

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2021 - Thèse n° 033

**COMPARAISON DES PERFORMANCES DE
REPRODUCTION DES VACHES LAITIÈRES ENTRE
DES ÉLEVAGES BIOLOGIQUES ET DES ÉLEVAGES
CONVENTIONNELS EN RÉGION AUVERGNE
RHÔNE-ALPES**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 24 septembre 2021
Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

DEKERF Mathilde

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2021 - Thèse n° 033

**COMPARAISON DES PERFORMANCES DE
REPRODUCTION DES VACHES LAITIÈRES ENTRE
DES ÉLEVAGES BIOLOGIQUES ET DES ÉLEVAGES
CONVENTIONNELS EN RÉGION AUVERGNE
RHÔNE-ALPES**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 24 septembre 2021
Pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

Par

DEKERF Mathilde

Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (01-09-2021)

ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur émérite
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDoux	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOSCA	Marion	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

REMERCIEMENTS

Au Professeur **Pierre COCHAT**
De l'Université Claude Bernard, Faculté de Médecine de Lyon Est
Président de ce jury

Mes sincères remerciements pour avoir accepté de présider cette thèse et pour votre
bienveillance

Au Professeur **Pierre BRUYERE**
De VetAgro Sup, campus vétérinaire de Lyon
Premier assesseur de cette thèse

Mes remerciements les plus sincères et les plus grands pour avoir accepté de
m'accompagner dans ce projet que je ne pensais pas amener aussi loin, pour tous vos
conseils, votre écoute et votre bienveillance, encore mille mercis !

Au professeur **Marie-Laure DELIGNETTE-MULLER**
De VetAgro Sup, campus vétérinaire de Lyon
Second assesseur de cette thèse

Tous mes plus sincères remerciements d'avoir accepté de m'aider et de m'accompagner
dans cette thèse, merci pour votre implication, votre temps, vos explications et votre
bienveillance

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	7
TABLE DES ANNEXES	13
TABLE DES FIGURES.....	15
TABLE DES TABLEAUX.....	17
LISTE DES ABREVIATIONS	19
INTRODUCTION	21
PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	25
I- Rappels sur l'anatomie de l'appareil génital de la vache.....	26
1.1. Anatomie des ovaires.....	26
1.2. Anatomie du tractus génital.....	28
1.2.1. Anatomie des trompes utérines.....	28
1.2.2. Anatomie de l'utérus.....	29
1.2.3. Anatomie du vagin	30
1.2.4. Anatomie du vestibule	30
1.2.5. Anatomie de la vulve.....	30
II- Rappels sur la physiologie de la reproduction chez la vache laitière	31
2.1. Hormones impliquées dans le cycle sexuel chez la vache	31
2.2.1. Caractéristiques générales	31
2.2.2. Détails des structures anatomiques sécrétant la GnRH, la LH et la FSH.....	32
2.2. Déroulement du cycle sexuel chez la vache.....	33
2.2.1. Notion de vague folliculaire	33
2.2.2. 1 ^{ère} phase : l'œstrus et l'ovulation	34
2.2.3. 2 ^{ème} phase : le metœstrus	36
2.2.4. 3 ^{ème} phase : Le diœstrus et la lutéolyse	36
2.2.5. 4 ^{ème} phase : le pro-œstrus.....	37
2.3. Le cycle sexuel de la vache lors de période particulières	38
2.3.1. L'initiation du cycle sexuel chez la génisse : la puberté.....	38
2.3.2. La reprise du cycle sexuel chez la vache en post-partum	39
III- Différents paramètres de reproduction permettant d'évaluer les performances de reproduction.....	41
3.1. Paramètres de fécondité.....	41
3.1.1. Intervalle Vêlage-Vêlage (IVV).....	41
3.1.2. Intervalle Vêlage-Insémination première (IVIA1 ou IVIAP).....	42
3.1.3. Intervalle Vêlage-Insémination Fécondante (IVIAf)	42
3.1.4. Age au premier vêlage	43
3.1.5. Autres paramètres reliés à la fécondité.....	43

3.2.	Paramètres de fertilité	43
3.2.1.	Taux de réussite à l'insémination.....	43
3.2.2.	Taux de gestation	44
3.2.3.	Autres paramètres permettant d'évaluer la fertilité dans un élevage.....	44
3.3.	Paramètres aidant à comprendre et interpréter les résultats de reproduction	45
3.3.1.	Paramètres liés à la reproduction	45
3.3.2.	Paramètres non liés à la reproduction.....	46
IV-	Etat des lieux sur la réglementation de la production biologique en France et son application en reproduction dans les élevages bovins laitiers	49
4.1.	Définition de l'agriculture biologique	49
4.2.	Historique de l'agriculture biologique	50
4.3.	Les acteurs de l'agriculture biologique	50
4.4.	La réglementation en agriculture biologique.....	51
4.4.1.	Les principaux textes règlementaires européens et français	51
4.4.2.	La réglementation biologique appliquée aux élevages bovins laitiers	52
4.4.3.	Synthèse des éléments pouvant intervenir dans les performances de reproduction des bovins laitiers biologiques	55
	DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE	57
I-	Contexte, cadre et objectifs	58
II-	Matériel et méthode	59
2.1.	Comparaison des performances de reproