		29	404		70		55				0	100

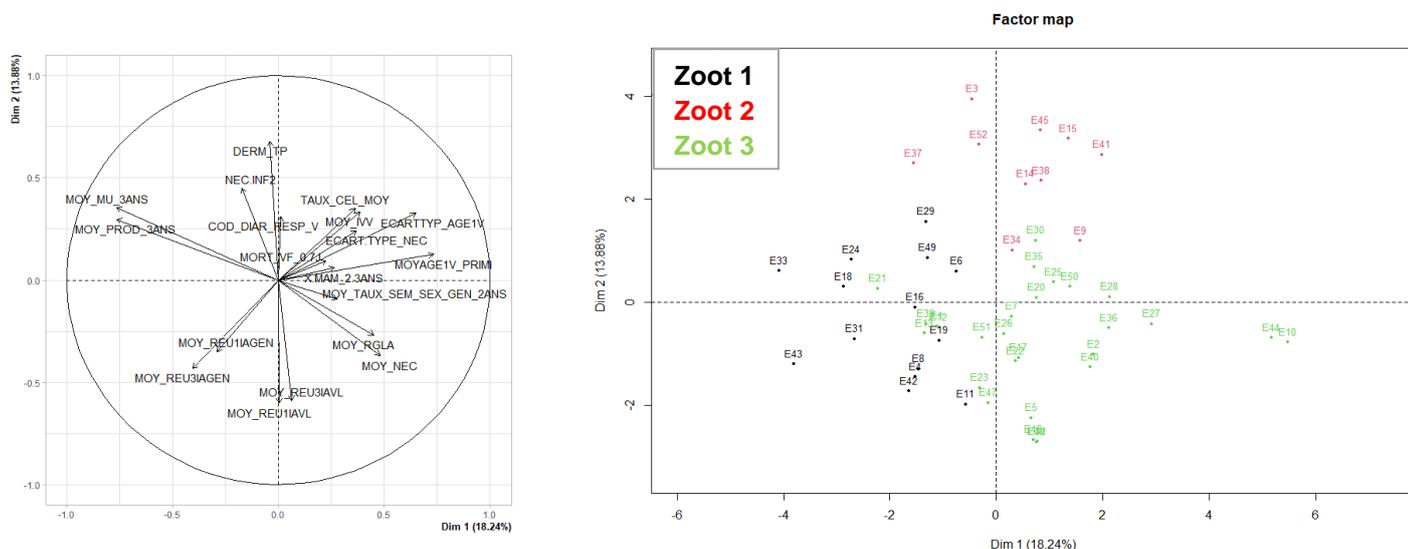
Les élevages de cette étude ont une production moyenne plutôt élevée avec 8735 kg/lactation et un taux cellulaire inférieur à 100 000 cellules/ml (Tableau 14). L'INEL est égal à 13, il est donc positif ce qui signifie que les VL de ces élevages ont un potentiel correct en termes de production laitière du point de vue génétique. La réussite à la 1^{ère} IA en VL est inférieure à 50% ce qui signifie que plus de la moitié des VL ne sont pas gestantes après la première IA (Tableau 14). Pris ensemble, ces résultats des élevages suggèrent qu'ils ont un niveau technique plutôt bon.

b. Résultats zootechniques

Une première ACP a été réalisée à partir des 18 variables des résultats zootechniques des 52 individus correspondant aux élevages (Figure 18).

Figure 18 : Répartition des 52 élevages en fonction de l'ensemble de leurs résultats zootechniques.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



D'après la Figure 18 (gauche), les variables exerçant une influence sont (flèche supérieure à 0,7) :

- Pour la dimension 1 : à droite : l'âge au premier vêlage (moyenne et écart-type) ; à gauche la moyenne de production et la moyenne de matière utile sur 305j. On remarque que la matière utile est très corrélée à la production laitière. Ainsi, pour la suite des analyses on garde uniquement la production laitière afin que les autres variables aient plus d'influences.
- Pour la dimension 2 : en haut : pourcentage de dermatite dans le troupeau ; en bas : la moyenne de la réussite à l'IA des vaches laitières à la 1^{ère} et au-delà de 3 IA. On remarque que les deux moyennes de réussite à l'IA des vaches laitières sont très proches. De même pour la réussite à l'IA des génisses. Ainsi, pour la suite des analyses on gardera uniquement la réussite à la 1^{ère} IA pour les VL et les génisses et on enlèvera celle de plus de 3 IA, notamment parce que les 1^{ères} IA sont plus nombreuses. De plus, la réussite à l'IA des VL est anti-corrélée au pourcentage de dermatite dans le troupeau. Il semble donc que la présence de dermatite influence négativement la réussite à l'IA pour les vaches laitières.

On peut noter que la production est anti-corrélée au rang de lactation moyen et à la NEC moyenne du troupeau.

Sur la Figure 18 (droite), 3 groupes d'élevages se distinguent (valeurs en Annexe 6 à l'aide des box plot réalisées) :

- **Zoot 1** (n=10) : élevages ayant un pourcentage de dermatite digitée assez élevé dans le troupeau (50%) avec une médiane de réussite à l'IA des vaches laitières faible (36%). La production laitière est moyenne (9000 kg/lactation) et l'âge au premier vêlage médian est de 26,5 mois avec une proportion importante d'élevages pouvant aller jusqu'à 30 mois.
- **Zoot 2** (n=14) : élevages avec une production laitière élevée à très élevée (médiane de 9 500kg/lactation), un premier vêlage précoce (âge au premier vêlage autour de 25 mois), un pourcentage de dermatite digitée faible (10%) et une réussite à l'IA des vaches laitières moyenne (39%).

- **Zoot 3** (n=28) : élevage avec une production laitière plus faible (8 300kg/lactation), un âge au premier vêlage médian de 26 mois avec une proportion importante d'élevages pouvant aller jusqu'à 30 mois, très peu de dermatite digitée (5%) et une meilleure réussite à l'IA des vaches laitières (44%).

Si on regarde la génétique pour les trois groupes (Annexe 6), il n'y a pas de différence que ce soit pour l'ISU ou pour l'INEL. L'examen de l'influence de la conduite d'élevage est donc d'autant plus pertinent.

c. Conduite d'élevage

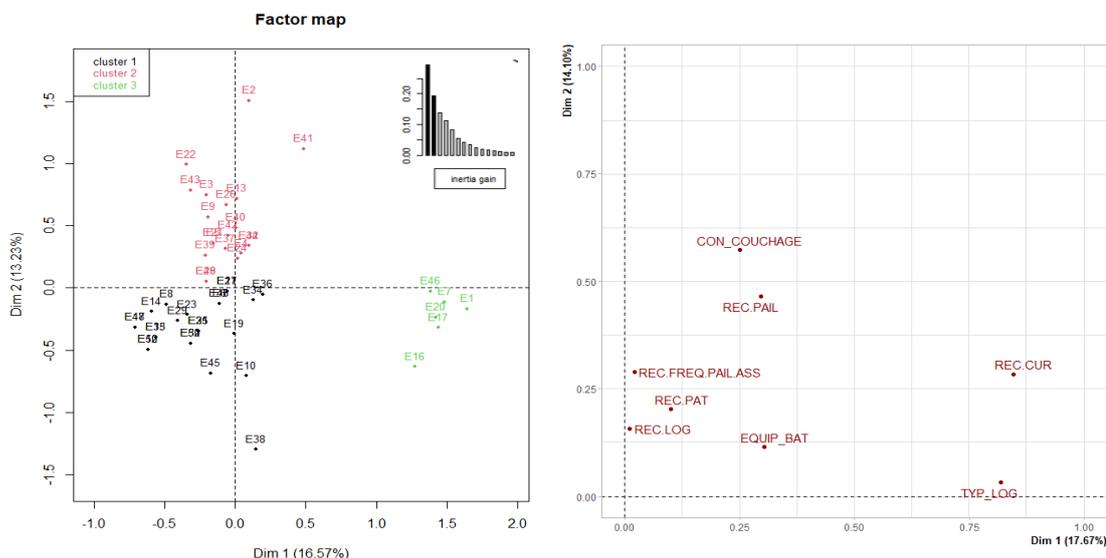
Dans cette partie de l'étude, les domaines de conduite ont été étudiés pour les 52 élevages.

- **Logement**

Une ACM est réalisée afin de regrouper les élevages selon leur gestion du logement des vaches laitières en lactation (Figure 19).

Figure 19 : Pratiques de gestion du logement des VL.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 3.



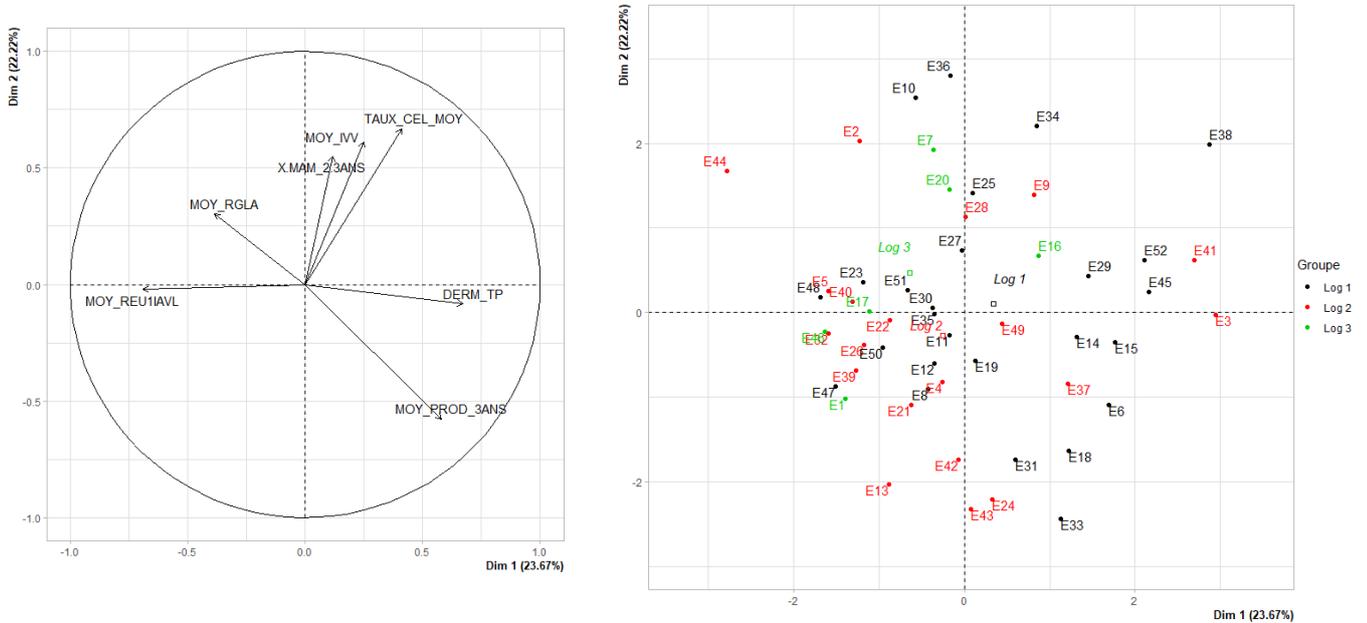
Deux groupes se distinguent (Figure 19), à droite **Log 3** (n=6) correspond aux élevages disposant d'une aire paillée pour les vaches en lactation et à gauche les élevages disposant de logettes. Ainsi, le type de logement est la variable contribuant le plus à la variabilité entre les élevages.

Ensuite, le groupe **Log 2** (n=20) correspond à des élevages dans lesquels le confort de couchage des vaches est moyen à mauvais puisque les logettes sont en majorité en béton avec de la paille contrairement au groupe **Log 1** (n=26) pour lesquels le confort de couchage est moyen à bien puisque la majorité des logettes sont équipées de tapis ou de matelas.

On regarde à l'aide d'une ACP si les résultats zootechniques sont différents selon les trois groupes formés à l'aide de la Figure 19 (Figure 20).

Figure 20 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de logement dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



D'après la Figure 20, les élevages en aire paillée (**Log 3**) sont plutôt à gauche du graphique. Les deux autres groupes sont plus dispersés sur les différentes variables. L'analyse des box plot (Annexe 7) valide le fait que les groupes sont très hétérogènes en termes de résultats zootechniques. On peut tout de même noter que pour le **Log 3** le pourcentage de dermatite digitée tend à être plus faible (0% contre 10 et 20% pour les deux autres) alors que l'INEL tend à être légèrement plus élevé et plus homogène.

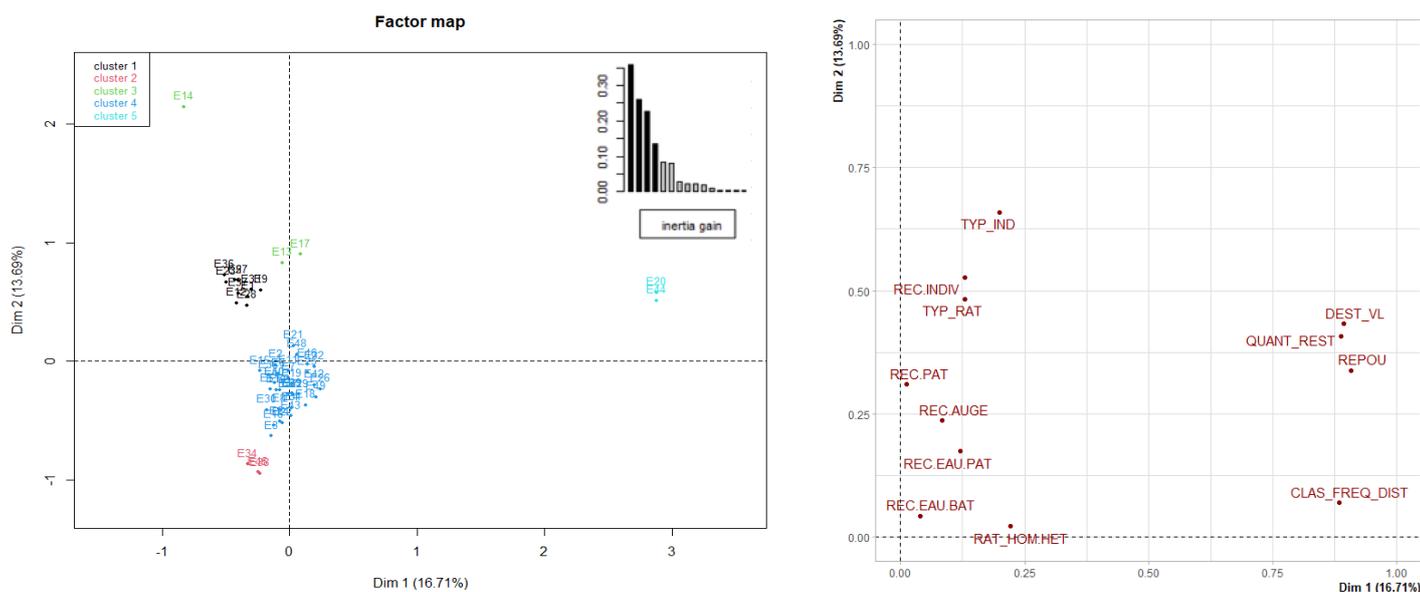
La taille du troupeau est aussi différente selon le type de logement. Elle est plus élevée pour les logements en logettes (log 1 = 114 VL et log 2 = 84) alors que pour le logement en aire paillée (**Log 3**) la moyenne est de 76 VL.

- *Alimentation*

Une ACM a été réalisée afin de regrouper les élevages selon leur gestion de l'alimentation des vaches laitières en lactation (Figure 21).

Figure 21 : Pratiques de gestion de l'alimentation des VL.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 4.



Les 3 premières dimensions ont une importance sur la variabilité entre les individus. La Figure 21 représente les dimensions 1 et 2. Les autres dimensions (2 et 3) se trouvent en Annexe 8. Le groupe **Alim 4** regroupe le plus grand nombre d'élevages les autres groupes ont des effectifs plus faibles.

Cinq groupes d'élevages ont été identifiés (Figure 21) :

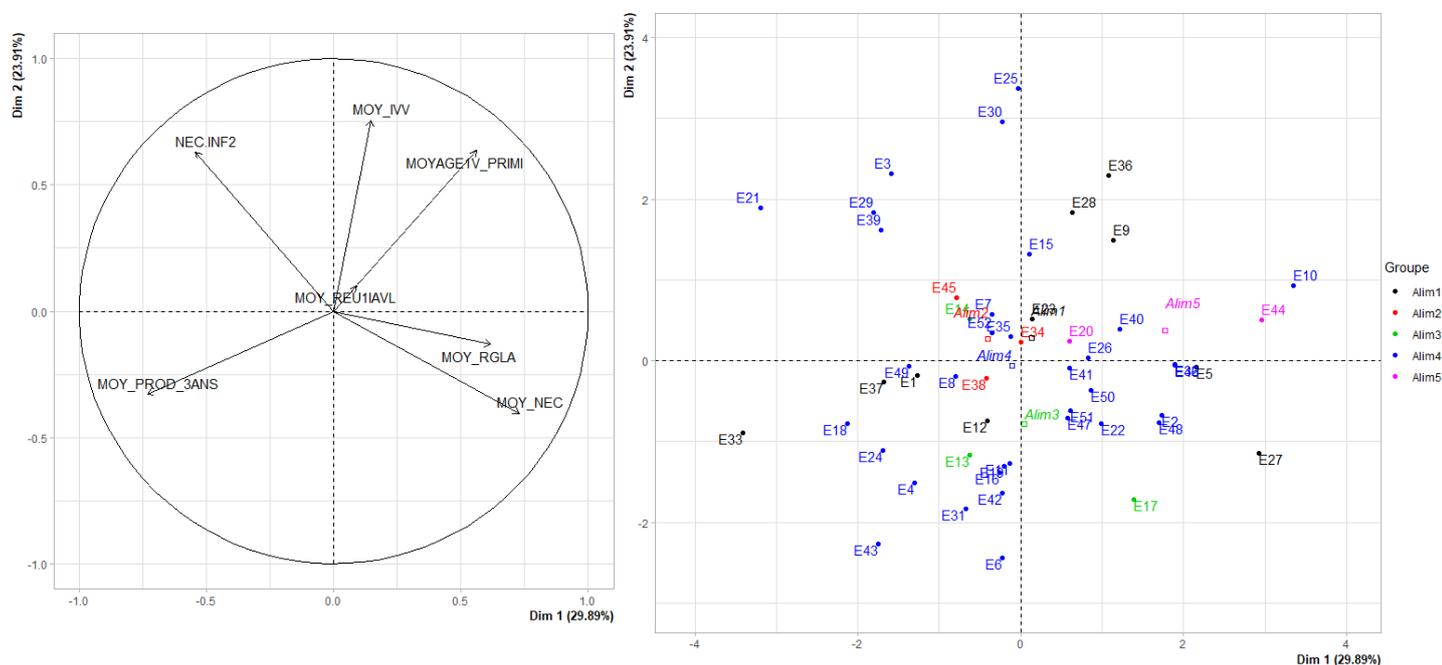
- **Alim 1** (n=10): ce sont des élevages en ration complète, distribuée de manière homogène, les vaches pâturent beaucoup (plus de 9 mois) et les refus ne sont pas donnés aux vaches taries ou au génisses.
- **Alim 2** (n=3) : ce sont des élevages où les vaches pâturent peu (moins de 4 mois), en ration individuelle avec une complémentation au robot et une quantité moyenne de refus.
- **Alim 3** (n=3) : ce sont des élevages pour lesquels, indépendamment du type de ration (individuelle ou complète), il n'y a aucun refus, ce qui signifie que l'alimentation n'est pas à volonté (les vaches mangent toute la ration distribuée à l'auge). Dans ces élevages les vaches sortent beaucoup au pâturage. Le E14 est éloigné par rapport aux deux autres élevages du groupe car c'est le seul à être en ration complète.
- **Alim 4** (n=34) : ce sont des élevages en ration individuelle, avec cependant, une grande diversité de pratiques.
- **Alim 5** (n=2) : ce sont deux élevages qui sont en libre-service avec une complémentation au DAC et les vaches pâturent beaucoup.

Ainsi, ce qui a le plus différencié les élevages, notamment les deux groupes ayant le plus d'individus (élevages), a été le type de ration (complète ou individuelle). La grande variabilité de pratiques a empêché un regroupement plus fin des élevages en fonction des pratiques de gestion de l'alimentation.

Une ACP a été réalisée avec les résultats zootechniques pouvant être influencés par la manière de nourrir le troupeau. Les groupes formés dans l'étape précédente sont intégrés dans l'ACP (en tant que variable illustrative) afin de voir si leurs résultats zootechniques sont proches ou non (Figure 22).

Figure 22 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques d'alimentation dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



Note : Attention les couleurs ne sont pas identiques dans les deux analyses. L'Alim 5 qui est en bleu clair dans l'ACM (Figure 21) est ici en rose.

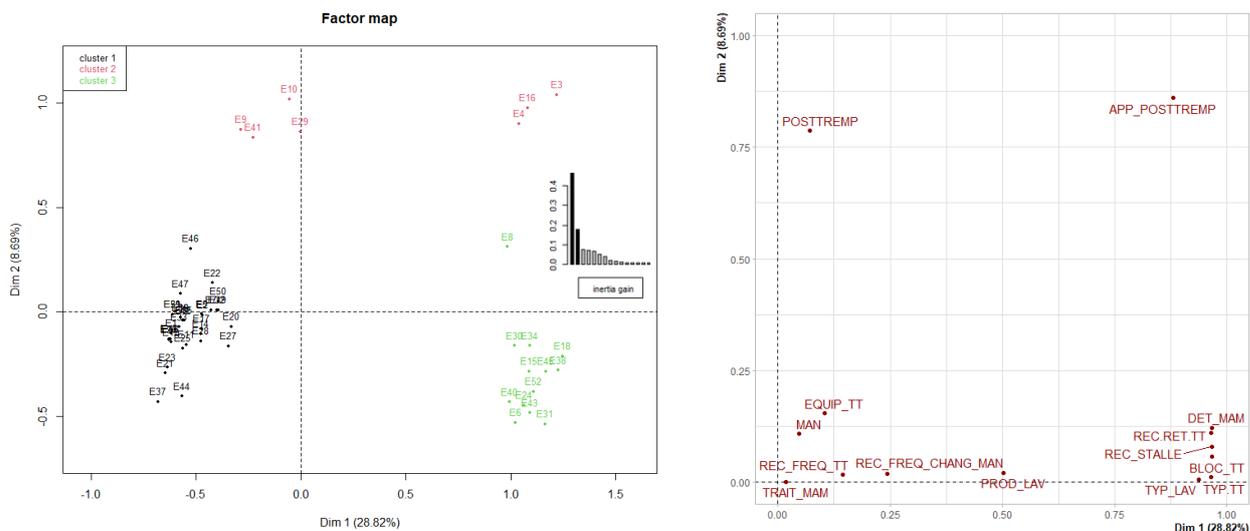
Les résultats zootechniques en fonction des différents groupes sont présentés dans des box plot (Annexe 9). Le groupe avec une ration en libre-service (**Alim 5**) a une production médiane bien inférieure aux autres groupes. Cela s'explique par le fait que dans ce groupe il n'y a que 2 élevages dont un avec une production laitière moyenne (8000 kg/lactation) et l'autre avec un faible niveau de production (6500kg/lactation). De plus, si on regarde le box plot avec l'INEL, pour l'**Alim5** il y a également une grande différence, un élevage à un INEL moyen de 18 et l'autre de 0,6. Les autres résultats zootechniques ont été peu influencés par la typologie de l'alimentation. Par ailleurs, il est à noter la grande variabilité des résultats zootechniques au sein des types d'alimentation. L'**Alim 3** se démarque des autres groupes du fait qu'il a un IVV moyen plus court et un INEL moyen plus élevé.

- *Traite*

Les élevages ont été regroupés selon leur gestion de la traite des vaches laitières (Figure 23).

Figure 23 : Pratiques de gestion de la traite des VL.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 5.



Deux groupes principaux se distinguent : à droite de l'axe vertical, les élevages disposant d'un robot de traite et à gauche les élevages disposant d'une machine à traire. Pour les différents groupes :

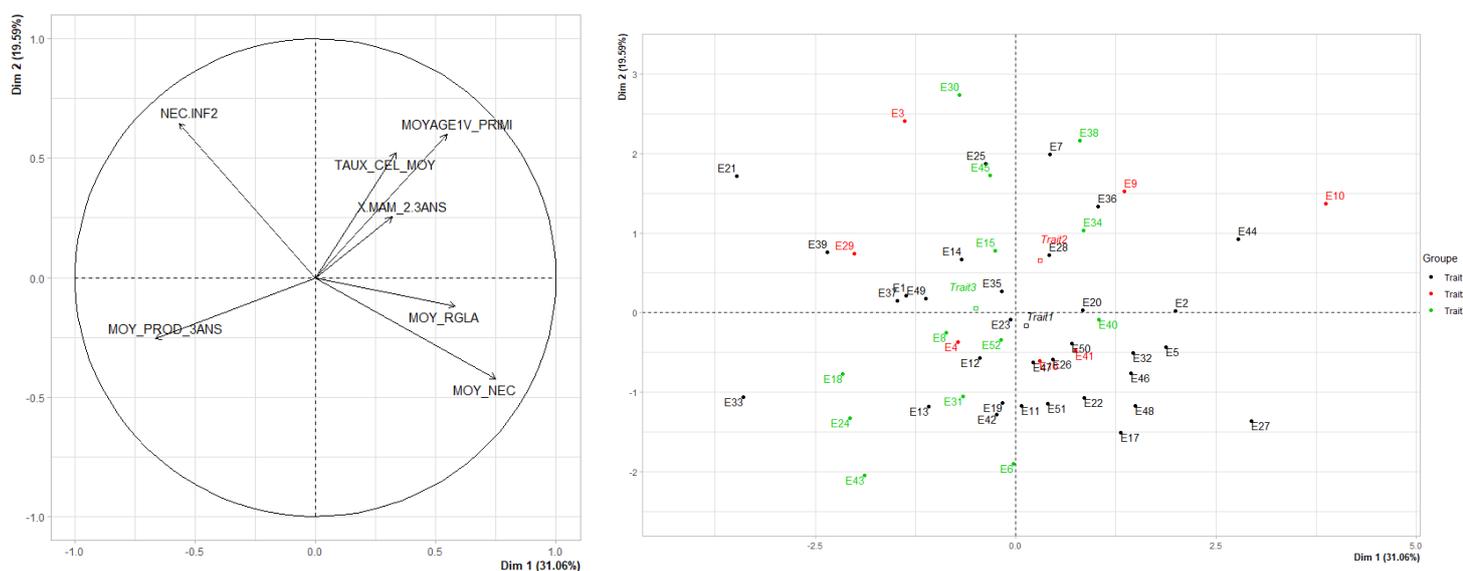
- **Trait 1** (n=32) : élevage équipé en machine à traire réalisant un post-trempage en fin de traite par trempage.
- **Trait 2** (n=7) : Absence de post-trempage en fin de traite. On remarque que dans ce groupe, il y a des robots et des machines à traire.
- **Trait 3** (n=13) : élevage en robot réalisant un post-trempage en fin de traite par spray. Le E8 est éloigné du reste du groupe car il ne réalise pas de post-trempage en fin de traite.

Ainsi, la variable majoritaire concernant la traite correspond au type de traite (automatisée – robot de traite - ou mécanique – machine à traire).

Une ACP a été réalisée avec les résultats zootechniques pouvant être influencés par la manière de réaliser la traite. Les groupes formés dans l'étape précédente ont été intégrés dans l'ACP afin de voir si leurs résultats zootechniques sont proches ou non (Figure 24).

Figure 24 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de traite dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.

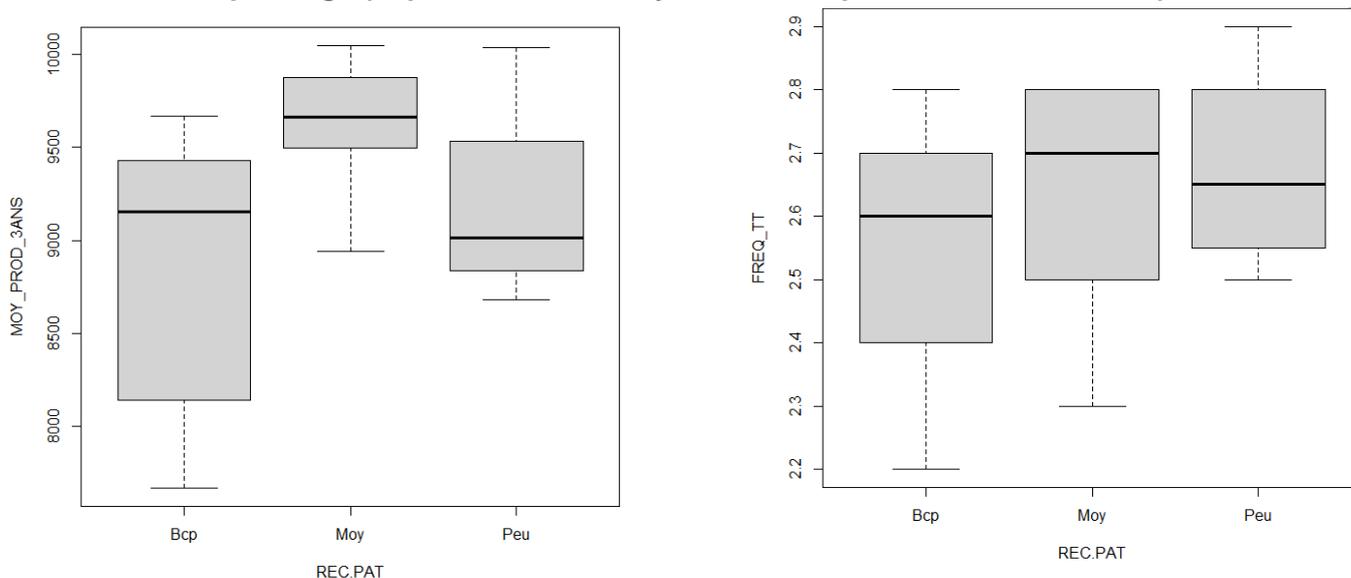


Le groupe **Trait 3** tend à produire davantage de lait, comme le confirme la représentation en boxplot (Annexe 10). Les élevages en robot de traite (**Trait 3**) ont en effet une production médiane plus élevée (9100 kg/lactation) que les élevages en machine à traire (**Trait 1**) (8 500 kg/lactation), alors que la médiane des INEL et la variabilité sont identiques dans les deux groupes (Annexe 10). De plus, on constate que le groupe **Trait 2** ne réalisant pas de post-trempage a une moyenne de taux cellulaire plus élevée (65 800 cellules/ml) que les deux autres groupes (**Trait 3** = 58 700 cellules/ml et **Trait 1** = 43 100 cellules/ml). L'INEL plus faible n'explique pas le taux cellulaire plus élevé puisqu'il ne prend pas en compte le taux cellulaire.

Ainsi, l'équipement de traite et la réalisation ou non de post-trempage semble avoir un impact sur la production laitière et le taux cellulaire du troupeau.

Si on s'intéresse maintenant aux élevages ayant un robot de traite, on peut voir dans la Figure 25 que lorsque les vaches laitières pâturent beaucoup la production laitière varie de manière plus importante que lorsque les vaches pâturent moins.

Figure 25 : Répartition des élevages en robot de traite selon leur moyenne de production laitière (à gauche) et la fréquence de traite (à droite) en fonction de la durée annuelle du pâturage (bcp = 9-12 mois, moy = 4-8 mois, peu = moins de 4 mois).



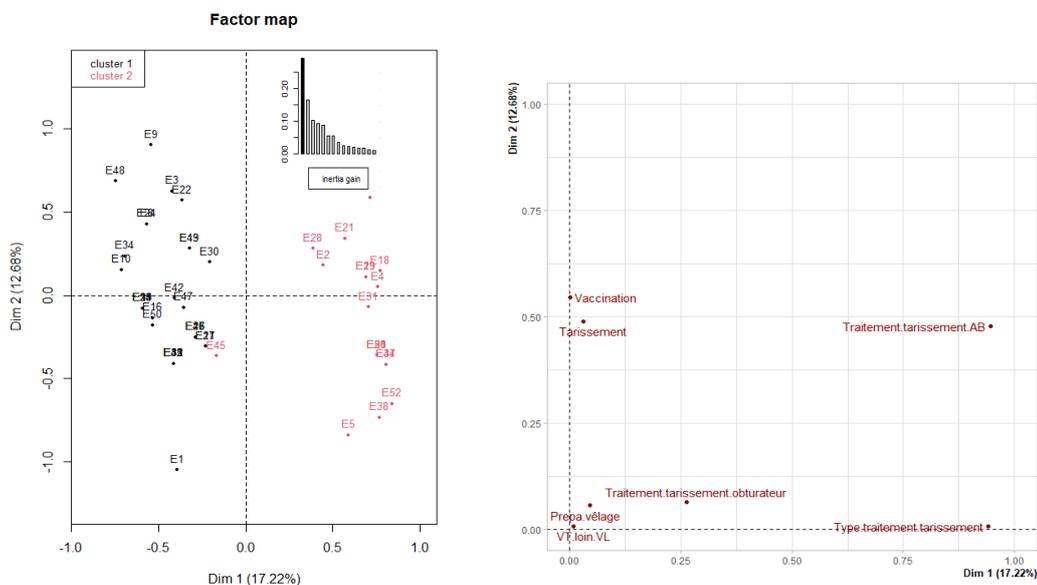
La fréquence de traite pour les élevages avec beaucoup de pâturage (Bcp sur Figure 25) est légèrement plus faible que les autres élevages (2,6 contre 2,7) et la variabilité au sein du groupe est plus importante (surtout vers le bas). La fréquentation du robot est plus variable dans les élevages très pâturant, ce qui peut avoir un impact sur la production qui est aussi plus variable dans le groupe qui pâture plus de 8 mois dans l'année.

- *Tarissement*

Une ACM a été réalisée afin de regrouper les élevages selon leur gestion du tarissement au sein du troupeau (Figure 26).

Figure 26 : Pratiques de gestion du tarissement des VL.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 6.



Deux groupes se distinguent (Figure 26) :

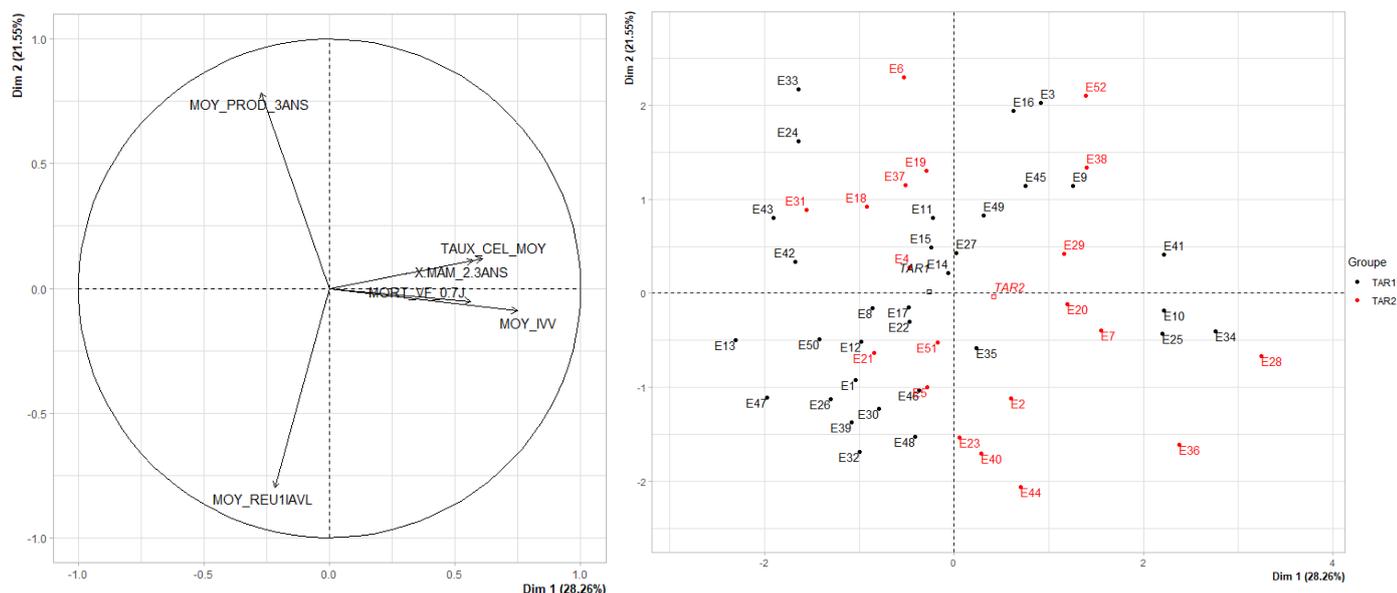
- **TAR 1** (n=32) : les élevages réalisant un traitement au tarissement (antibiotique ou obturateur ou une combinaison d'antibiotique et obturateur) systématique. L'élevage E1 se distingue des autres élevages du groupe noir car il est le seul à ne mettre aucun antibiotique intra-mammaire au moment du tarissement. Il met uniquement un obturateur en systématique au tarissement.
- **TAR 2** (n=20) : les élevages réalisant un traitement sélectif au tarissement. L'élevage E45 sera considéré comme noir étant donné qu'il est plus proche du groupe noir.

Ainsi, la variable majoritaire concernant le tarissement correspond au type de traitement réalisé au tarissement (sélectif ou systématique).

Par la suite, une ACP a été réalisée avec les résultats zootechniques pouvant être influencés par la manière de réaliser le tarissement. Les groupes formés dans l'étape précédente ont été intégrés dans l'ACP comme variable illustrative afin de voir si leurs résultats zootechniques sont proches ou non (Figure 26).

Figure 27 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de tarissement dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



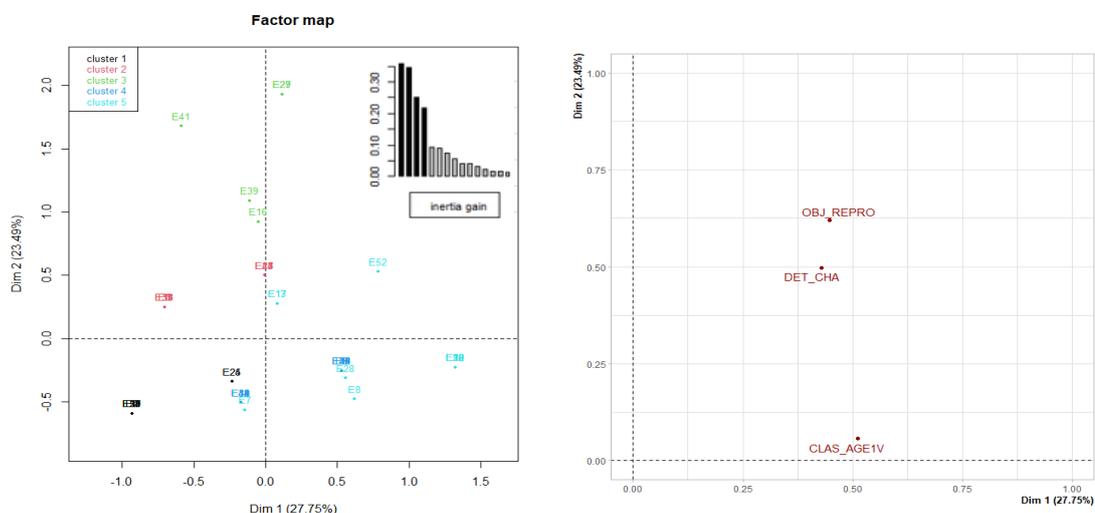
On remarque que **TAR 1** est majoritairement à gauche du graphique. Les résultats zootechniques des deux groupes sont proches concernant la production laitière, la réussite à l'IA des VL et l'IVV moyen (Figure 27). En réalisant des box plot sur les variables minoritaires (Annexe 11), on observe que les élevages réalisant un traitement au tarissement systématique (**TAR 1**) ont un pourcentage de mammites cliniques médian légèrement plus faible mais avec une grande disparité au sein du groupe contrairement aux élevages réalisant un traitement au tarissement sélectif (**TAR 2**). De même concernant le taux cellulaire dans les élevages.

- *Reproduction*

Une ACM a été réalisée afin de regrouper les élevages selon leur objectifs et gestion de reproduction au sein du troupeau (Figure 28).

Figure 28 : Objectifs et pratiques de gestion de la reproduction des élevages.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 7.



D'après le graphique inertia gain, les 4 premières dimensions permettent de distinguer les différents groupes. La Figure 28 représente les dimensions 1 et 2. Les autres dimensions sont placées en Annexe 12.

Cinq groupes se distinguent (Figure 28) :

- **Repro 1** (n=9) : les élevages détectent les chaleurs avec un monitoring (podomètre, collier d'activité) et visuellement, et ont comme objectif de reproduction un veau par an.
- **Repro 2** (n=12) : les élevages détectent les chaleurs avec un monitoring (podomètre, collier d'activité) uniquement et ont comme objectif de reproduction un veau par an.
- **Repro 3** (n=5) : les élevages inséminent en fonction de la production de la vache.
- **Repro 4** (n=14) : les élevages détectent les chaleurs de manière visuelle uniquement et ont comme objectif de reproduction un veau par an.
- **Repro 5** (n=12) : les élevages n'ont pas d'objectif de reproduction, ils inséminent les vaches en fonction de leurs chaleurs.

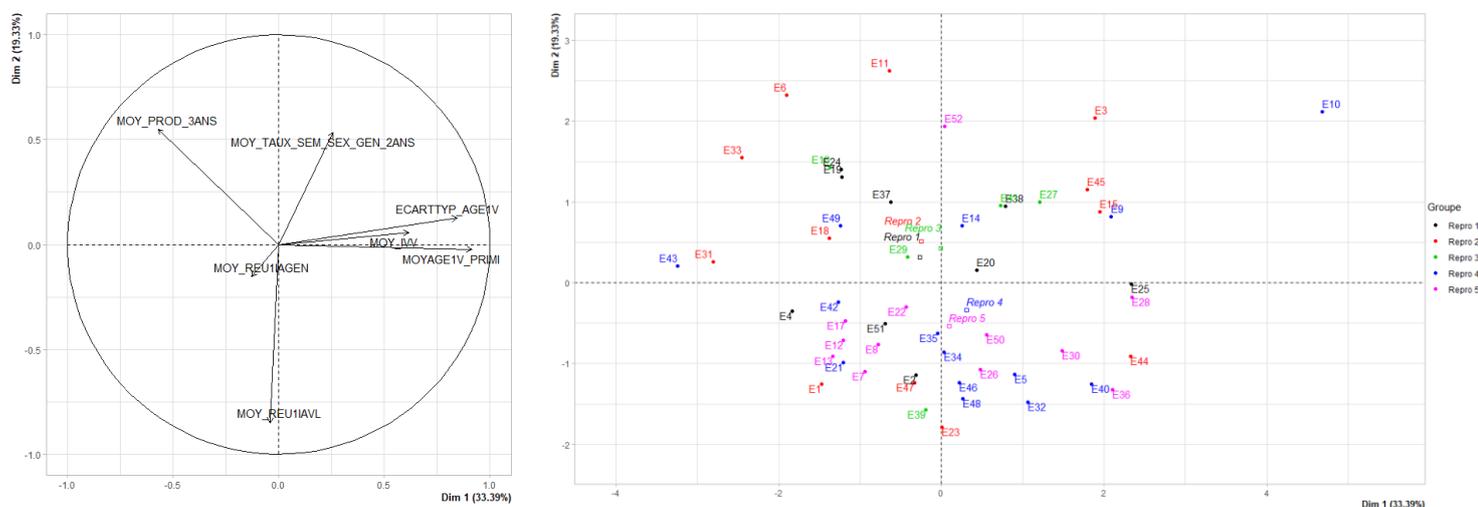
La classification de l'objectif d'âge au premier vêlage est très hétérogène dans les cinq groupes. Ainsi, cette variable ne participe presque pas à la distinction de ces différents groupes.

Les 3 groupes majoritaires se distinguent par leur manière de détecter les chaleurs chez les vaches en production. De plus, c'est l'unique variable correspondant vraiment à une pratique puisque les deux autres sont basées sur des objectifs.

Par la suite, une ACP a été réalisée avec les résultats zootechniques pouvant être influencés par la gestion de la reproduction. Les groupes formés dans l'étape précédente ont été intégrés dans l'ACP comme variable illustrative afin de voir si leurs résultats zootechniques sont proches ou non (Figure 28).

Figure 29 : Résultats de reproduction en fonction des objectifs et pratiques de gestion de la reproduction dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



Note : Attention les couleurs ne sont pas identiques dans les deux analyses. Repto 5 en bleu clair dans la Figure 27 est en rose dans cette analyse.

D'après la Figure 29 (gauche), la moyenne d'âge au premier vêlage n'a pas de lien avec la réussite à l'IA des génisses ni celle des vaches laitières.

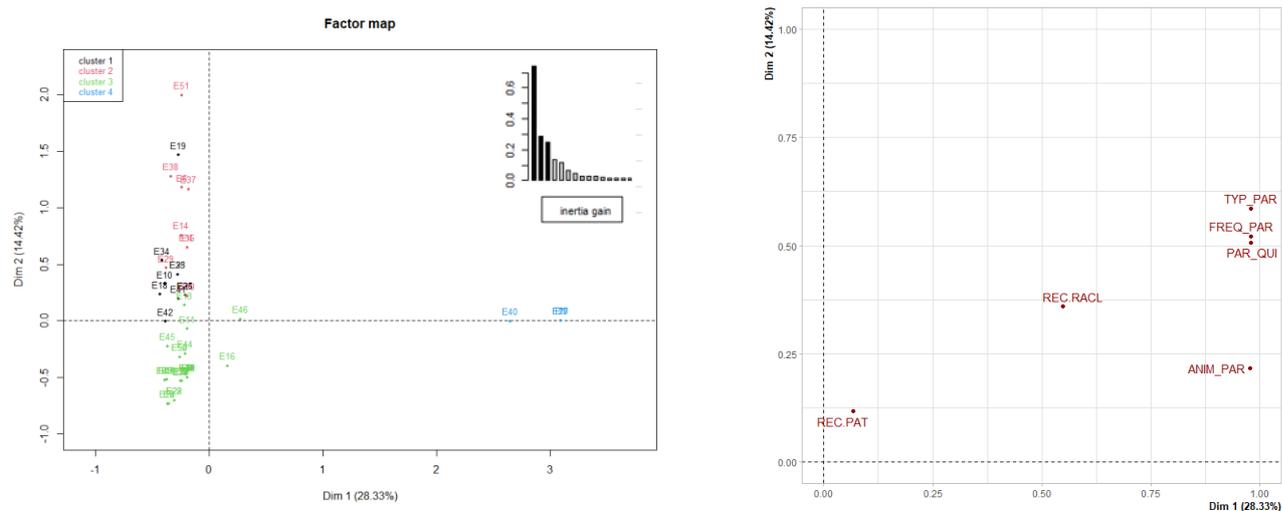
Pour les élevages qui inséminent en fonction de la production avec différents types d'observation des chaleurs (**repto 3**), on observe une tendance à un IVV moyen plus élevé que pour les autres groupes (environ 400 jours contre 385j pour les autres en moyenne(Annexe 13)). De plus, la production des élevages **repto 3** n'est pas plus élevée que les autres groupes. Les résultats en termes de réussite à l'IA des vaches laitières les élevages des groupes **repto 4** (visuel, 1veau/an) et **repto 5** (insémine selon chaleur) sont proches et légèrement meilleurs que les autres (environ 44% alors que les autres groupes sont inférieurs à 40%) (Annexe 13) malgré des objectifs différents concernant la reproduction : un veau par VL/an (**repto 4**) et insémination en fonction des chaleurs (**repto 5**).

- *Gestion podale*

Une ACM a été réalisée afin de regrouper les élevages selon leur gestion podale au sein du troupeau (Figure 30).

Figure 30 : Pratiques de gestion du tarissement des VL.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 9.



La Figure 30 représente les dimensions 1 et 2. On observe que la dimension 1 permet uniquement de différencier le groupe bleu (Boit 4) des 3 autres groupes. Ainsi, il est intéressant d'aller voir les autres dimensions pour essayer de mieux comprendre ce qui différencie les 3 autres groupes (Annexe 14).

Quatre groupes se distinguent (Figure 30) :

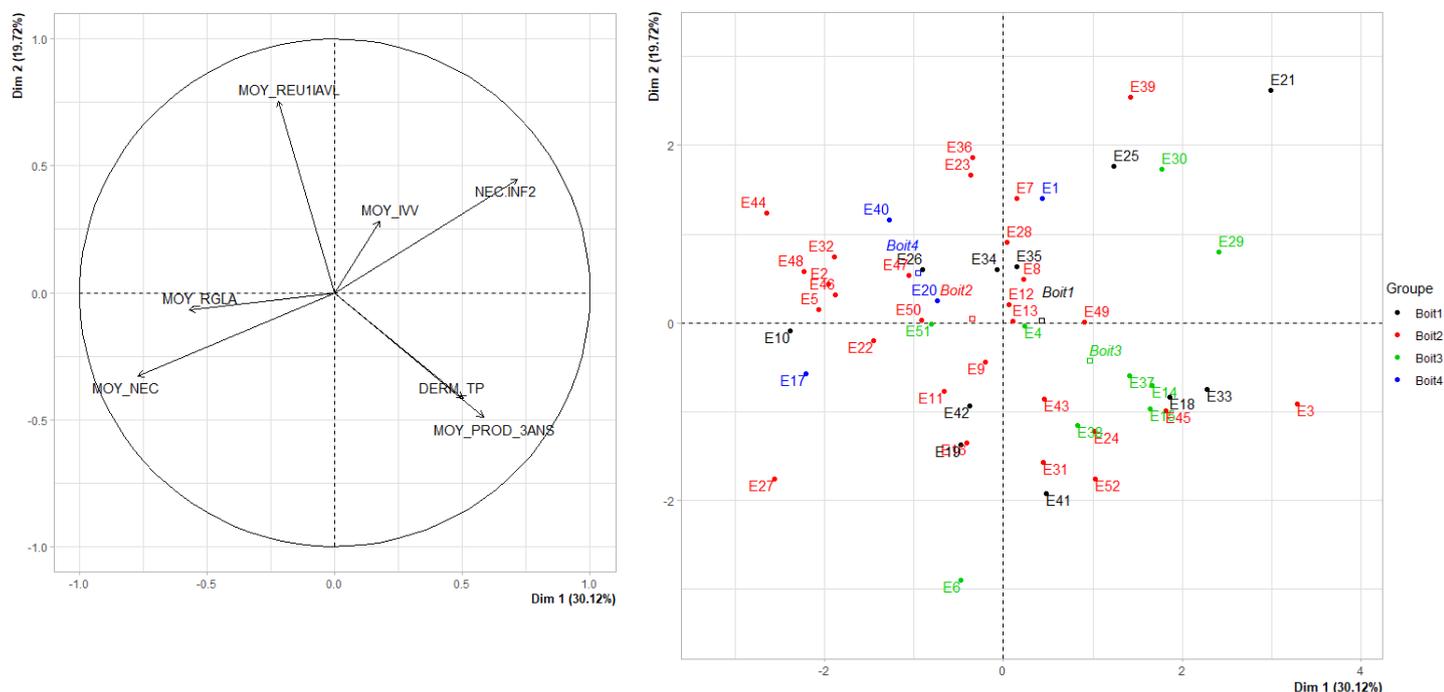
- **Boit 1** (n=11) : élevages réalisant un parage de tout le troupeau dans l'année. Le parage est plutôt préventif avec quelques élevages faisant aussi du curatif en plus.
- **Boit 2** (n=28) : élevages réalisant un parage de quelques vaches à chaque fois (uniquement les vaches boiteuses ou avec des défauts d'aplombs). Ainsi, le parage est uniquement curatif et majoritairement réalisé par un pareur.
- **Boit 3** (n=9) : élevages réalisant un parage de quelques vaches voir de tout le troupeau dans l'année. Le parage est préventif et curatif pour la majorité d'entre eux et réalisé par l'éleveur (réalisé au moment du tarissement souvent).
- **Boit 4** (n=4) : élevages ne réalisant pas de parage du troupeau de vaches laitières et les vaches pâturent beaucoup.

Ainsi, la variable majoritaire concernant la gestion podale du troupeau est le type de parage (préventif ou curatif).

Par la suite, une ACP a été réalisée avec les résultats zootechniques pouvant être influencés par la gestion podale du troupeau. Les groupes identifiés dans l'étape précédente ont été intégrés dans l'ACP en tant que variable illustrative afin de voir si leur résultats zootechniques sont proches ou non (Figure 31).

Figure 31 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de la gestion podale dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



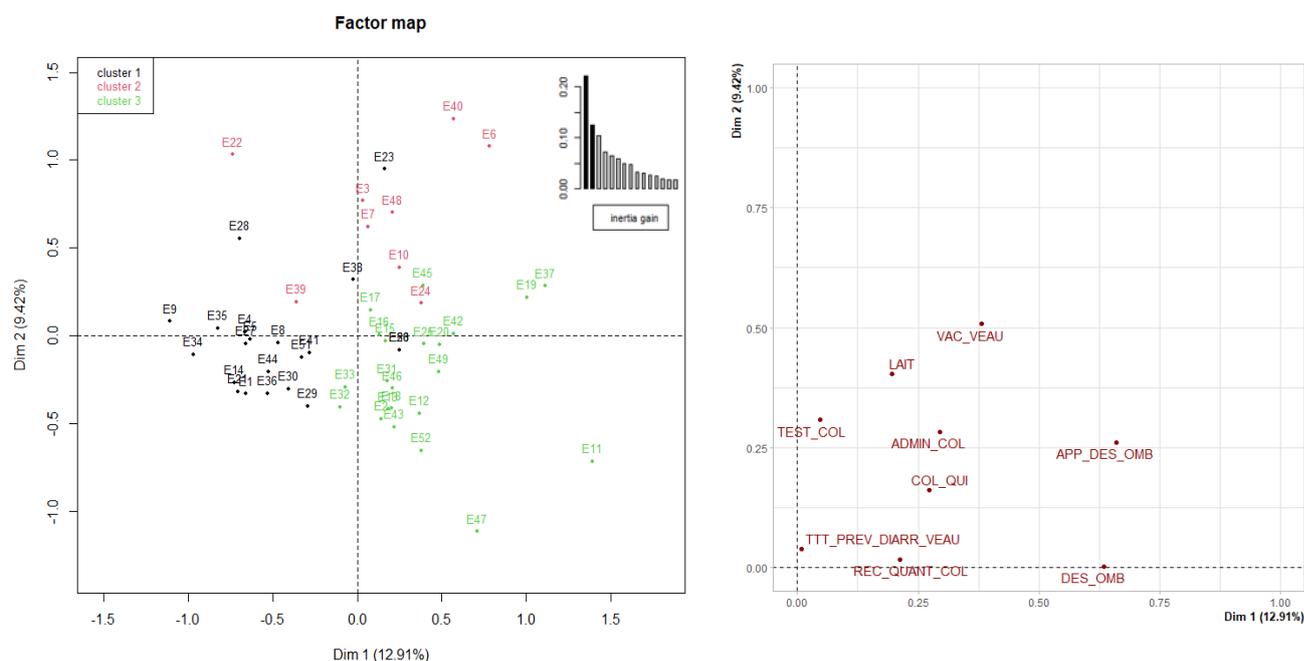
On observe que les élevages réalisant le parage des animaux boiteux uniquement (**Boit 2**) et ceux réalisant un parage de tout le troupeau dans l'année (**Boit 1**) présentent des résultats zootechniques plutôt similaires alors que les élevages réalisant aucun parage (**Boit 4**) et ceux réalisant un parage préventif et curatif par l'éleveur (**Boit 3**) s'opposent (Figure 31). En effet, comme observé dans les box plot (Annexe 15), les élevages du groupe **Boit 3** ont le pourcentage de dermatite digitée le plus élevé (38%) et le groupe **Boit 4** le plus faible (0%) de même concernant la production laitière (**Boit 4** médiane = 8 300 kg/lactation et **Boit 3** = 9000 kg/lactation). Alors que l'INEL du groupe **Boit 3** est plus faible que celui du groupe **Boit 4**. Ainsi, la différence de production laitière ne s'explique pas par la sélection génétique.

- *Gestion des veaux*

Une ACM a été réalisée afin de regrouper les élevages selon leur gestion des veaux au sein de l'élevage (Figure 32). Pour ce qui est du lait donné au veau, pour les élevages réalisant un mélange de lait en poudre et de lait entier, le lait retenu pour l'analyse est celui majoritaire dans le mélange. Il n'a pas été possible de garder les deux afin d'éviter d'avoir un trop faible effectif pour ces modalités de réponse et ainsi améliorer la pertinence de l'ACM.

Figure 32 : Pratiques de gestion des veaux.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 10.



On distingue 3 groupes (Figure 32) :

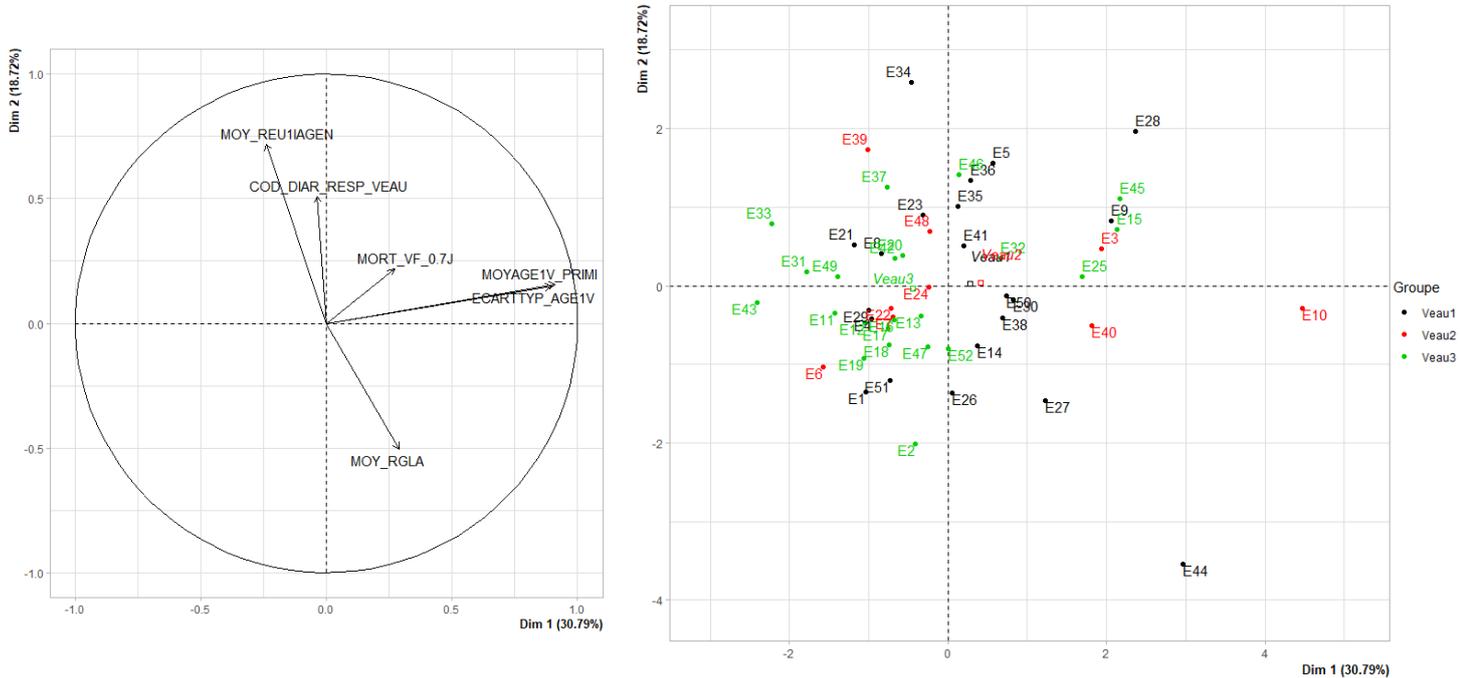
- **Veau 1** (n=21) : la majorité des élevages ne réalisent pas de désinfection de l'ombilic à la naissance et ne vaccinent pas les veaux.
- **Veau 2** (n=9) : la majorité des élevages réalisent la désinfection de l'ombilic à la naissance et vaccinent les veaux surtout pour les affections digestives. La désinfection de l'ombilic se fait par l'application d'un produit en spray.
- **Veau 3** (n=22) : tous les élevages réalisent une désinfection de l'ombilic à la naissance et la majorité à l'aide d'une solution de trempage. La majorité des élevages ne vaccinent pas les veaux.

La variable majoritaire a donc été la désinfection de l'ombilic. Les variables concernant le colostrum ont présenté une grande hétérogénéité dans les trois groupes.

Une ACP a été réalisée avec les résultats zootechniques pouvant être influencés par la gestion des veaux dans l'élevage. Les groupes réalisés dans l'étape précédente ont été intégrés dans l'ACP en tant que variable illustrative afin de voir si leur résultats zootechniques sont proches ou non (Figure 33).

Figure 33 : Résultats zootechniques en fonction des pratiques de la gestion des veaux dans les 52 élevages du projet RUMIGEN. Les groupes de conduite ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



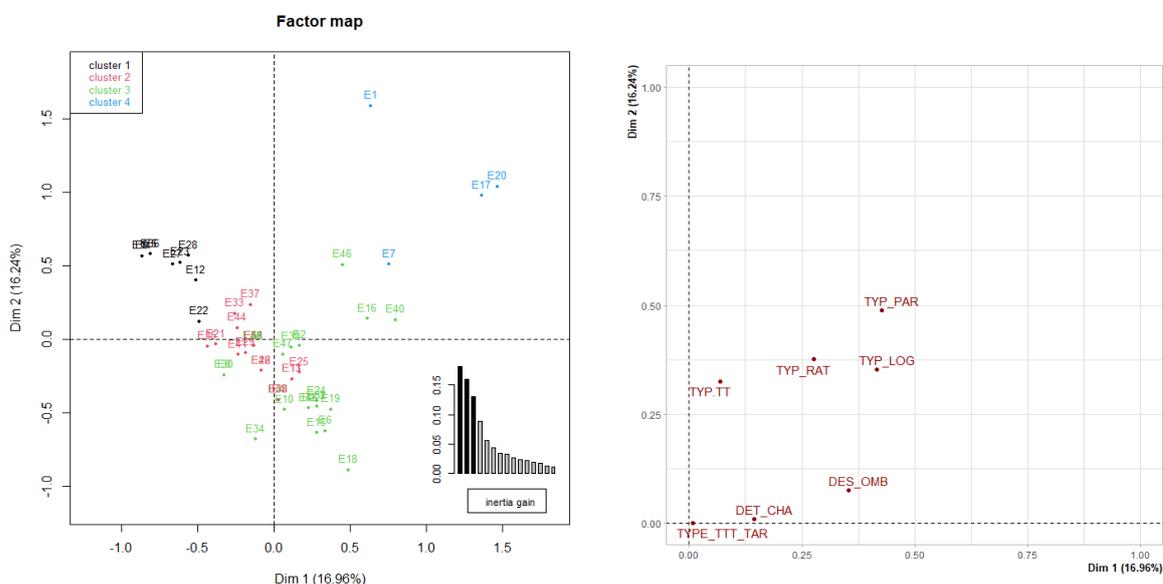
Les élevages du groupe **Veau1** et **Veau3** sont plus présents à gauche du graphique. Cela indique que certains élevages de ces groupes ont des problèmes de diarrhée et respiratoire chez les veaux. Le groupe **Veau2** est quant à lui très central et réparti sur tous les axes (Figure 33).

d. En synthèse : la typologie d'élevage

A l'aide de toutes les ACM réalisées dans la première phase de l'étude (étapes 2 et 3), les variables majoritaires de chaque domaine de conduite ont été regroupées afin de créer des typologies d'élevage prenant en compte la conduite d'élevage dans sa globalité (Figure 34). Ainsi, les variables retenues ont été : le type de logement, le type de traite, le type de traitement au tarissement, le type de ration, le type de parage, la désinfection de l'ombilic et enfin la manière de détecter les chaleurs.

Figure 34 : Dispersion des élevages en fonction des principales variables de chacun des domaines de la conduite d'élevage (logement, traite, tarissement, alimentation, reproduction, gestion podale et gestion des veaux).

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans les Tableaux 3, 4, 5, 6, 7 et 9.



Trois dimensions permettent de distinguer 4 groupes, les dimensions 1 et 2 sont représentées dans la Figure 34. Les graphes représentant la troisième dimension sont en Annexe 16.

Les 4 types identifiés ont été synthétisés dans le Tableau 15 afin de mieux voir les modalités de réponse majoritairement représentées dans chacun des groupes (Figure 34).

Tableau 15 : Variables et modalités de réponse majoritaires pour chacune des typologies d'élevage identifiées dans le projet RUMIGEN.

Typologie	DES_OMB	TYP_TT	TYP_LOG	TYPE_TTT_TAR	TYP_RAT	TYP_PAR	DET_CHA
Typo 1 (n=11)	Non	M (9) / R (2)	Log	Sél/Syst	Complète	Cur	V
Typo 2 (n=18)	Oui/Non	M	Log	Sél / Syst	Indiv	Prév et Cur	Divers
Typo 3 (n=18)	Oui	M (10) / R (14)	Log	Syst	Indiv	Cur	Divers
Typo 4 (n=5)	Oui	M	AP	Sél / Syst	Indiv	Aucun	Mon ou MonV

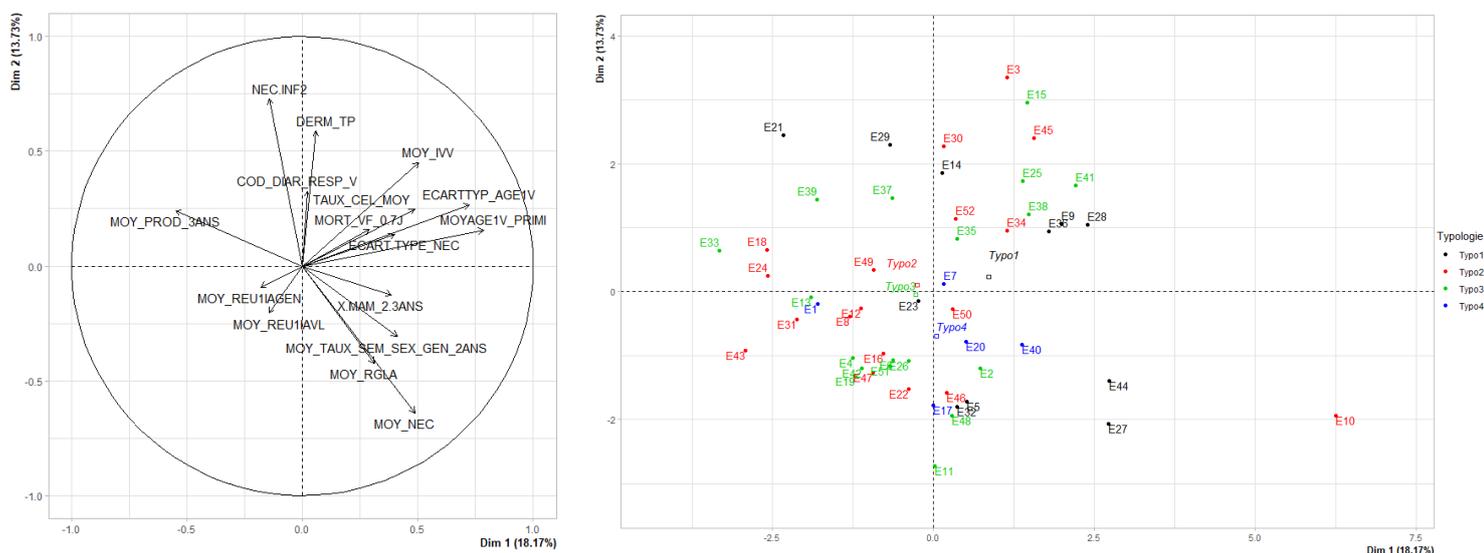
Le type de traitement au tarissement (**TYP_TTT_TAR**) est très hétérogène au sein des groupes et ne permet alors pas à lui seul de différencier les 4 groupes formés (Tableau 15). Le **Typo 1** correspond à une conduite d'élevage plus simple c'est-à-dire avec des pratiques moins modernes (machine à traire majoritairement, ration complète, parage curatif uniquement, détection des chaleurs de manière visuelle et pas de désinfection de l'ombilic chez les veaux), malgré la présence de

stabulations en logettes. La **Typo 4** se distingue par le logement en aire paillée, et l'absence de parage. Les deux autres typologies (**Typo 2** et **Typo 3**) sont des pratiques intermédiaires.

Une ACP est réalisée avec les résultats zootechniques globaux afin de voir si les 4 typologies d'élevage créées présentent des résultats zootechniques différents (Figure 35).

Figure 35 : Résultats zootechniques globaux. Les typologies ont été intégrés en tant que variables illustratives.

Les noms des variables sur le graphique correspondent aux noms présentés dans le Tableau 11.



Les élevages de la typologie 4 (**Typo4**) sont plutôt en bas du graphique. Les typologies **Typo2** et **Typo3** sont plutôt en position centrale et ne se distinguent pas (Figure 35). Les élevages de la **Typo 1**, plutôt à droite sur le graphique. Dans ces élevages, l'âge au premier vêlage est plutôt tardif (27 mois) et la production laitière très hétérogène à tendance basse (médiane de 8 500kg/lactation) (Annexe 17). Les index génétiques mais aussi le mode plus traditionnel de conduite, avec notamment une alimentation en ration complète, pourraient contribuer à expliquer cela. Pour ce qui est de la **Typo 4**, elle se démarque par la presque absence de dermatite au sein du groupe (1 seul élevage à 5%), une production laitière moyenne et très homogène au sein du groupe (environ 8 500 kg/lactation de médiane) et une meilleure réussite à l'IA des vaches laitières que les 3 autres groupes (44%) (Annexe 17). Cette meilleure réussite à l'IA pourrait s'expliquer par une meilleure technique de détection des chaleurs (visuel + monitoring) et par la présence d'aire paillée couplée à la presque absence de boiterie (qui favorisent l'expression des chaleurs).

Toutes les typologies sont proches en termes d'INEL. Cependant, la **Typo 1** semble avoir un ISU plus faible que les autres (inférieur à 120 points) (Annexe 17). Ce qui est cohérent puisque la **Typo 1** est celle ayant une pratique plus simple et donc potentiellement moins sélective.

Les typologies ont été indiquées sur la carte utilisée pour la réalisation des prélèvements afin de voir la répartition géographique de celles-ci (Figure 36).

Figure 36 : Carte représentant les typologies selon la localisation des élevages.



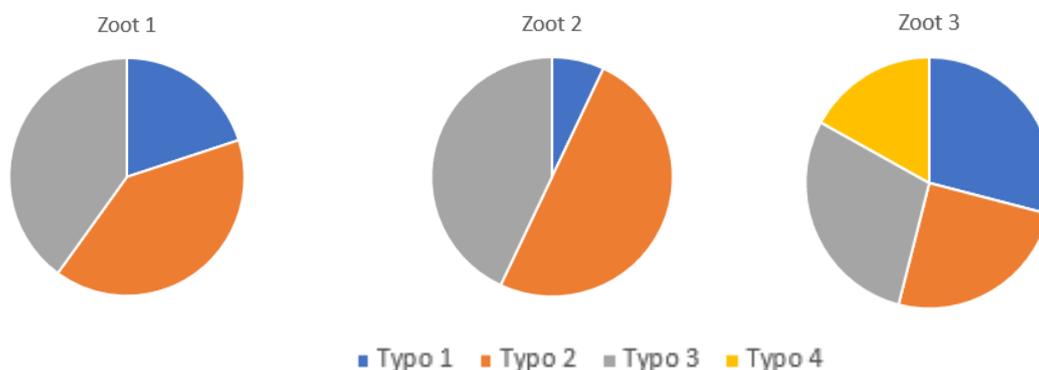
Légende :

- ⊗ Elevage non prélevés ✓ Elevage de la typologie 2 ✓ Elevage de la typologie 4
- ✓ Elevage de la typologie 1 ✓ Elevage de la typologie 3

On remarque que dans le nord du Finistère, il y a une majorité d'élevages de **typologie 2**. La **typologie 3** est plus présente en Côte d'Armor et sur la côte ouest du Finistère. Enfin, les typologie **1** et **4** sont réparties dans toute la Bretagne. Ainsi, dans ces deux typologies, la pratique d'élevage ne semble pas avoir été influencée par la localisation de l'élevage (Figure 36).

Il est maintenant possible de déterminer la représentativité de ces différentes typologies de conduite au sein des groupes obtenus à l'aide des résultats zootechniques globaux (zoot1, zoot2 et zoot3, Figure 18) (Figure 37).

Figure 37 : Part des différentes typologies d'élevage au sein des groupes réalisés en fonction des résultats zootechniques globaux.



Les types 2 et 3 sont présentes de façon majoritaire dans les 3 groupes (Zoot 1, Zoot 2 et Zoot 3). Les différences entre ces 2 typologies n'expliquent donc pas la majorité des différences en termes de résultats zootechniques.

Le groupe Zoot 3 est assez hétérogène et comprend les quatre typologies (à parts quasi égales). C'est notamment le seul groupe qui inclut la typo 4, ce qui explique sans doute le faible pourcentage de dermatites et les résultats en matière de réussite à l'IA, plutôt meilleurs que pour les autres groupes (Zoot 1 et Zoot 2). Par ailleurs, environ 20% des élevages de ce groupe correspondent à la typo1, ce qui contribue à la faible production et l'âge au 1^{er} vêlage légèrement tardif dans ce groupe.

Les groupes 1 et 2 se distinguent par une représentation plus ou moins importante de la typo1, respectivement. La typo 1 ayant une production laitière plus faible et très hétérogène, sa faible représentation dans Zoot 2 est en cohérence avec la production laitière plus élevée de ce groupe (Figure 37).

Ainsi, aucune typologie ne présente des résultats zootechniques suffisamment différents pour représenter à elle seule un groupe de résultats zootechniques (aucun groupe Zoot n'est composé d'élevages issus d'une seule typologie). Cependant, l'importance des typologies à l'intérieur des différents groupes permet d'expliquer les tendances de leurs principaux résultats zootechniques. Par ailleurs, cette étude a permis de montrer que les deux typologies les plus distinctes et permettant le plus d'expliquer les différents résultats zootechniques observés dans cet échantillon d'élevages ont été les typologies 1 et 4. Ce résultat est cohérent puisque les typologies 2 et 3 sont hétérogènes et intermédiaires contrairement aux les typologies 1 et 4 qui ont des conduites mieux définies.

4. Discussion

L'objectif de cette étude a été de regrouper les élevages en fonction tout d'abord de leurs résultats zootechniques globaux, puis de leur conduite d'élevage concernant la traite, le logement, l'alimentation, la reproduction, le tarissement, la gestion podale et la gestion des veaux et de voir les effets des différentes conduites sur les résultats zootechniques correspondants. Enfin, pour répondre à l'objectif de l'étude, des typologies d'élevage ont été créées en regroupant les variables sélectionnées dans les étapes initiales de l'analyse (soit celles ayant le plus de poids dans chaque domaine de la conduite). Ces typologies ont été comparées en fonction des résultats zootechniques des élevages. Ces résultats sont importants pour le projet RUMIGEN qui étudie l'effet de l'environnement sur l'épigénétique des animaux.

A. Choix de l'étude

La sélection des élevages a été réalisée à l'aide du réseau Synetics puis des éleveurs acceptant de participer au projet. Le projet concerne uniquement la race Prim'Holstein ; ce choix provient du fait que les études sur l'épigénétique doivent s'appuyer sur un dispositif expérimental conséquent et le plus homogène possible sur le plan génétique. Ainsi, 52 élevages ont été intégrés dans l'étude. Ils sont tous localisés en Bretagne et font partie du réseau Génosanté. Ce réseau induit le fait que les éleveurs s'intéressent à la génétique et participent à son évolution afin de la faire correspondre au mieux à leurs besoins. Ainsi, ce sont des élevages ayant des résultats techniques plutôt bons.

Les animaux inclus dans l'étude ont été choisis grâce à leur parenté. Toutes les vaches sont descendantes de mâles pour lesquels la semence est disponible pour l'analyse de l'épigénome dans le projet RUMIGEN. Les analyses individuelles seront à réaliser dans la suite du projet RUMIGEN, en lien avec les données épigénétiques.

L'objectif étant de récolter le plus d'informations possible concernant la conduite d'élevage et les résultats zootechniques, la majorité des élevages choisis étaient au contrôle laitier (3 n'y étaient plus

au moment de l'enquête) et un questionnaire a été élaboré et appliqué à l'ensemble des 52 élevages participants. Le questionnaire est très complet afin d'avoir le plus d'informations permettant de différencier ou d'associer les élevages entre eux dans le but de créer des associations d'élevages qui se ressemblent (typologies) en matière de conduite d'élevage.

Certaines informations récoltées n'ont pas été utilisées dans l'étude. Cependant, certaines peuvent être améliorées afin de pouvoir éventuellement être prises en compte dans des prochaines études :

- La surface fourragère (avec la part de maïs) n'a pas été prise en compte dans cette étude. Cette donnée étant moins pertinente que le temps de pâturage par exemple, elle peut être retirée.
- Le détail de la ration n'a pas été pris en compte (vaches laitières et vaches taries). Cette donnée reste très intéressante afin de mieux comprendre les différences de performances des différents élevages. Cependant, il faudra que la ration soit assez détaillée pour pouvoir être interprétée (détail des différents aliments utilisés (teneur en protéine, taux de matière sèche, ...) ainsi que la quantité distribuée de chaque composant).
- La question concernant les boiteries dans le questionnaire devra être plus précise afin de pouvoir être prise en compte. Il pourra être demandé le pourcentage de boiterie dans le troupeau (prenant en compte toutes les affections) puis préciser pour chaque affection le pourcentage dans la troupeau (même si cela est approximatif selon l'éleveur). L'absence de pourcentage ne permet pas de prendre en compte l'affection. Afin d'être encore plus précis, il pourrait être demandé une copie du dernier rapport de parage pour les élevages en possédant un afin de pouvoir calculer plus précisément la prévalence de chaque affection au sein du troupeau.
- L'objectif de l'éleveur pour l'âge au premier vêlage et l'écart entre l'objectif et la réalité n'a pas été utilisé. Ces deux variables apportent peu d'informations supplémentaires dans le cadre de cette étude. L'âge au premier vêlage du troupeau est suffisant.
- Les évolutions (deltas) des résultats zootechniques (% de mammites cliniques, % de mortalité chez les veaux femelles entre 0 et 7 jours, production laitière, rang de lactation moyen, ...) ont été adaptées à cette étude afin de différencier au mieux les élevages de cette étude. Il n'existe pas de recommandation officielle sur ces paramètres (en tant que delta au niveau du troupeau). Il pourra alors être nécessaire de les adapter pour des études ultérieures afin de mieux adapter le seuil de séparation de la population en deux moitiés aux différentes populations étudiées.
- L'objectif de reproduction de l'éleveur (sélection des taureaux) n'a pas été pris en compte car il était plus pertinent de prendre en compte l'ISU et l'INEL pour comparer les élevages en fonction des vaches en lactations. Il n'est donc pas indispensable pour la suite de l'étude.
- Les résultats individuels par vache n'ont pas été pris en compte dans l'étude car ce n'était pas l'objectif de cette thèse. Mais elles seront utilisées dans la prochaine étape de l'étude au sein du projet RUMIGEN avec les analyses d'épigénotypage.

B. Analyse des principaux résultats

Dans un premier temps, concernant les résultats zootechniques des élevages, il a été mis en évidence que la réussite à l'IA des vaches était inversement corrélée à la prévalence de dermatite

dans l'élevage. Cela signifie que lors de la présence de dermatite digitée dans un troupeau de vaches laitières, la réussite à l'IA est moins bonne. Ce résultat est cohérent dans le sens où la douleur podale induite par la dermatite pourrait être limitante pour l'expression des chaleurs. Le comportement de chevauchement pourrait être diminué puisqu'elles ont du mal à se mettre en appui sur leurs pattes arrière. De plus, les vaches peuvent moins se déplacer lorsqu'elles ont mal aux pieds, ce qui fait que même avec un monitoring comme détecteur de chaleurs, en présence de dermatite digitée celui-ci les détectera moins bien. Ainsi, peu importe la technique de détection des chaleurs, en présence de dermatite digitée celle-ci est moins bonne. Enfin, le cycle ovarien est affecté par la douleur (présence de kyste sur les ovaires) provoquée par la boiterie induisant une baisse de la fertilité (Melendez *et al.*, 2003). Donc la présence de dermatite digitée au sein d'un troupeau laitier peut avoir un impact sur la fertilité des vaches.

La production laitière et la matière utile sur 305 jours ont été fortement corrélées dans cette étude. Cela est pertinent aussi puisque, au sein d'une même race, plus la production d'une vache est élevée plus de matière utile peut être produite. De plus, selon Hoden et Coulon (1991) la génétique et surtout une alimentation adaptée permettent de maintenir la production de matière utile dans le lait même chez les vaches les plus hautes productrices. En revanche, ces deux variables sont inversement corrélées au rang moyen de lactation et à la NEC moyenne de l'élevage. Cela indique que plus le rang moyen de lactation de l'élevage est élevé plus la production de l'élevage est faible de même pour la NEC. Or, d'après l'étude de Coulon et al (1989), une vache atteint son maximum de production en 3^{ème} lactation. Dans notre étude, le rang moyen de lactation s'étend de 2 à 3,1 lactation. Ainsi, les élevages avec un rang moyen de lactation de 3 devraient avoir une production laitière plus élevée que les élevages avec un rang moyen de lactation de 2. Ce résultat reste inexplicable à ce stade.

Les élevages avec un âge au premier vêlage autour de 25 mois ont présenté une production laitière moyenne plus élevée (+ 500 kg/lactation) que les élevages avec un âge au premier vêlage supérieur à 26 mois. L'étude de Corre (2019) avait montré que la production laitière lors de la première lactation sera moins élevée pour des vaches laitières vêlant à 24 mois que celle vêlant à 30 mois. Cependant, cet écart va être comblé lors des lactations suivantes. Dans notre étude, il n'y a pas eu de séparation entre la production laitière des primipares et des autres vaches de l'élevage. Ainsi, il n'est pas possible de vérifier si le niveau de production des primipares ayant un vêlage précoce était inférieur, ni si elles ont pu rattraper ce retard pendant leur carrière. Mais les résultats de notre étude suggèrent que ces élevages pourraient être légèrement plus intensifs que les autres (âge au premier vêlage précoce, production laitière plus élevée et INEL légèrement plus élevé (+2 points pour la médiane)) (Annexe 6).

Dans un second temps, les analyses réalisées à l'aide des données concernant les conduites d'élevage ont permis de mettre en avant plusieurs corrélations ayant induit l'élimination de certaines variables.

Concernant le logement, l'analyse a mis en évidence que dans les élevages où les vaches laitières étaient logées sur une aire paillée celles-ci n'étaient que peu ou pas atteintes par la dermatite digitée contrairement à celles se trouvant dans un bâtiment avec des logettes. Ainsi, ce résultat est cohérent puisqu'il a déjà été montré que les logettes représentent un facteur de risque pour la dermatite digitée (Palmer et O'Connell, 2015). Cela proviendrait du fait notamment que les vaches vont plus souvent marcher dans les couloirs et avoir les pieds humides surtout si la fréquence de raclage n'est pas suffisante.

Dans notre étude, les logettes étaient très souvent utilisées pour des troupeaux de grande taille et ces troupeaux étaient aussi les plus producteurs. Cette observation n'est peut-être pas liée à un effet des logettes sur la production mais pourrait refléter le contexte de ces élevages (le paillage dans les élevages de grande taille pouvant être chronophage et coûteux, le passage à une stabulation avec logettes pourrait permettre à ces éleveurs de mieux maîtriser le temps de travail et les charges liées au paillage). Cependant, cet aspect n'a pas été exploré dans l'enquête.

L'alimentation est un point clé pour un élevage de vaches laitières puisqu'elle contribue au bon fonctionnement digestif et métabolique des vaches. Dans l'étude, les élevages qui utilisent la technique en libre-service ont eu des résultats de production moins bons que les autres. Cela pourrait s'expliquer par un troupeau avec un INEL plus faible que les autres. D'après l'Annexe 9, Alim 5 qui comprend 2 élevages (élevage en libre-service) a un élevage avec un INEL élevé (18) et l'autre beaucoup plus faible (0,6). Cela se reflète sur la production : la moyenne de production de l'élevage avec un bon INEL est de 8000 kg/lactation environ alors que la production de l'élevage avec un INEL inférieur est de 6500 kg/lactation. Ainsi, la production dans ce cas ne dépend pas forcément du type de distribution mais bien de la génétique du troupeau.

La technique d'alimentation, analysée dans l'étude, n'est pas suffisante pour évaluer l'impact de l'alimentation sur les résultats zootechniques. En effet, l'alimentation est basée sur les constituants de la ration et le plus important est d'avoir une ration équilibrée et en quantité suffisante pour les vaches. Or, le détail de l'alimentation n'a pas été analysé, cela peut expliquer que nous n'observons pas de différences majeures entre les différents groupes d'alimentation concernant les résultats zootechniques.

La traite automatisée (élevages équipés d'un robot de traite) a été liée à une production laitière plus importante que la traite utilisant une machine à traire. D'après Svennersten-Sjaunja et Pettersson (2008), en système de traite automatisée, la fréquence de traite est souvent plus élevée et donc la mamelle des vaches pourrait être plus stimulée pour la production de lait. Une deuxième hypothèse serait un niveau génétique supérieur pour les animaux de ces élevages. Or d'après l'Annexe 10, l'INEL des deux groupes est similaire. Ainsi, le niveau génétique n'est pas la raison pour laquelle les élevages de cette étude ont eu une production laitière plus élevée en traite automatisée.

Aussi, dans notre étude, le fait de ne pas réaliser de post-trempe à la fin de la traite a résulté en une augmentation du taux cellulaire moyen des troupeaux comparé aux élevages faisant le post-trempe. Cela a été indépendant du type de traite. Ainsi, ces résultats suggèrent que le post-trempe a permis de réduire l'introduction de bactéries dans la mamelle à la suite de la traite. En effet, d'après Wesen et Schultz (1970) le post-trempe réduit les risques d'apparition de mammites. Il est en revanche important de bien choisir le type de produit afin de limiter les risques de lésions des trayons.

La traite automatisée n'est pas incompatible avec le fait de faire pâturer les vaches laitières même si on observe un impact de celui-ci sur les résultats zootechniques. D'après notre étude, les élevages en robot de traite et faisant pâturer les VL plus de 9 mois par an ont eu une production laitière légèrement inférieure avec une variabilité plus importante et une fréquentation au robot plus variable aussi (Figure 25). Cependant, les élevages faisant pâturer les VL entre 4 et 8 mois (entre 30 et 60% de l'année) ont eu une production laitière plus élevée (+ 600 kg/lactation) que les élevages ne réalisant pas ou peu de pâturage (< 4mois). D'après l'étude de Caillaud et Brocard (2015) la production laitière est équivalente pour les élevages en robot de traite sans pâturage et ceux avec

35% de pâturage dans l'année à condition que le robot ne soit pas saturé. Or d'après notre étude le fait de faire pâturer les vaches 30 à 60% de l'année peut améliorer la production laitière par rapport aux élevages ne réalisant pas de pâturage ou alors beaucoup. Cela pourrait ainsi motiver les élevages à mettre en place le pâturage dans leur élevage en présence d'une traite automatisée.

En termes de reproduction, nous avons pu remarquer que le fait d'inséminer les vaches en fonction des chaleurs revenait au même que d'avoir comme objectif un veau par vache et par an (IVV entre 385 et 389j et 44% de réussite à l'IA pour les deux pratiques). En effet, selon Bosio (2006) pour produire un veau par vache et par an, il est nécessaire d'inséminer les vaches entre 42 et 83 jours post-partum, c'est-à-dire, lors des premières chaleurs suivant l'involution utérine. Ainsi, dans cette étude, les éleveurs inséminant en fonction des chaleurs devaient bien détecter et inséminer sur cette période. Les élevages réalisant l'IA en fonction de la production ont présenté un IVV plus long (environ 400j). Cet IVV plus long pourrait s'expliquer par une production plus élevée qui induirait alors des troubles de la reproduction et ne serait alors pas lié à l'objectif de l'éleveur. Il pourrait aussi être le fruit de la stratégie de l'éleveur d'obtenir une lactation plus longue avec des vaches plus hautes productrices. Mais dans notre étude, la production laitière des élevages réalisant l'IA en fonction de la production a été similaire aux autres élevages. Ainsi, cet IVV plus long chez les élevages réalisant l'IA en fonction de la production pourrait être subi plutôt qu'un choix stratégique.

Les élevages réalisant la détection des chaleurs de manière visuelle et ceux utilisant un appareil de monitoring ont présenté une réussite à l'IA assez proche. Afin d'obtenir une bonne détection visuelle des chaleurs, il est préconisé de réaliser trois temps d'observation d'une demi-heure par jour en dehors de toute activité (alimentation, traite,...) (Bosio, 2006). Or dans notre étude, la plupart des éleveurs qui détectaient les chaleurs de manière visuelle le faisaient souvent en même temps qu'une autre activité. Ils observaient souvent l'expression des chaleurs chez les vaches le matin avant la traite au moment de les regrouper dans l'aire d'attente et de même le soir. Lorsqu'un appareil de monitoring est utilisé, il est recommandé de renforcer sa détection par une vérification visuelle. Ainsi, la détection des chaleurs de manière visuelle peut être aussi efficace que l'utilisation d'un appareil de monitoring si celle-ci est bien faite.

La gestion podale est d'une importance cruciale dans les élevages atteints de boiteries, et notamment de dermatite digitée. Ainsi, dans notre étude les élevages ayant le plus de dermatite digitée sont ceux où les éleveurs se formaient pour réaliser le parage eux-mêmes de manière à pouvoir le faire plus fréquemment. Cela leur permet ainsi de traiter plus régulièrement le troupeau et de mieux traiter les vaches boiteuses en plus de la mise en place de solutions pour combattre cette affection. En effet, Palmer et O'Connell (2015) ont mis en évidence que la réalisation d'un parage régulier permet une détection et un traitement précoce des lésions optimisant ainsi les chances de guérison. De plus, le parage permettrait dans certains cas d'éviter que les talons ne soient en contact avec les déjections limitant ainsi les conditions favorables au développement des bactéries de la dermatite digitée (humidité, anaérobiose). Relun (2011) a montré que le parage à une fréquence bi-annuelle permet de diminuer la prévalence de la dermatite digitée. L'auteur l'a expliqué par le fait que les lésions étaient détectées plus précocement. Cependant, il ne faut pas avoir une fréquence de parage trop importante au risque d'avoir un effet néfaste sur le pied et les aplombs (Relun, 2011). Enfin, le fait que le parage soit réalisé par l'éleveur permet d'avoir un matériel propre à l'élevage et ainsi éviter d'introduire des affections d'autres élevages.

Dans notre étude, la dermatite digitée était plus présente dans les élevages avec une taille de troupeau élevée (en moyenne 100 VL) et une production laitière élevée (9000 kg/lactation).

Concernant ce critère pour la dermatite digitée les avis divergent. Dans l'étude de Relun (2011), la taille du troupeau n'a pas eu d'effet sur la prévalence de la dermatite au sein d'un troupeau alors que d'autres études ont montré un effet, avec le plus souvent un risque qui augmente avec la taille des troupeaux (plus de 100-125 vaches) (Bruggink, 2011). Le fait qu'il n'y ait pas de consensus peut venir du fait que la dermatite digitée a de nombreux facteurs de risque et que la taille de l'élevage peut être confondue avec d'autres facteurs (par exemple, l'humidité, le confort de couchage, le nombre de logettes par vache, etc...).

La gestion des veaux a un impact surtout aux affections du jeune tel que les affections digestives (entérite néonatale et entérotoxémie) et les affections respiratoires. D'après notre étude, les élevages qui réalisaient une vaccination des veaux contre ces affections ont moins de problème en lien avec ces affections chez les veaux de leur élevage. Ainsi, la vaccination peut permettre de diminuer la prévalence de ces affections chez les veaux.

Des typologies d'élevage ont été créées à l'aide des réponses aux questionnaires. Elles sont basées sur 7 variables de conduites et non sur toutes les variables. Cela est notamment lié au fait qu'il n'y avait pas suffisamment d'élevages pour pouvoir analyser toutes les variables en même temps. Ainsi, le choix a été fait de prendre uniquement la variable la plus discriminante dans chaque catégorie (logement, alimentation, traite, tarissement, reproduction, gestion podale et gestion des veaux). Malgré le caractère non exhaustif de cette typologie, il n'existe pas, à notre connaissance, une autre étude ayant mis en relation l'ensemble de la conduite avec les résultats zootechniques des élevages.

Les typologies se distinguent par leurs pratiques. La typologie 1 a une conduite d'élevage simple avec des pratiques plutôt anciennes (machine à traire, détection des chaleurs de manière visuelle, pas de désinfection de l'ombilic, parage uniquement curatif). La typologie 4 se démarque par le type de logement (aire paillée) ainsi que par l'absence de parage. Cependant, l'absence de parage est pertinente puisque d'après les résultats zootechniques, ce type d'élevage ne présente pas de problème de dermatite digitée. De plus, ce type d'élevage est celui ayant la meilleure réussite à la 1^{ère} IA des VL. Cela peut s'expliquer par le fait que les vaches logées en aire paillée vont mieux exprimer le comportement de chevauchement puisque le sol glisse moins et il y a plus d'espace que dans un couloir d'exercice. Mais aussi par le fait que les vaches ne sont pas atteintes par la dermatite digitée. Pour ce qui est des typologies 2 et 3 (Tableau 15), leur conduite d'élevage est intermédiaire avec des résultats zootechniques semblables.

C. Limites de l'étude

Tout d'abord, le nombre d'élevages, la localisation et le fait qu'ils fassent tous partie du réseau Génosanté induit une limite à l'étude. L'échantillon étudié ne comprend pas toute la diversité des élevages de France et se restreint aux pratiques d'élevage présentes en Bretagne, une zone spécialisée dans la production laitière. Le fait d'avoir peu d'élevages a induit des limites pour analyser en finesse l'ensemble de la diversité des pratiques et des difficultés pour interpréter les analyses statistiques avec notamment, parfois, peu d'individus par groupe.

Le questionnaire étant basé sur des observations de l'éleveur et non des mesures ou des observations réalisées toujours par la même personne induit une autre limite à notre étude. En effet, tous les éleveurs n'ont pas forcément la même lecture de leur troupeau, notamment en termes de pourcentage de dermatite présent au sein de leur troupeau par exemple. Ainsi, plusieurs données sont basées sur des dires d'éleveurs (fréquence moyenne en traite automatisée, % de dermatite, % de mammite clinique, problème digestif ou respiratoire chez les veaux) et ne sont donc pas des

données issues d'annotations exactes. Cependant, les résultats de l'étude suivent une logique proche de la théorie suggérant que les éleveurs avaient plutôt une bonne connaissance de leur troupeau et ont été sincères dans leurs réponses.

Lors des prélèvements, la notation de la NEC était réalisée par différentes personnes, et malgré le fait qu'elle est basée sur la même grille pour toutes ces personnes, il est possible d'avoir une légère variation entre évaluateurs. De plus, les vaches étaient prises au cornadis pour les prélèvements, limitant l'accès au profil droit de l'animal pour pouvoir bien observer les reliefs.

D. Pistes de recherche complémentaires

Cette étude nécessite d'être complétée car elle a pour but de créer des typologies d'élevages reflétant au mieux les différentes pratiques d'élevages présentes en France. Or, le faible nombre d'élevages, leur concentration en Bretagne, leur participation et au projet Géosanté réduit la diversité des systèmes possibles. Ainsi, d'autres élevages ont pu être trouvés dans toute la France, ce qui permettra d'inclure une plus grande diversité de pratiques avec notamment des élevages en agriculture biologique dans la suite du projet.

Le projet RUMIGEN se poursuit et la prochaine étape sera de réaliser les analyses épigénétiques des animaux collectés pendant cette thèse et de les confronter aux typologies d'élevages identifiées dans cette thèse. Cela permettra de voir si les conduites d'élevage mises en évidence dans cette étude ont un impact sur l'épigénome des vaches laitières. Ce qui signifierait que l'environnement des vaches marque une empreinte sur leur génome.

Conclusion

De nos jours, les pratiques d'élevage sont de plus en plus diverses avec l'apparition des nouvelles technologies. Chaque éleveur a sa propre manière de conduire son élevage. Cette pratique va dépendre de la durée d'existence de l'élevage (transmission de génération en génération des pratiques), des études que les nouveaux éleveurs réalisent leur permettant d'avoir une ouverture sur de nouvelles pratiques et enfin des relations entre éleveurs qui permettent un échange des connaissances et des expériences.

Ainsi, cette étude a permis de mettre en lumière la multitude de pratiques d'élevages mise en œuvre en Bretagne dans des élevages de vaches laitières de race Prim'Hosstein.

Notre étude suggère que les éleveurs ont une bonne vision de leur élevage et des problèmes présents. En effet, bien que l'étude soit basée sur des dires d'éleveurs et leur vision sur leur élevage les résultats obtenus étaient cohérents dans l'ensemble quand on les a confrontés aux résultats zootechniques des élevages.

Cette étude a permis de : 1) générer un questionnaire standardisé, des variables et de modalités de réponses standardisées pour l'étude de l'effet de la conduite sur les animaux ; 2) créer des typologies des élevages situés en Bretagne et sélectionnés pour le projet RUMIGEN. Ces développements permettront par la suite aux partenaires de RUMIGEN d'interpréter les résultats épigénétiques des bovins de ces élevages en fonction de leurs pratiques mises en œuvre. De plus, la méthode développée dans cette thèse pourra être utilisée dans les étapes suivantes du projet RUMIGEN et dans d'autres projets sur l'épigénétique. Ainsi, les typologies seront sûrement amenées à évoluer avec l'ajout de nouveaux élevages représentant une plus large diversité des élevages français.

À la suite de cette première étude, on a pu mettre en évidence plusieurs points concernant les différentes pratiques d'élevage :

- La dermatite digitée a eu un impact sur la reproduction des troupeaux en diminuant la réussite à la 1^{ère} IA. Pour la maîtriser, les éleveurs se mettent à parer les vaches eux-mêmes afin de pouvoir les parer plus souvent et de limiter l'introduction d'affections via le matériel du pareur (mesure de biosécurité interne à l'élevage). Le logement a aussi eu une incidence sur cette affection, les élevages en stabulation avec logettes ayant été les plus atteints par la dermatite.
- Dans cet échantillon, les bâtiments en logettes étaient majoritaires. Ils étaient liés à des troupeaux de plus grande taille et à une production laitière plus importante.
- L'analyse permise par les données de l'alimentation n'a pas mis en évidence de lien entre la pratique et les résultats zootechnique peut-être du fait de l'absence de prise en compte de la composition de la ration.
- Les élevages en robot de traite ont présentés une production laitière plus importante due, probablement, à une fréquence de traite plus élevée.
- Le post-trempage (par trempage du trayon dans la solution antiseptique) a permis de mieux maîtriser le comptage cellulaire dans les élevages qui l'ont mis en place comparés aux

élevages pratiquant le post-trempage sous forme de spray et ceux ne pratiquant pas de post trempage.

- La vaccination des veaux a permis de limiter les affections digestives et respiratoires.

Parmi les typologies d'élevage identifiées au sein de cet échantillon, les typologies 1 et 4 sont celles permettant le plus d'expliquer un certain nombre de résultats zootechniques. Ce résultat suggère que ces deux typologies mettent en avant des pratiques pouvant avoir une influence plus ou moins forte sur les résultats zootechniques.

Ainsi, cette étude représente le premier pas pratique de ce volet du projet RUMIGEN portant sur la mise en relation des marques d'épigénétique et des conduites d'élevages. Elle participera à l'analyse des résultats des données d'épigénotypage des vaches laitières ayant été prélevées.

Liste des références bibliographiques

- ABERIDE, M. (2015) Les pratiques au tarissement des vaches laitières : enquête semi-directive parmi 54 éleveurs de l'Ouest de la France sur la gestion de santé de la mamelle et l'antibiothérapie. Thèse vétérinaire. Nantes, Oniris.
- ADJOU, K., BELBIS, G., MILLEMANN, Y., *et al.* (2019) Gestion de la santé des ruminants - Partie 2 « médecine externe ». UC 322. Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort
- AMSTEL, S.R. van, SHEARER, J.K., PALIN, F.L. (2004) Moisture Content, Thickness, and Lesions of Sole Horn Associated with Thin Soles in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* vol. 87, n° 3, p. 757-763. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73219-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73219-1)]
- ARNOUX, S., BIDAN, F., DAMMAN, A., *et al.* (2021) To Vaccinate or Not : Impact of Bovine Viral Diarrhoea in French Cow-Calf Herds. *Vaccines* vol. 9, n° 10, p. 1137. [<https://doi.org/10.3390/vaccines9101137>]
- ARZUL, P. (2008) L'allaitement du veau laitier : lait entier ou aliment d'allaitement. *Bulletin des GTV* n° 45, p. 41 à 46.
- AVENIRÉLEVAGE (2020) L'élevage français et sa place dans le monde. *In AvenirElevages*. [<https://www.ressources-elevage.fr/copie-de-chap-113-productions-de-pr>] (consulté le 15/07/2024).
- BARBIER-BOURGEOIS, A. (2016) Notions sur l'alimentation des veaux laitiers. *La Semaine Vétérinaire* n° 102, p. 10-13.
- BEAUJEAN, N., BOUTINAUD, M., DEVINOY, È., *et al.* (2020) L'épigénétique et la construction du phénotype chez le bovin. *INRAE Productions Animales* vol. 33, n° 2. [<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.2.4477>]
- BÉRODIER, M. (2020) Utilisation en ferme des données de génotypage pour une gestion optimisée et durable de l'élevage laitier. Thèse de doctorat. Université Paris-Saclay.
- BESSER, T.E., GAY, C.C., PRITCHETT, L. (1991) Comparison of three methods of feeding colostrum to dairy calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 198, n° 3, p. 419-422.
- BOICHARD, D. (2015) Sélection génomique chez les bovins laitiers: les raisons de son succès. *Le sélectionneur français* n° 66, p. 11-20.
- BOSIO, L. (2006) Relation entre fertilité et évolution de l'état corporel chez la vache laitière : le point sur la bibliographie. Thèse vétérinaire. Lyon, VetAgroSup.
- BOSSÉ, P. (2021) Qualité du lait de tank. UC 423. Diaporama. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- BOUJENANE, I. (2012) Le sexage de la semence : rêve ou réalité. *L'Espace Vétérinaire* vol. 103, p. 6-7.
- BRUGGINK, M. (2011) Facteurs de variation de l'efficacité de traitements collectifs de la dermatite digitée chez la vache laitière. Thèse vétérinaire. Nantes, Oniris.
- BURGERS, E.E.A., KOK, A., GOSELINK, R.M.A., *et al.* (2021) Effects of extended voluntary waiting period from calving until first insemination on body condition, milk yield, and lactation persistency. *Journal of Dairy Science* vol. 104, n° 7, p. 8009-8022. [<https://doi.org/10.3168/jds.2020-19914>]
- BUTTIN, L. (2020) Le traitement sélectif au tarissement de la vache laitière : enjeux, intérêts, état des pratiques à l'étranger et en France. Thèse vétérinaire. Lyon, VetAgroSup.
- CAILLAUD, D., BROCARD, V. (2015) Résultats techniques et économiques de deux échantillons d'élevages français avec ou sans robot de traite. Incidence de la part de pâturage chez ceux équipés d'un robot. *Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants*, n°22, p. 341-344.
- CAILLÉ, A. (2017) Impacts de la réduction de l'intervalle entre les deux traites de la journée sur les performances des vaches laitières. Mémoire de fin d'études. Rennes, Agrocampusouest.

- CAREL (2022) Bien choisir son système de barrières d'auge pour ses vaches laitières. In *Réussir lait*. [<https://www.reussir.fr/lait/bien-choisir-son-systeme-de-barrieres-dauge-pour-ses-vaches-laitieres>] (consulté le 15/07/2024).
- CARRE, D., POLY, J., VISSAC, B. (1958) Étude des méthodes de détermination des performances laitière. *Annales de zootechnie* vol. 7, n° 3, p. 243-280.
- CARTRON, P.-F., PACAUD, R., SALBERT, G. (2015) Méthylation/déméthylation de l'ADN et expression du génome. *Revue Francophone des Laboratoires* vol. 2015, n°473, p. 37-48. [[https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(15\)30158-1](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(15)30158-1)]
- CAZIN, B., NICKS, B., DUFRASNE, I. (2014) Aménagement des logettes et confort des vaches laitières. *INRAE Productions Animales* vol. 27, n° 5, p. 359-368. [<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2014.27.5.3083>]
- CHASTANT, S. (2022) Pistes de prise en charge de la vache infertile. *Le Point Vétérinaire* vol. 53, n° 430, p. 70-75.
- CHAUVAT, M. (2020) Pourquoi changer vos manchons trayeurs? In *Eleveur de demain*. [https://www.eleveursdedemain.fr/index.php?id=347&tx_news_pi1%5Btheme%5D=50&tx_news_pi1%5Bnews%5D=690&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=832ed3d46ed9f543796e718f2c1b42c3] (consulté le 18/06/2024).
- CHERMETTE, R., GUILLOT, J. (2005) Les méthodes de lutte contre la teigne bovine. *Bulletin SNGTV* n° 30, p. 45-53.
- CHIGERWE, M., TYLER, J.W., MIDDLETON, J.R., *et al.* (2008) Comparison of four methods to assess colostral IgG concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association* vol. 233, n° 5, p. 761-766. [<https://doi.org/10.2460/javma.233.5.761>]
- COLLADO, R., MONTBRAU, C., SITJÀ, M., *et al.* (2018) Study of the efficacy of a Streptococcus uberis mastitis vaccine against an experimental intramammary infection with a heterologous strain in dairy cows. *Journal of Dairy Science* vol. 101, n° 11, p. 10290-10302. [<https://doi.org/10.3168/jds.2018-14840>]
- CORBET, V., FEVRIER, C., HUNEAU, T. (2010) Réussir la mise en route de son robot de traite. Paris, Institut de l'élevage.
- CORRE, C. (2019) Étude de l'âge au premier vêlage des vaches laitières en Ille-et-Vilaine à l'échelle de l'animal et des élevages. Mémoire de fin d'études. Agrocampusouest.
- COSTES, V., CHAULOT-TALMON, A., SELLEM, E., *et al.* (2022) Predicting male fertility from the sperm methylome: application to 120 bulls with hundreds of artificial insemination records. *Clinical Epigenetics* vol. 14, n° 1, p. 54. [<https://doi.org/10.1186/s13148-022-01275-x>]
- COULON, J.B., LANDAIS, E., GAREL, J.P. (1989) Alimentation, pathologie, reproduction et productivité de la vache laitière : Interrelations à l'échelle de la lactation et de la carrière. *Productions Animales* vol. 2, n° 3, p. 171-188.
- CUVELIER, C., DUFRASNE, I. (2015) Les livrets de l'agriculture n°22 : L'alimentation de la vache laitière. Liège, Service Public de Wallonie.
- DE PAULA REIS, A. (2023) Logement en élevage laitier. UC 423. Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- DELAFOSSE, A. (2020) Mesures de lutte contre la salmonellose en élevage bovin. *Le Point Vétérinaire expert rural* n° 405, p. 44-49.
- DRÉAU, J.-Y., MANCIAUX, L., VERGONJEANNE, R. (2016) Génosanté, un partenariat pour la sante productive des vaches. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/innoval/article/122860/j-y-dreau-genosante-un-partenariat-pour-la-sante-productive-des-vaches>] (consulté le 23/07/2024).
- DUFLOS, B. (2023) Economie de l'élevage. In *Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/inosys-reseaux-elevage/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F7c01ff94-2532-4261-a0d7-da8a8ed9e678&cHash=a0de9a30d1ff7820c9cf08e211919287] (consulté le 16/08/2024).
- EFSA (2009) Scientific report on the effects of farming systems on dairy cow welfare and disease. *European Food Safety Authority Journal* vol. 7, n° 7, p. 1143. [<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1143r>]

- ENault, C. (2008) La machine à traire : recherches et innovations depuis les années 1980 en vue d'amélioration de la qualité du lait et la santé de la mamelle chez les vaches laitières. Revue bibliographique. Thèse vétérinaire. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- ENVF (2023) Maladies réglementées des ruminants. Polycopié. Paris, *Ecoles Nationales Vétérinaires Françaises*.
- FOURICHON, C., SEEGERS, H., MALHER, X. (2000) Effect of disease on reproduction in the dairy cow: a meta-analysis. *Theriogenology* vol. 53, n° 9, p. 1729-1759. [[https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(00\)00311-3](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(00)00311-3)]
- FROMENT, P. (2007) Note d'état corporel et reproduction chez la vache laitière. Thèse vétérinaire. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- GASSELIN, M., BOUTINAUD, M., NOTEBAERT, L., *et al.* (2017) Signatures épigénétiques associées à l'état physiologique, nutritionnel et pathologique chez la vache laitière en postpartum. Thèse de doctorat. AgroParisTech, Université Paris-Saclay.
- GAUTIE, I., FRÉTIÈRE, K., PAILLETTE, E., *et al.* (2023) Les exploitations bovines laitières en France métropolitaine en 2020. *In Agreste*. [https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/Dos2304/Dossiers2023-4_BovinsLait.pdf] (consulté le 20/07/2024).
- GDS BRETAGNE (2013) Vaccination contre l'entérotoxémie. *In Chambre d'agriculture Bretagne*. [https://opera-connaissances.chambres-agriculture.fr/doc_num.php?explnum_id=172330] (consulté le 20/07/2024).
- GERVAIS, F., MÉNARD, GUATTEO, R. (2018) La qualité des sols de circulation en bâtiment bovins laitiers : quel impact ? Comment l'évaluer et l'améliorer ? *Bulletin des G.T.V* n° 91, p. 25-32.
- GROVER, W., GODDEN, S. (2011) Efficacy of a New Navel Dip to Prevent Umbilical Infection in Dairy Calves. *American Association Bovine Practitioners* vol. 45, p. 70-77. [<https://doi.org/10.21423/aabppro20114034>]
- HÉRAMBERT, P., GUATTEO, R., BOUREL-CONROY, C. (2024) Hygiène de la collecte et de la distribution du colostrum : des piliers souvent négligés. *Bulletin des GTV* n° 114, p. 43-51.
- HODEN, A., COULON, J.B. (1991) Maîtrise de la composition du lait : influence des facteurs nutritionnels sur la qualité et les taux de matières grasses et protéiques. *INRAE Productions Animales*. vol. 4, n°5, p. 361-367.
- HUBERT, A. (2016) Etude d'efficacité curative et préventive du podoconcept® sur la dermatite digitée en élevage bovin laitier. Thèse vétérinaire. Nantes, Oniris.
- HUCHON, J.C., GOULARD, L., DÉSARMÉNIEN, D., *et al.* (2006) Simplifier l'alimentation des vaches laitières. *In Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/fileadmin/medias/Documents/RMT_Travail/Simplifier_l_alimentation_des_VL.pdf] (consulté le 20/07/2024).
- HULSEN, J. (2010) Signes de vaches. Connaître, observer et interpréter. Pairs, Roodbont Editions B.V..
- HUSSON, F., LÊ, S., PAGÈS, J. (2016) Analyse de données avec R. 2^{ème} éd. Rennes, Presse Universitaire de Rennes.
- IBEAGHA-AWEMU, E.M., BISSONNETTE, N., BHATTARAI, S., *et al.* (2021) Whole Genome Methylation Analysis Reveals Role of DNA Methylation in Cow's Ileal and Ileal Lymph Node Responses to Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis Infection. *Frontiers in Genetics* vol. 12, p. 797490. [<https://doi.org/10.3389/fgene.2021.797490>]
- IBEAGHA-AWEMU, E.M., ZHAO, X. (2015) Epigenetic marks: regulators of livestock phenotypes and conceivable sources of missing variation in livestock improvement programs. *Frontiers in Genetics* vol. 6, p. 302. [<https://doi.org/10.3389/fgene.2015.00302>]
- IDELE (2021) Nouvel ISU Holstein. *Indexation Bovine Laitière* vol. 2021, n° 4, p. 1-6.
- IDELE (2018) Des vaches laitières en bonne santé. *In Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/rmt-batice/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fcf493566-1f93-4a8c-a4c4-86af65437359&cHash=32dbba5af61ba62f2b40787ef4bb49ad] (consulté le 10/07/2024).
- IDELE, ELIANCE (2023) Résultats de contrôle laitier des espèces bovine, caprine et ovine, France 2022. Paris, Institut de l'élevage.

- INSEE RÉFÉRENCES (2024) Répartition des élevages sur le territoire. In *Institut national de la statistique et des études économiques*. [<https://www.insee.fr/fr/statistiques/7728857?sommaire=7728903#graphique-figure2>] (consulté le 14/06/2024).
- PRODUIRE BIO (2022) La filière bovin lait. In *Produire Bio*. [<https://www.produire-bio.fr/la-filiere-lait/>] (consulté le 14/06/2024).
- LE COZLER, Y., JURQUET, J., BÉDÈRE, N. (2019) Effects of feeding treatment on growth rates and consequences on performance of primiparous Holstein dairy heifers. *Peer Community In animal science*. [<https://doi.org/10.24072/pci.animsci.100002>]
- LE COZLER, Y., PECCATTE, J.-R., PORHIEL, J.-Y., *et al.* (2009) Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. *INRAE Productions Animales* vol. 22, n°4, p. 303-316.
- LE MÉZEC, P. (2018) Le point sur l'activité génotypages en 2017. In *Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/fileadmin/user_upload/20181116_stats_genotypage_PascaleLemezec_CP.pdf] (consulté le 25/06/2024).
- LEDIEU, L. (2023) Gestion raisonnée des strongyloses gastro-intestinales : impact du traitement Repidose® limité à 50% des jeunes bovins en première saison de pâture. Thèse vétérinaire. Nantes, Oniris.
- LÉVESQUE, P. (2004) Moins de mammite, meilleur lait. Québec, Institut de technologie agroalimentaire.
- LIPKENS, Z., PIEPERS, S., DE VISSCHER, A., *et al.* (2019) Evaluation of test-day milk somatic cell count information to predict intramammary infection with major pathogens in dairy cattle at drying off. *Journal of Dairy Science* vol. 102, n° 5, p. 4309-4321. [<https://doi.org/10.3168/jds.2018-15642>]
- LOLA (2023) Systèmes laitiers avec robots de traite pratiquant le pâturage. In *ARAD2*. [<https://normandiemaine.cerfrance.fr/arad2/systemes-laitiers-avec-robots-de-traite/>] (consulté le 14/06/2024).
- LOLLIVIER, V., LEVALLOIS, P., DUNOYER, M.A., *et al.* (2022) Traitement sélectif au tarissement chez la vache laitière : des besoins des éleveurs à la conception d'une démarche d'accompagnement. *Rencontres autour de la Recherche des Ruminants* vol. 26, p. 411-414.
- LUTZ, C. (2021) Les points clés pour prendre en charge une vache boiteuse. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/boiteries/article/174839/les-points-cles-pour-prendre-en-charge-une-vache-boiteuse>] (consulté le 15/07/2024).
- MARQUAILLE, C. (2018) Que signifient ces index ? In *Origenplus*. [<https://www.origenplus.com/glossaire/>] (consulté le 10/06/2024).
- MATHIOUX, Y., SCOHY, D. (2020) Les 10 points clés pour réussir sa ration. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/conseil-de-nutritionniste/article/172713/les-10-points-cles-pour-reussir-sa-ration>] (consulté le 15/07/2024).
- MAUFFRE, V. (2019) Détection des chaleurs chez la vache. UC 214. Diaporama. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- MAUFFRE, V., GRIMARD, B. (2015) Détection des chaleurs. UC 214. Polycopié. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- MELLENDEZ, P., BARTOLOME, J., ARCHBALD, L.F., *et al.* (2003) The association between lameness, ovarian cysts and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology* vol. 59, n° 3-4, p. 927-937. [[https://doi.org/10.1016/s0093-691x\(02\)01152-4](https://doi.org/10.1016/s0093-691x(02)01152-4)]
- MINIER, M. (2019) Impact de la traite sur les manchons trayeurs caoutchouc caprins. In *Institut de l'élevage*. [https://idele.fr/pilotage-de-la-sante-des-ruminants/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=13504&cHash=e8b2a07a552e94d5292540b357a803e4] (consulté le 20/07/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE (1970) Application des articles 3 et 5 de la loi du 3 janvier 1969 et relatif au paiement à des prix différents du lait de vache en fonction de sa composition et de sa qualité. Décret n°70-1056. In *Légifrance*.

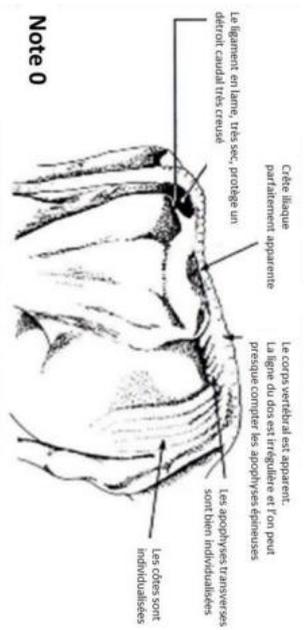
- [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000850403/2021-07-20/>] (consulté le 17/07/2024).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE (1994) Arrêté du 18 mars 1994 relatif à l'hygiène de la production et de la collecte du lait. In *Légifrance*. [<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000531579/>] (consulté le 16/07/2024).
- MOUNAIX, B., CHANTEPERDRIX, M., ASSIE, S., *et al.* (2019) Vaccination contre les diarrhées et les maladies respiratoires. In *Institut de l'élevage*. [<https://idele.fr/detail-article/vaccination-contre-les-diarrhees-et-les-maladies-respiratoires-interet-de-lintegration-des-males-issus-delevages-vaccinant-les-meres>] (consulté le 18/07/2024);
- MUTSCHLER, C. (2022) Les traitements de phytothérapie des gastro-entérites et des affections respiratoires du veau. Thèse vétérinaire. Lyon, VetAgroSup.
- PALMER, M.A., O'CONNELL, N.E. (2015) Digital Dermatitis in Dairy Cows: A Review of Risk Factors and Potential Sources of Between-Animal Variation in Susceptibility. *Animals: an open access journal from MDPI* vol. 5, n° 3, p. 512-535. [<https://doi.org/10.3390/ani5030369>]
- PERROT, F. (2021) Y a-t-il un lien entre transfert d'immunité passive et omphalite ? Résultats d'une étude terrain. In *Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires*. [<https://www2.sngtv.org/article-bulletin/y-a-t-il-un-lien-entre-transfert-dimmunité-passive-et-omphalite-resultats-dune-etude-terrain/>] (consulté le 18/07/2024).
- PEUCELLE, A. (2024) Se débarrasser des mouches en 5 étapes. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/nuisibles/article/866891/un-plan-d-action-en-5-etapes-pour-en-finir-avec-les-mouches>] (consulté le 15/07/2024).
- PEUCELLE, A. (2023) Les recommandations de l'EFSA sur le logement des vaches laitières. In *Web-agri.fr*. [<https://www.web-agri.fr/bien-etre-animal/article/226697/les-preconisations-de-l-efsa-pour-le-bien-etre-des-vaches-laitieres>] (consulté le 15/07/2024).
- PHF (2015) La Fertilité de la Prim'Holstein sur la dernière décennie. In *Prim'Holstein France*. [<https://primholstein.com/2015/la-fertilite-de-la-primholstein-sur-la-derniere-decennie/>] (consulté le 02/10/2024).
- PHF (2024) Nouvel ISU : Adaptations et nouveautés. In *Prim'Holstein France*. [<https://primholstein.com/2024/nouvel-isu-adaptations-et-nouveautes/>] (consulté le 15/07/2024).
- PONTER, A. (2014) Guide pratique de l'alimentation de la vache laitière, 2^{ème} édition. France Agricole Eds. Collection Agroproduction Elevage Bovin.
- POULET, J.-L. (2024) Traite des vaches laitières : au cœur des stratégies d'évolution des exploitations. Diaporama. Grand angle lait. Paris, Institut de l'élevage.
- PRENAFETA, A., MARCH, R., FOIX, A., *et al.* (2010) Study of the humoral immunological response after vaccination with a *Staphylococcus aureus* biofilm-embedded bacterin in dairy cows: possible role of the exopolysaccharide specific antibody production in the protection from *Staphylococcus aureus* induced mastitis. *Veterinary Immunology and Immunopathology* vol. 134, n° 3-4, p. 208-217. [<https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2009.09.020>]
- PUIG, A., PEROZO, E., ROURA, F., *et al.* (2018) Efficacy under field conditions of the new vaccine Ubac® in the reproduction of *Streptococcus uberis* clinical mastitis in dairy cows during a whole lactation period. In *International Bovine Mastitis Conference. Milan, 2018*. Amer, HIPRA, p. 1.
- RAINARD, P., GERMON, P. (2022) Vaccination contre les mammites à bactéries coliformes. In *Journées Nationales des GTV, Nantes, 18-20 mai*. Paris, SNGTV, p. 303-308.
- RÈGLEMENT (UE) 2018/848 (2022) Règles relatives à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques. Règlement (UE) 2018/848. In *European Union*. [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/LSU/?uri=CELEX:32018R0848>] (consulté le 16/08/2024).
- RELUN, A. (2011) Evaluation des mesures de maîtrise de la dermatite digitée dans les troupeaux bovins laitiers. Thèse de doctorat. Nantes, Ecole doctorale Biologie-Santé Nantes-Angers.
- REUSSIR (2021) Concilier productivité et confort de traite en système roto. In *REUSSIRMachinisme*. [<https://www.reussir.fr/machinisme/concilier-productivite-et-confort-de-traite-en-systeme-roto>] (consulté le 14/06/2024).
- RIALET, H. (2022) Observatoire national de la qualité des colostrums bovins : description de l'étude et perspectives pour la relation éleveur-vétérinaire. Thèse vétérinaire. Nantes, Oniris.

- ROBERT-GRANIÉ, C., LEGARRA, A., DUCROCQ, V. (2011) Principes de base de la sélection génomique. *INRAE Productions Animales* vol. 24, n° 4, p. 331-340. [<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2011.24.4.3265>]
- ROCLAND, M., GUILLERM, M. (2024) Collection IBL 2024. In *Institut de l'élevage* [<https://idele.fr/detail-dossier/collection-ibl-2024>] (consulté le 26/09/2024).
- SCOHY, D. (2021a) Concevoir et entretenir une aire paillée. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/batiments-d-elevage/article/202405/les-elements-a-avoir-en-tete-dans-la-conception-d-une-aire-paillee>] (consulté le 15/07/2024).
- SCOHY, D. (2021b) Savoir interpréter les données du robot pour éviter les mammites. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/robot-de-traite/article/179857/savoir-interpreter-les-donnees-du-robot-pour-eviter-les-mammites>] (consulté le 20/06/2024).
- SCOHY, D. (2020) Les mouches en élevage : quel impact sur le troupeau ? In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/sante-animale/article/172725/les-mouches-en-elevage-laitier-quel-impact-sur-le-troupeau->] (consulté le 15/07/2024).
- SEJRSEN, K., PURUP, S., VESTERGAARD, M., *et al.* (2000) High body weight gain and reduced bovine mammary growth: Physiological basis and implications for milk yield potential. *Domestic animal endocrinology* vol. 19, p. 93-104. [[https://doi.org/10.1016/S0739-7240\(00\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0739-7240(00)00070-9)]
- SERIEYS, F. (1985) Interprétation des concentrations cellulaires du lait individuel de vache pour le diagnostic de l'état d'infection mammaire. *Annales de Recherches Vétérinaires* vol. 16, n° 3, p. 263-269.
- SEVANE, N., MARTÍNEZ, R., BRUFORD, M.W. (2019) Genome-wide differential DNA methylation in tropically adapted Creole cattle and their Iberian ancestors. *Animal Genetics* vol. 50, n° 1, p. 15-26. [<https://doi.org/10.1111/age.12731>]
- SOREL, A. (2019) Robots de traite : un essor florissant en cinq chiffre clés. In *Web-agri*. [<https://www.web-agri.fr/robot-de-traite/article/165213/un-essor-florissant-des-robots-de-traite-en-cinq-chiffres>] (consulté le 14/07/2024).
- STEIGER BURGOS, M., SENN, M., SUTTER, F., *et al.* (2001) Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* vol. 280, n° 2, p. 418-427. [<https://doi.org/10.1152/ajpregu.2001.280.2.R418>]
- SVENNERSTEN-SJAUNJA, K.M., PETTERSSON, G. (2008) Pros and cons of automatic milking in Europe. *Journal of Animal Science* vol. 86, p. 37-46. [<https://doi.org/10.2527/jas.2007-0527>]
- THIBAUD, A. (2012) Intérêt actuel des pédiluves dans le traitement des maladies podales infectieuses enzootiques chez les bovins : enquête auprès des praticiens vétérinaires ruraux et des fabricants des produits biocides. Thèse vétérinaire. Maisons-Alfort, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort.
- THILLARD, L. (2019) Impact des entérites néonatales des veaux en élevage laitier. Thèse de docteur en pharmacie. Rouen, UFR Santé.
- TROCCON, J.L., PETIT, M. (1989) Croissance des génisses de renouvellement et performances ultérieures. *Productions Animales* vol. 2, n° 1, p. 55.
- VANDAËLE, E. (2014) Un vaccin contre la paratuberculose bovine en une seule injection. *La Semaine Vétérinaire* n° 1598, p. 23.
- VEYSSET, P., DELABY, L. (2018) Diversité des systèmes de production et des filières bovines en France. *Innovations Agronomiques* vol. 68, p. 129-150. [<https://doi.org/10.15454/K8IUUMD>]
- VEYSSET, P., WALLET, P., PRUGNARD, E. (2001) Le robot de traite : pour qui ? pourquoi ? Caractérisation des exploitations équipées, simulations économiques et éléments de réflexion avant investissement. *INRAE Productions Animales* vol. 14, n° 1, p. 51-61. [<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2001.14.1.3725>]
- WANG, M., BISSONNETTE, N., DUDEMAINE, P.-L., *et al.* (2021) Whole Genome DNA Methylation Variations in Mammary Gland Tissues from Holstein Cattle Producing Milk with Various Fat and Protein Contents. *Genes* vol. 12, n° 11, p. 1727. [<https://doi.org/10.3390/genes12111727>]
- WANG, M., BISSONNETTE, N., LATERRIÈRE, M., *et al.* (2022) Methylome and transcriptome data integration reveals potential roles of DNA methylation and candidate biomarkers of cow

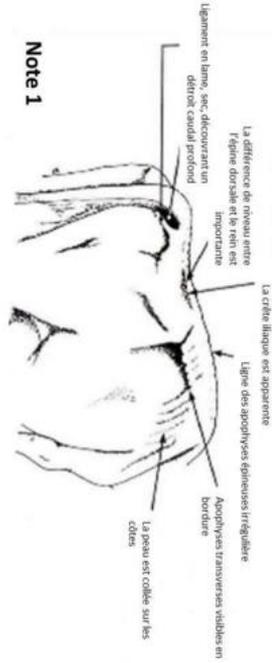
- Streptococcus uberis subclinical mastitis. *Journal of Animal Science and Biotechnology* vol. 13, n° 1, p. 136. [<https://doi.org/10.1186/s40104-022-00779-z>]
- WELFARE QUALITY® (2009) Welfare Quality® Assessment protocol for cattle. Welfare Quality® research project. [<https://www.welfarequalitynetwork.net/media/1319/dairy-cattle-protocol.pdf>]
- WESEN, D.P., SCHULTZ, L.H. (1970) Effectiveness of a post-milking teat dip in preventing new udder infections. *Journal of Dairy Science* vol. 53, n° 10, p. 1391-1403. [[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(70\)86406-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(70)86406-2)]
- WOLTER, R., PONTER, A. (2019) Alimentation de la vache laitière, 5ème éd. Paris, France Agricole eds.
- YVARD, M. (2022) État des lieux sur le suivi de reproduction en élevage bovin laitier : enquête auprès de 128 vétérinaires praticiens et 124 éleveurs de bovins laitiers. Thèse vétérinaire. Nantes, Oniris.

Annexe 1

Grille d'évaluation de la Note d'Etat Corporelle pour la race Prim'Holstein



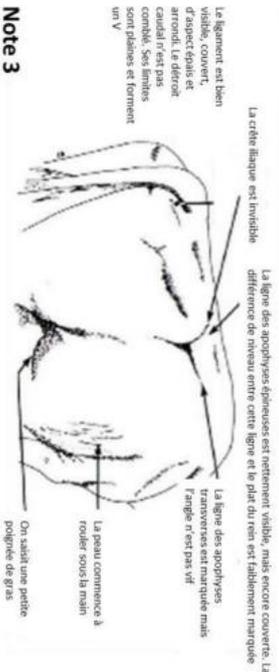
Note 0



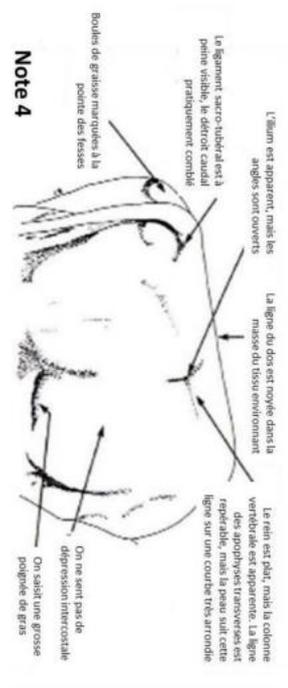
Note 1



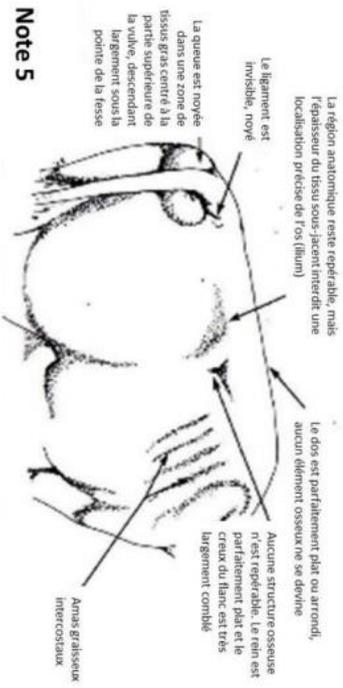
Note 2



Note 3



Note 4



Note 5

Annexe 2



L'ÉPIGÉNOTYPAGE EN FERME

La sélection génomique constitue une méthode efficace pour améliorer les races bovines. Cependant, les marqueurs et méthodes génétiques actuels n'expliquent qu'une partie de la variabilité génétique observée. L'épigénome défini comme l'ensemble des marques permettant de modifier l'expression des gènes, est considéré comme un autre facteur explicatif de la variabilité génétique. En effet, les modifications épigénétiques induites par des facteurs environnementaux (stress alimentaire ou thermiques...) peuvent être transmises à la descendance et en moduler le phénotype.

L'objectif du projet RUMIGEN est de caractériser ces marques *via* un outil similaire à la puce de génotypage afin de mettre à disposition des éleveurs une information plus représentative de leurs troupeaux pour le management de leur renouvellement.

INRAE, ELIANCE et IDELE représentant la France dans ce projet Européen regroupant 18 acteurs, ont sollicité Gènes Diffusion pour contribuer à la construction d'une population de référence composée de 5000 vaches épigénotypées.

En collaboration entre les équipes ELIANCE, INRAE et Gènes Diffusion, une liste de 1177 femelles d'intérêt a été établie réparties dans un peu plus de 200 élevages. Il s'agira de prélever 3 tubes de sang sur chacune de ces vaches en vue de la réalisation de l'épigénotypage. Ces prélèvements seront essentiels au développement d'une nouvel outil d'amélioration génétique.

CONTACT

Chrystelle Le Danvic, Ingénieur Eliance, chrystelle.ledanvic@eliance.fr – 06 98 83 26 97

Hélène Kiefer, Chercheur INRAE, helene.kiefer@inrae.fr



Annexe 4



Questionnaire de l'exploitation

Elevage :

Date de la visite :

Nombre de vaches dans l'exploitation :

1. Conduite d'élevage

Pâturage : oui / non si oui période :

Vêlage : étalé ou groupé

Objectif génétique de l'élevage ?

2. Logement

Type de logement :

Nombre d'animaux dans chaque enclos (concernés par les prises de sang) :

- Aire paillée

Surface de l'aire paillée	
Type de paille (hachée, entière)	
Fréquence de paillage	
Fréquence de curage	
Quantité de paille	

- Logette

Nbres de logettes	
Type de sol (tapis, paille, copeau)	
Fréquence de paillage et quantité de paille	
Fréquence de curage des logettes	
Fréquence de raclage des couloirs	

Nombre de place au cornadis/ mètre de barre au garrot :

Équipement pour bien-être (brosse, ventilateur, brumisateur) :

Nombre d'abreuvoir et taille :

en Pâturage :

3. Alimentation

Surface fourragère :

Part de maïs fourrage dans cette surface :

Ratio prairie/maïs :

Type de fourrage	
Type de concentré	
Complémentation minérale	
Information quantitative (MS ou MB) - Fourrage - Concentré Fiche d'analyse fournit : oui/non	

Ration adaptée en fonction de la production laitière ?

Si oui, nombres de DAC nombre de place au DAC ou alors nombre de robot

Type de distribution : désileuse / mélangeuse / libre-service

Fréquence de repoussage de l'aliment dans la journée :

Fréquence de distribution de l'aliment :

Quantité et gestion des restes :

4. Traite

- Robot

Nombre de robot :

Fréquence de contrôle :

Type de manchon trayeur (caoutchouc/ silicone) et fréquence de changement :

Fréquence de traite moyenne	
Nettoyage des trayons (produit, type de nettoyage)	
Nombre de vache en retard de traite/jour Est-ce toujours les mêmes ? pathologie sous-jacente ?	
Post-trempeage (produit, type d'application)	

Détection des mammites	
A quel moment traiter	
Gestion des mammites	

- Machine de traite

Fréquence contrôle de la machine :

Type de manchon trayeur (caoutchouc/ silicone) et fréquence de changement :

Type de quai (combien de vache présente en même temps ?)	
Nbre de personne faisant la traite, tjrs les mêmes ?	
Type de lavage des trayons (pré-trempage, lavette, papier, jet d'eau, post-trempage)	
Fréquence de la traite (heure de traite aussi)	
Post-trempage (produit, application)	
Détection des mammites (test de teepol, bol fond noir)	
Gestion animaux infectés (mammité clinique/cellules) et à partir de quel moment le lait est mis de côté et la vache traité ?	
Blocage des vaches après la traite	

5. Tarissement

Détection des chaleurs ? (Collier, visuel temps passé, podomètre, patch couleur sur la queue)

Objectif reproduction (1 veau/an ou fonction production ou chaleur) ?

Objectif d'âge 1^{er} vêlage ?

Tarissement progressif ou d'un coup ?

Séparation vache tarie/vache en lactation : oui / non

Bâtiment des vaches taries loin de la traite : oui / non

Ration des vaches taries différente : oui / non

Si oui préciser la ration (quantité fourrage, concentré, minéraux) :

Préparation au vêlage ? si oui comment ?

Traitement réalisé lors du tarissement : oui / non

Si oui préciser lequel et si systématique ou en fonction de l'animal (critère) :

Case de vêlage : oui / non

Remarque concernant le tarissement :

6. Sanitaire

Vaccination	
Traitement antiparasitaire Coprologie ou pas	
Traitements récents (dates, types)	
Fréquence d'appel du vétérinaire	
Boiterie (type et % du troupeau) Parage (par qui, combien de fois par an, préventif et/ou curatif)	
Maladie présente dans l'élevage (BVD, Schmallenberg, paratuberculose, neosporose...)	

7. Gestion des veaux

Type de colostrum (mère, congelé, acheté) :

Le colostrum est-il testé ?

Prise colostrale (comment quantité) :

Délai entre naissance et prise colostrale :

Type de lait donné ensuite et pendant combien de temps (poudre ou entier) :

Désinfection ombilic (produit et type application) :

Problème de diarrhée ou respiratoire :

Prévention des problèmes de diarrhée (cryptosporidiose, coccidiose) :

8. Evènement marquant dans l'élevage au cours des dernières années

Changement de bâtiment

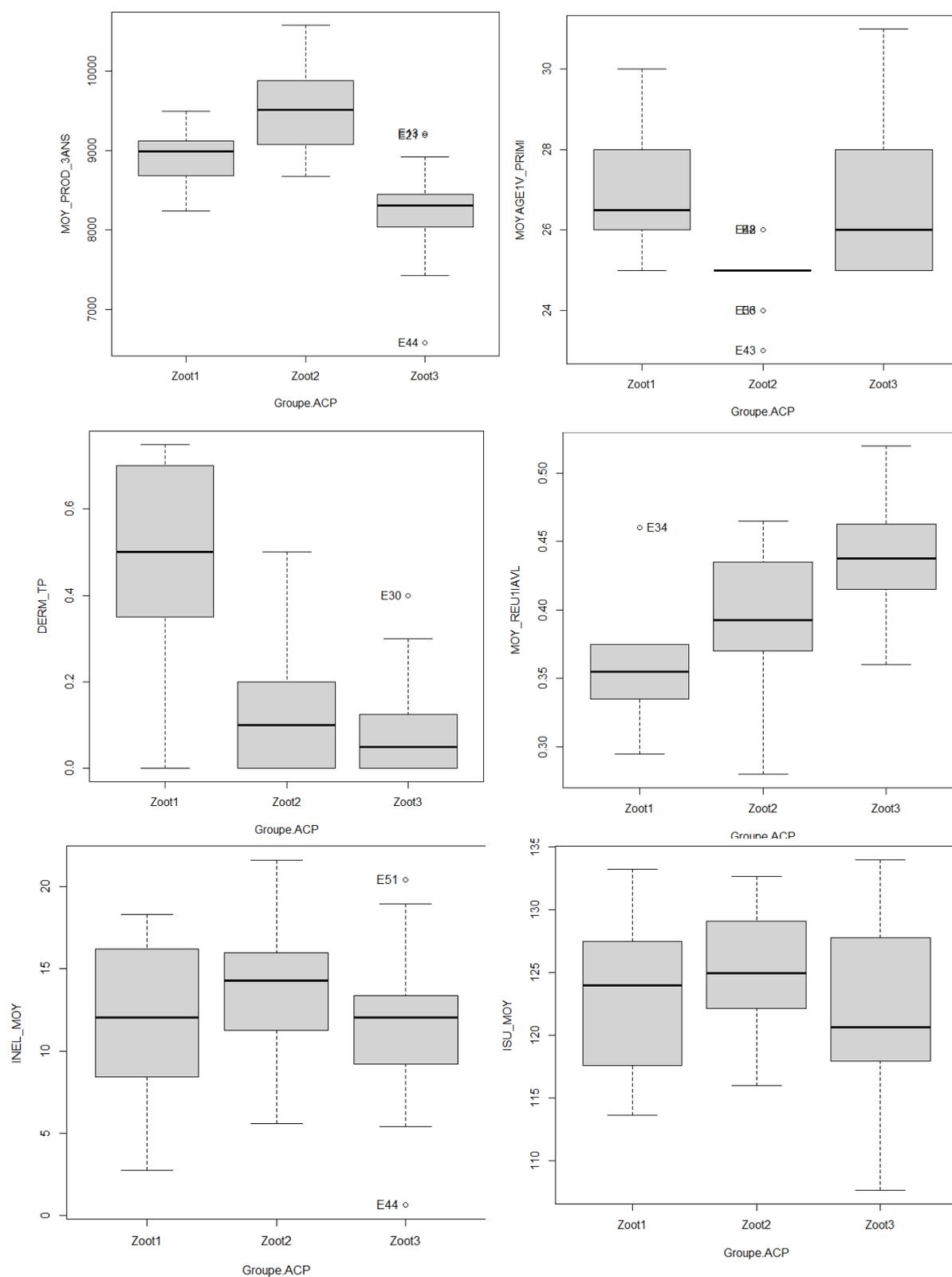
Changement de conduite

Changement d'alimentation -> qualité du foin en raison de la sécheresse, ratio TB, tempête avant la récolte du maïs, maïs couché au sol, développement de moisissures, ...

Annexe 6

Résultats zootechniques et niveau génétique pour 3 groupes d'élevages définis Figure 18

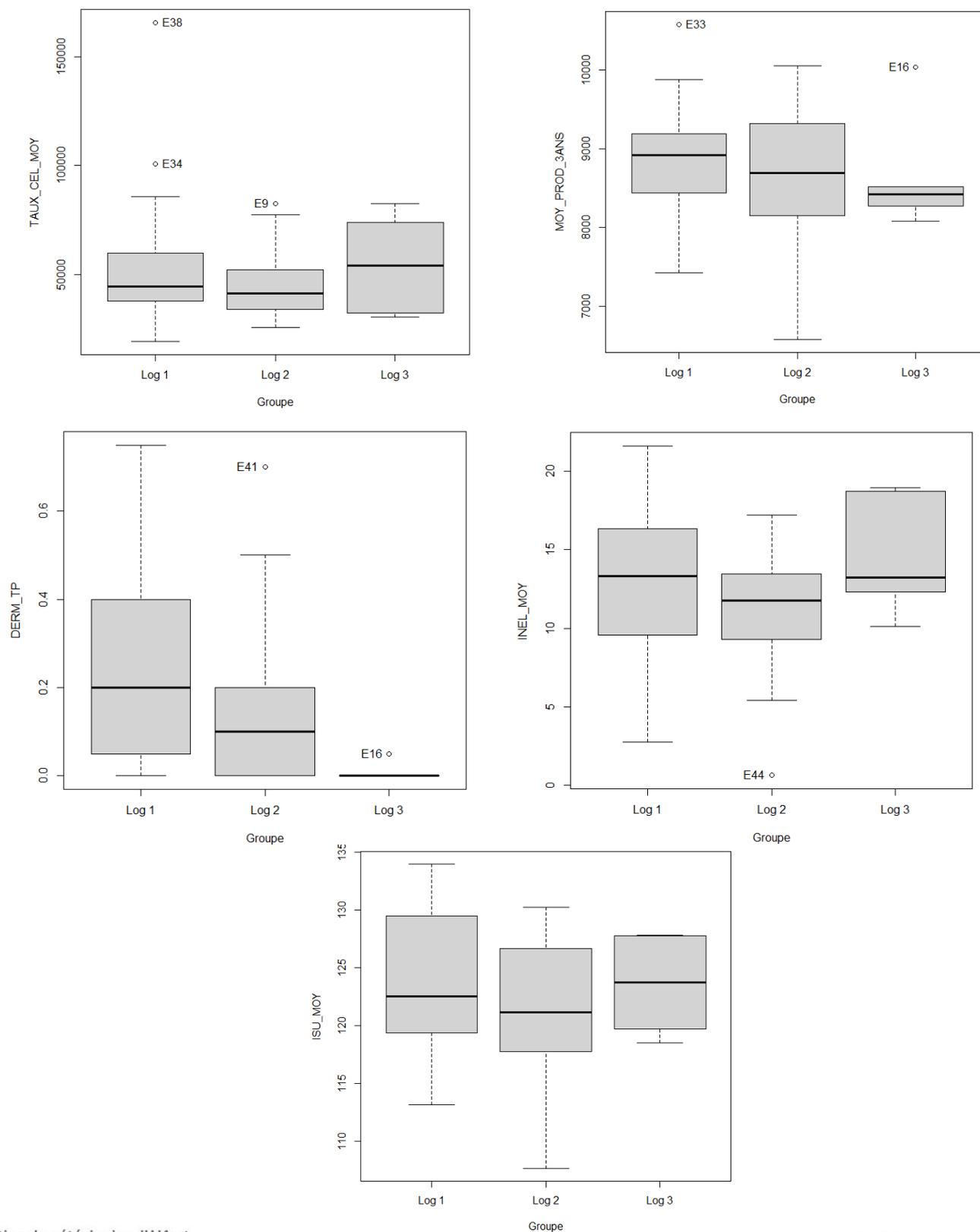
Les noms des variables sont présentés dans le tableau 11.



Annexe 7

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction du logement (groupes définis Figure 19)

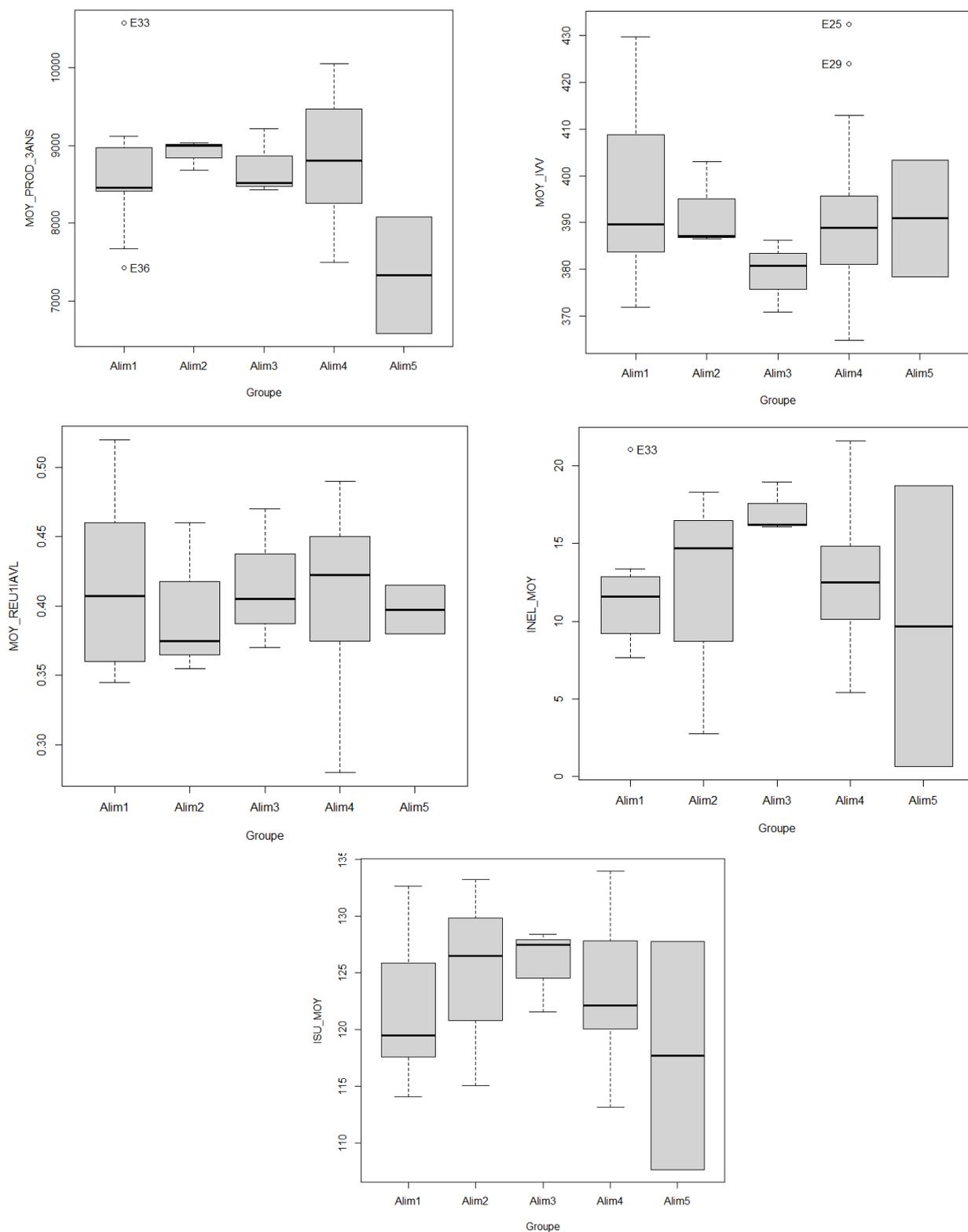
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11.



Annexe 9

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction de l'alimentation (groupes définis Figure 21)

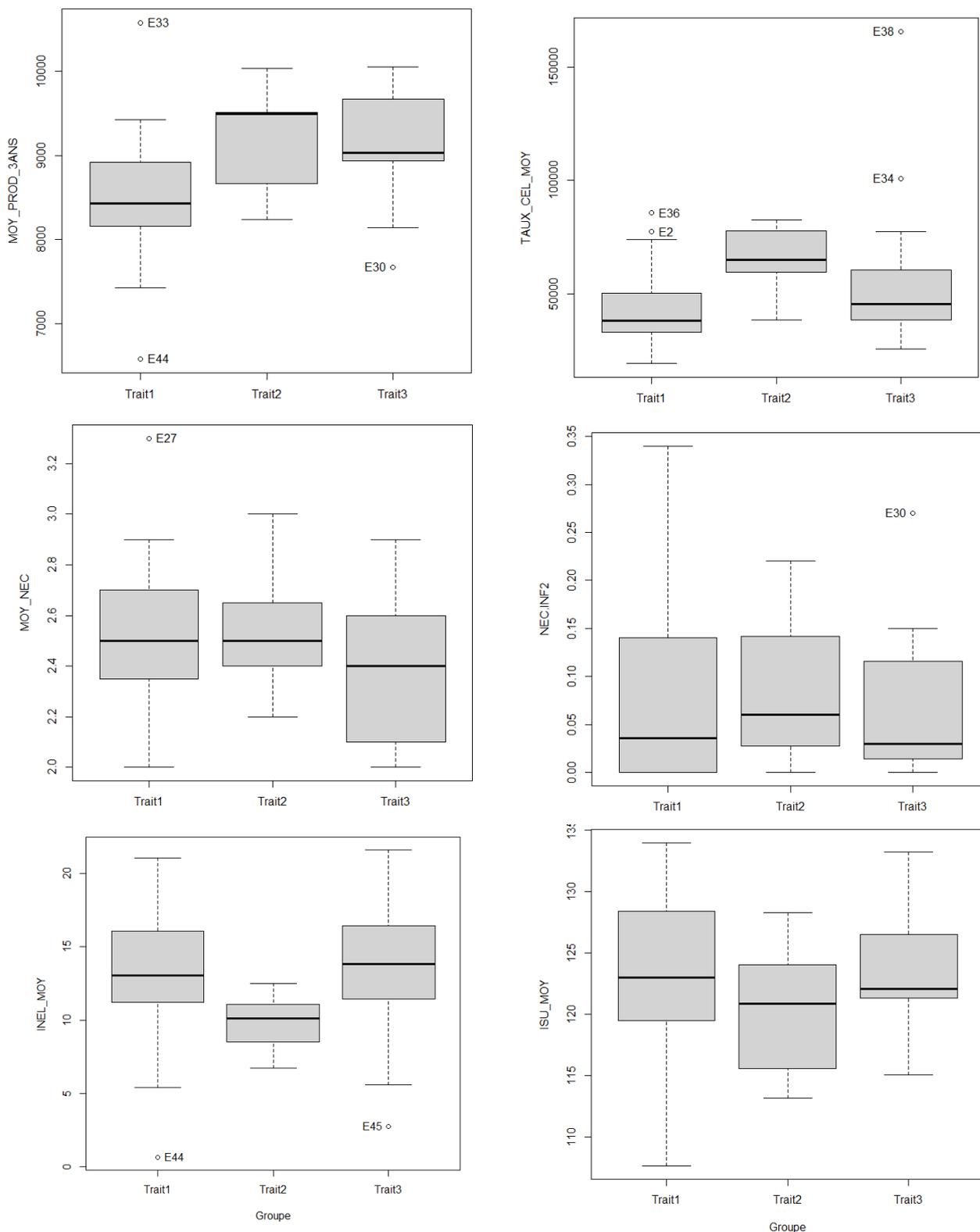
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11.



Annexe 10

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction de la traite (groupes définis Figure 23)

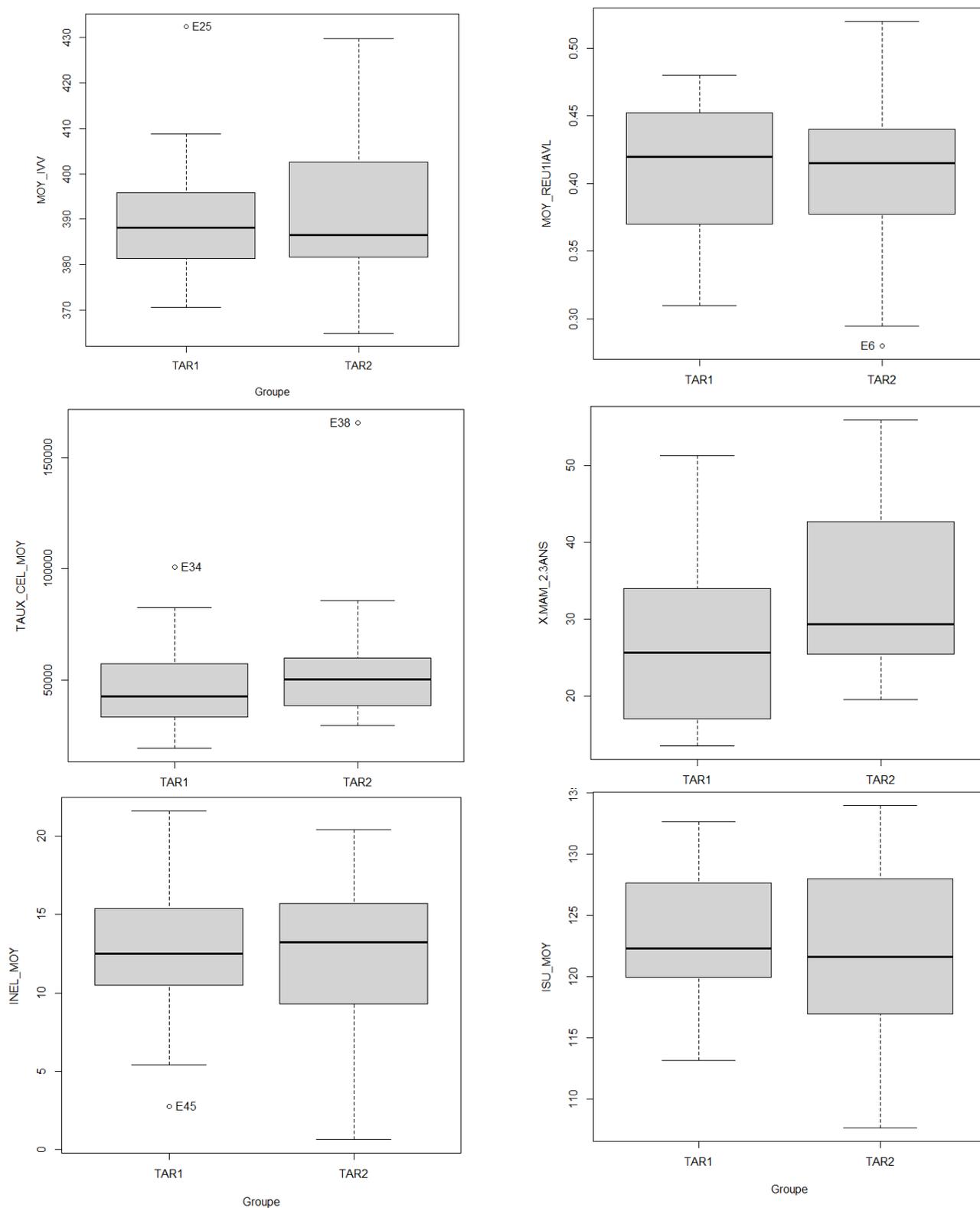
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11



Annexe 11

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction du tarissement (groupes définis Figure 26)

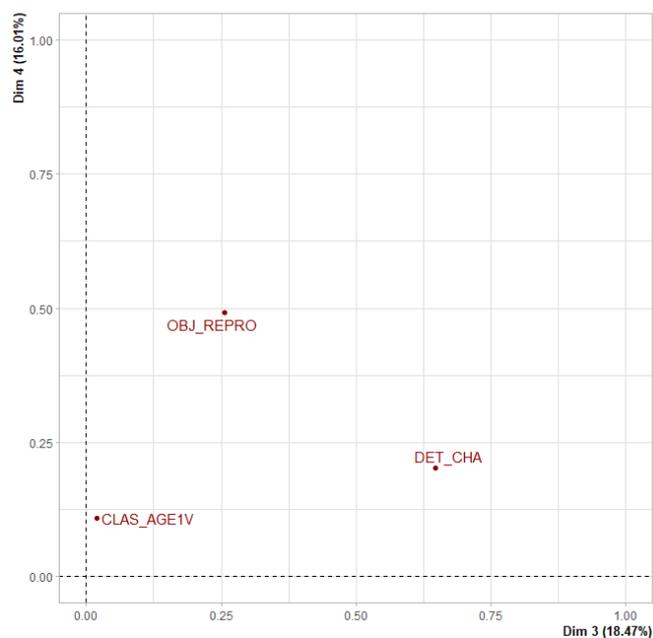
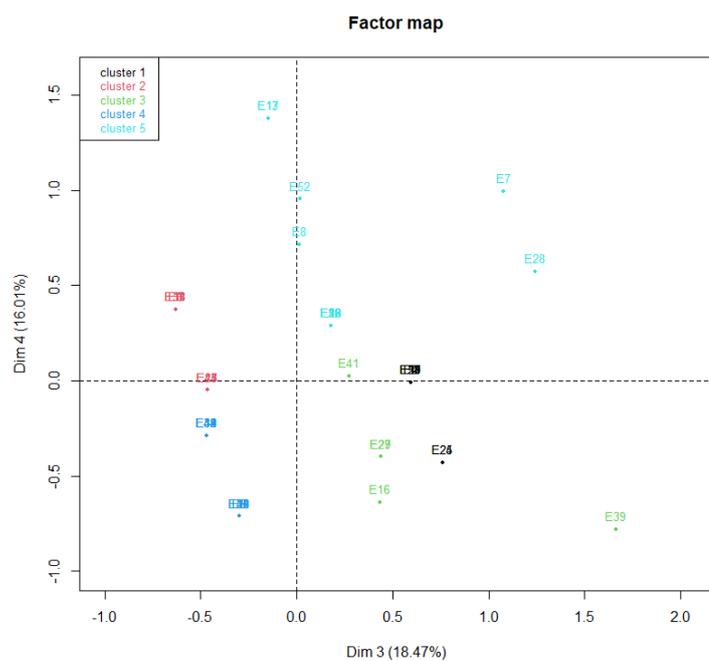
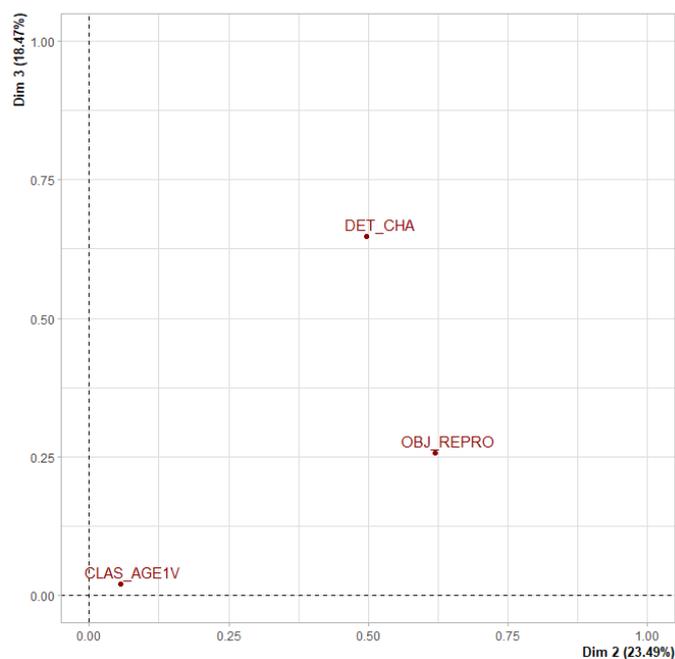
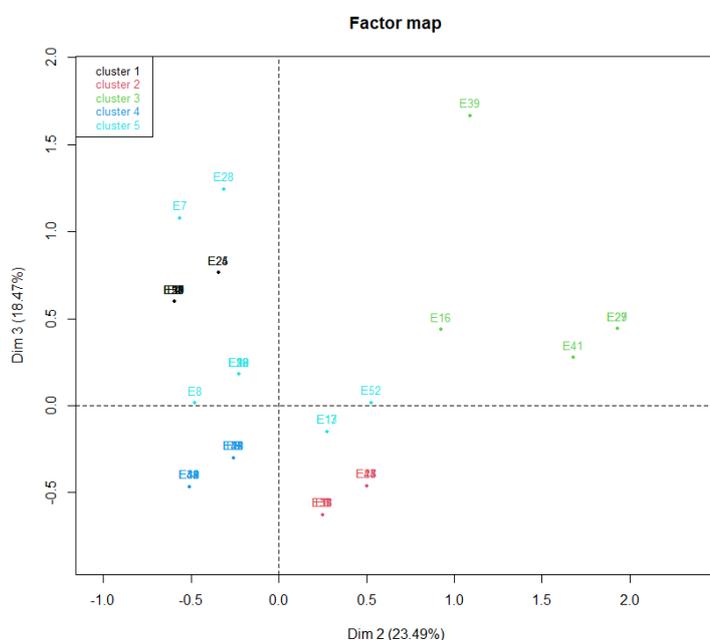
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11



Annexe 12

Pratiques de la reproduction sur les autres dimensions (2-3 et 3-4).

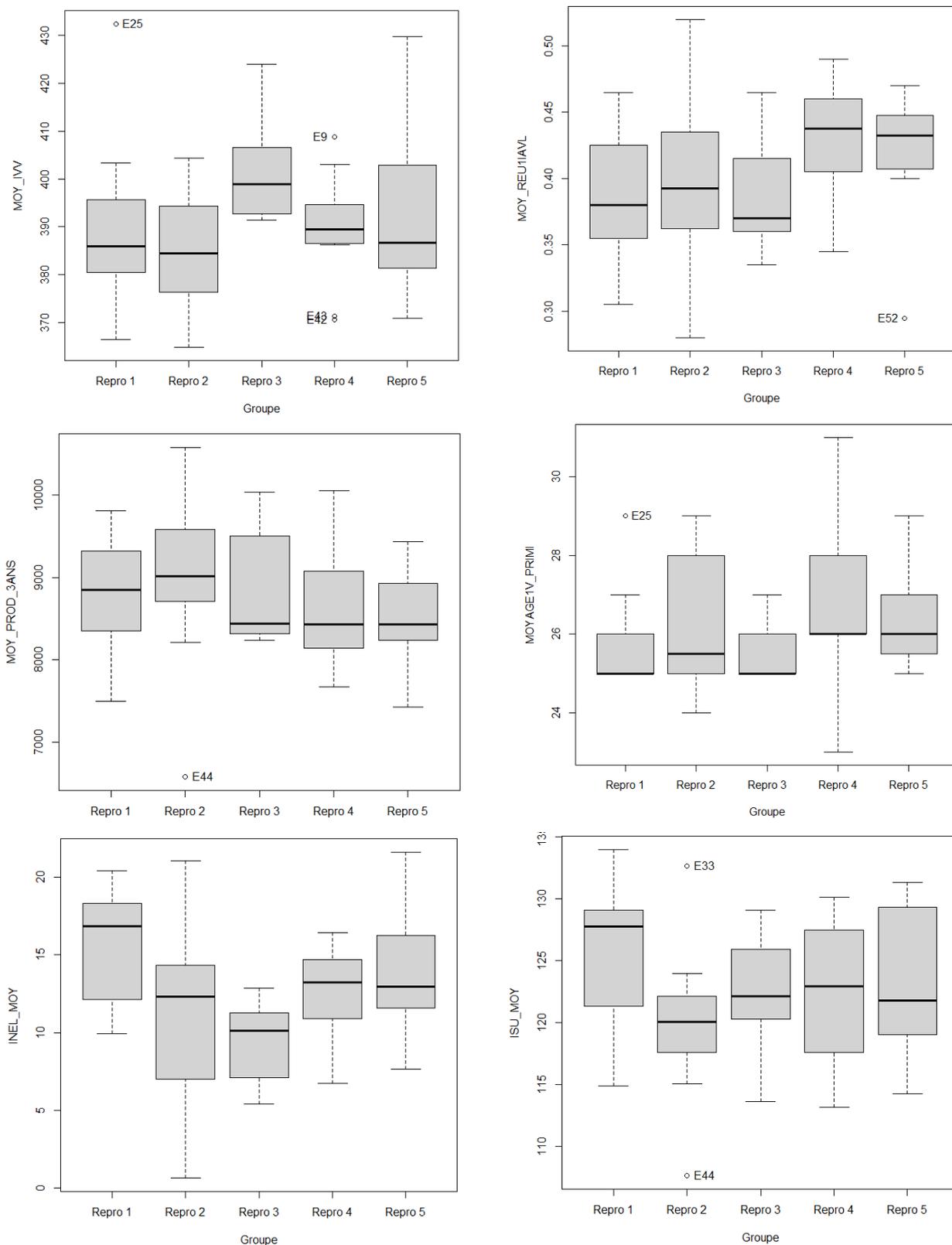
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 7



Annexe 13

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction de la reproduction (groupes définis Figure 28)

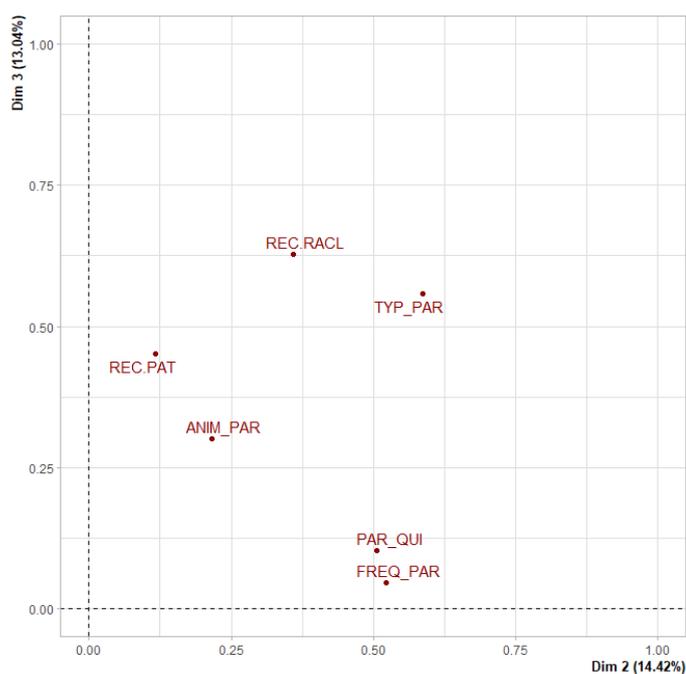
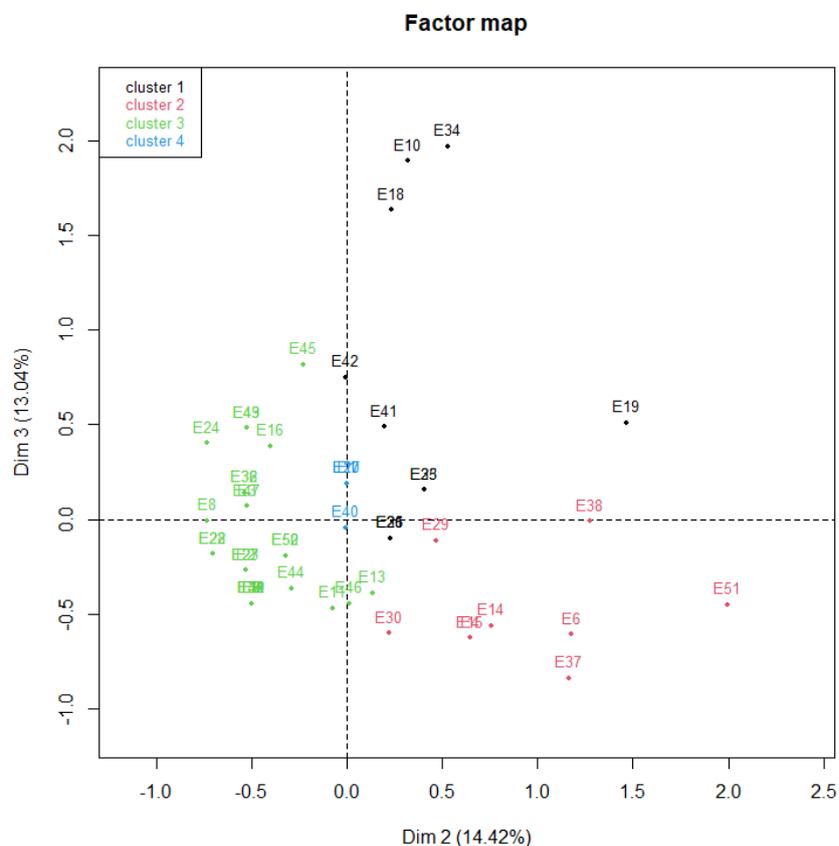
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11



Annexe 14

Pratiques de la gestion podale sur les autres dimensions (2-3).

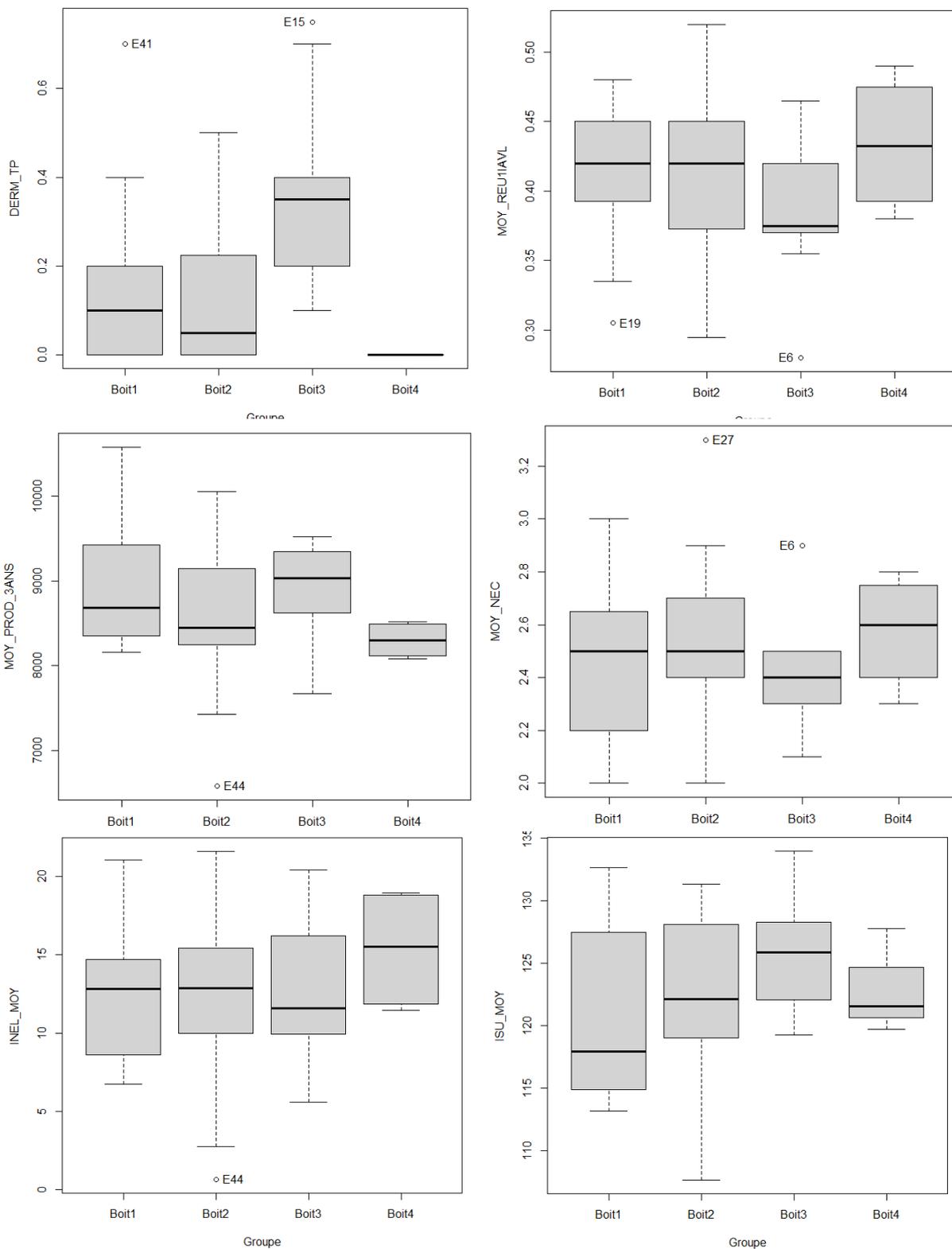
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 9.



Annexe 15

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction de la gestion podale (groupes définis Figure 30)

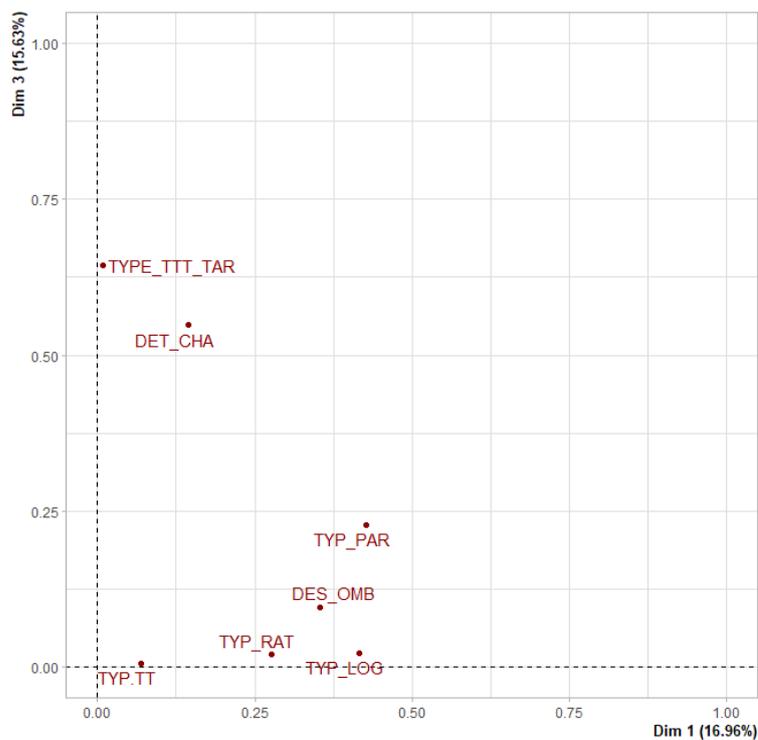
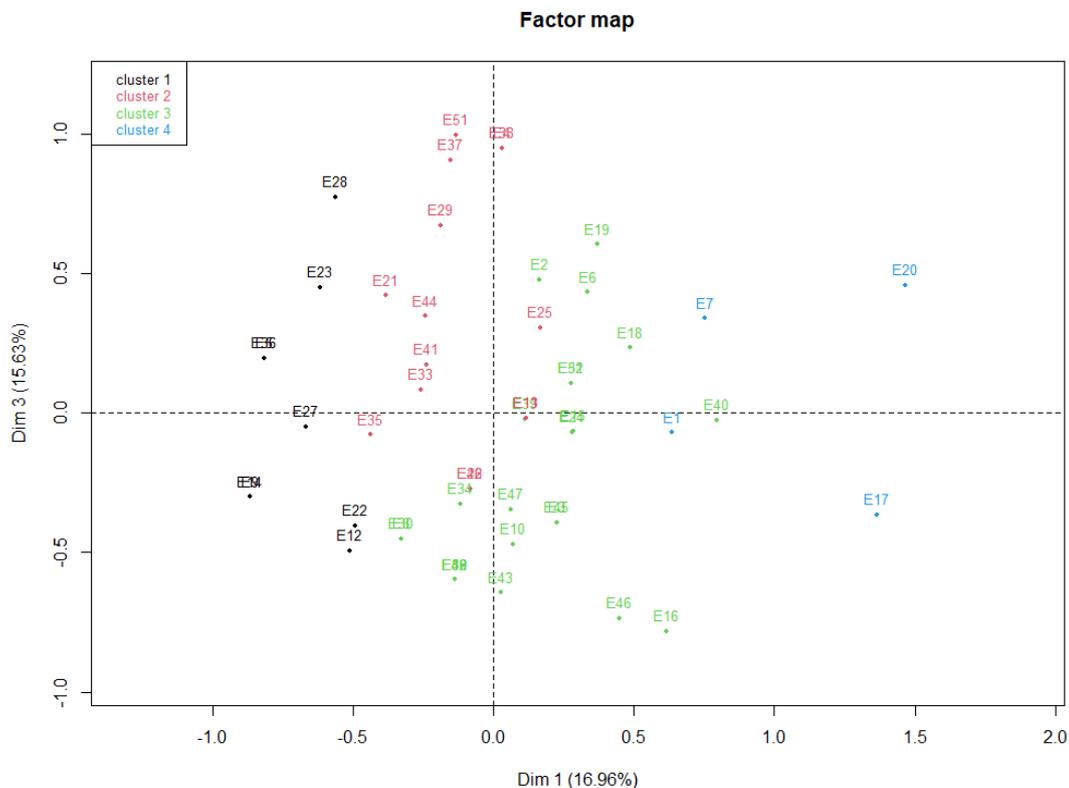
Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11.



Annexe 16

Les typologies sur les autres dimensions (1-3).

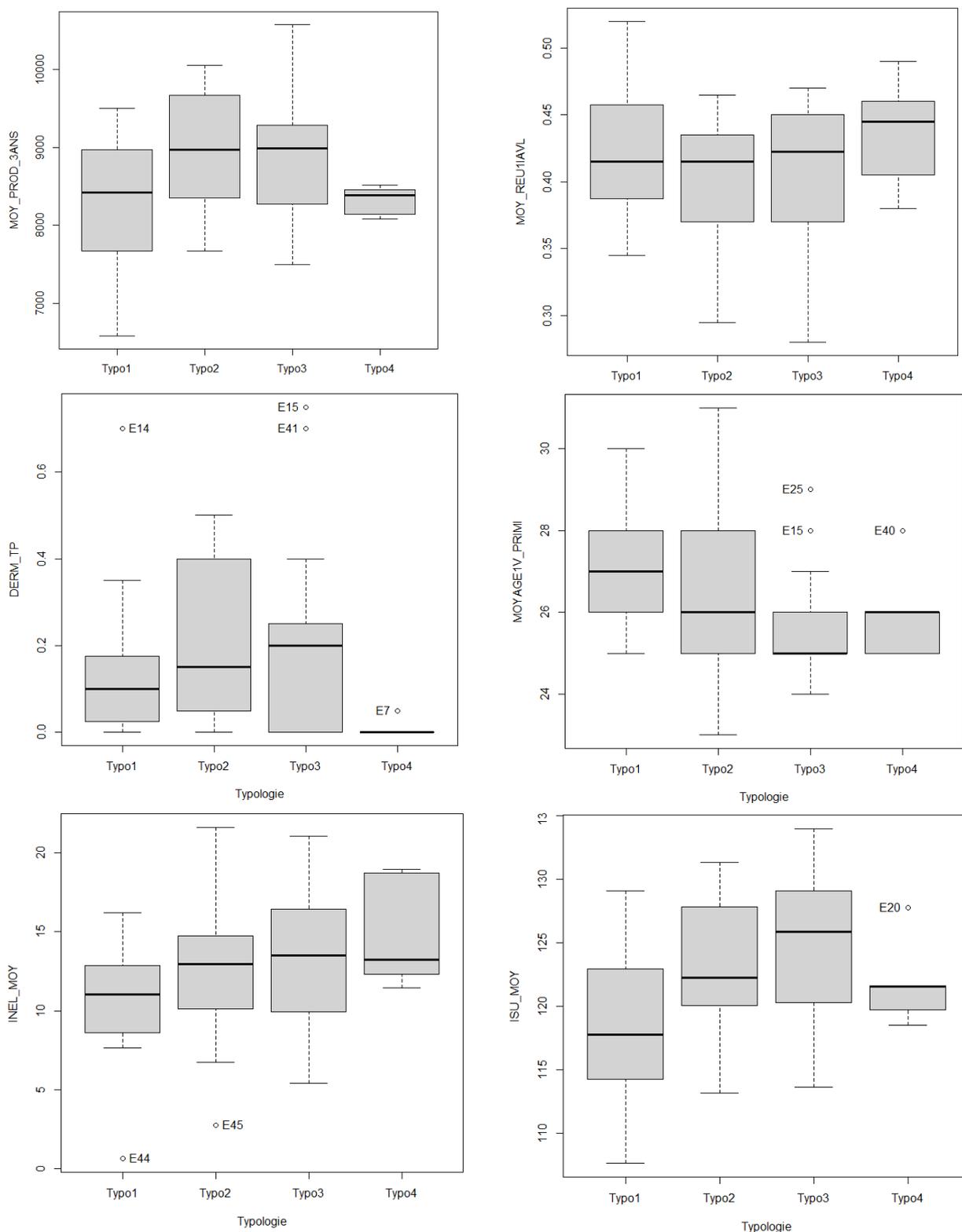
Les noms des variables sont présentés dans les Tableaux 3, 4, 5, 6, 7 et 9.



Annexe 17

Résultats zootechniques et niveau génétique en fonction des typologies (groupes définis Figure 34)

Les noms des variables sont présentés dans le Tableau 11.



Constitution de typologies d'élevage d'intérêt pour analyses phénotypiques de vaches laitières : enquête de terrain

AUTEUR : Gwendoline POTIER

RÉSUMÉ :

L'objectif de cette étude est de créer des typologies en fonction des différentes pratiques d'élevage dans les élevages de vaches laitières de race Prim'Holstein, appartenant au projet Génosanté, en Bretagne. Cette étude s'inscrit dans un projet européen : RUMIGEN.

La première partie de cette étude synthétise les différentes pratiques d'élevage qui existent en France concernant le logement, l'alimentation, la traite, le tarissement, la reproduction, la gestion sanitaire, la gestion podale et la gestion des veaux de l'élevage. Les recommandations en matière de conduite zootechnique ont été utilisées afin de fournir des repères permettant de situer les pratiques selon les recommandations actuelles en élevage de vaches laitières en France. Elle fait aussi le point sur les résultats zootechniques disponibles pour ces élevages et leur interprétation concernant la production laitière, l'état corporel, les différentes affections (mammites, troubles locomoteurs ou reproducteurs) et la santé des veaux.

La partie expérimentale porte sur la mise en place et la réalisation d'un questionnaire auprès des éleveurs et de prélèvements sanguins des vaches puis sur l'analyse des résultats zootechniques et des pratiques d'élevage afin d'aboutir à des typologies d'élevage. Cette étude a été réalisée sur 52 élevages localisés en Bretagne et possédant des vaches laitières de race Prim'Holstein pour lesquels l'épigénome spermatique des pères est en cours d'analyse. Les résultats ont permis de mettre en évidence que certaines pratiques peuvent avoir des conséquences sur les résultats zootechniques. Le type de logement a un impact sur la prévalence de la dermatite digitée dans l'élevage. Cette dernière va avoir un impact sur les résultats de reproduction du troupeau (baisse de réussite en 1^{ère} IA). La technique de traite a un impact sur la production laitière et sur le taux cellulaire. D'autres pratiques n'ont pas montré de différence significative entre les différents groupes d'élevage tel que l'alimentation, le tarissement et la gestion des veaux.

Pour finir, cette étude a permis la création de quatre typologies qui prennent en compte la pratique globale de l'élevage. Pour cela, les variables majoritaires de chaque catégorie ont été intégrées dans l'analyse.

MOTS CLÉS : Bovin ; Conduite ; Élevage ; Épigénétique ; Lait ; Pratique ; Résultats zootechniques ; Typologie.

JURY :

Président : Pr Ponter Andrew

Directrice de thèse : Dr De Paula Reis Aline

Examinatrice : Dr Chevallier Lucie

Invitée : Mme Kiefer Hélène

Establishing farm typologies of interest for phenotypic analyses of dairy cows: field survey

AUTHOR: Gwendoline POTIER

SUMMARY:

The objective of this study is to create farm typologies based on the different farming practices in Prim'Holstein dairy farms involved in the Génosanté project in Brittany. This study is part of a European project: RUMIGEN.

The first part of this study summarises the various farming practices in France related to housing, feeding, milking, drying off, reproduction, health management, hoof care, and calf management in dairy farming. Recommendations in terms of zootechnical practices have been used to provide benchmarks, allowing for the positioning of these practices according to current guidelines in dairy cow farming in France. It also reviews the available zootechnical results for these farms and interprets them in relation to milk production, body condition, various disorders (such as mastitis, lameness, or reproductive issues) and calves health.

The experimental section focuses on the development and execution of questionnaires to farmers and blood sampling of cows, followed by the analysis of zootechnical results and farming practices to create typologies. This study was conducted on 52 farms located in Brittany, all of which had Holstein dairy cows, where the semen from the sires used is currently being analysed. The results highlighted that certain practices can have consequences on zootechnical outcomes. For instance, the type of housing impacts the prevalence of digital dermatitis on the farm. This condition, in turn, affects the reproductive results of the herd (lower success rates on first artificial insemination). The milking technique affects milk production and somatic cell count. Other practices, such as feeding, drying off, and calf management, did not show significant differences between the different farm groups.

Finally, this study led to the creation of four typologies that consider overall farming practices. For this, the key variables from each category were included in the analysis.

KEYWORDS: Cattle; Management; Farming; Epigenetics; Milk; Practice; Zootechnical results; Typology.

JURY:

Chairperson: Pr Ponter Andrew

Thesis Director: Dr De Paula Reis Alline

Reviewer: Dr Chevallier Lucie

Guest: Ms Kiefer Hélène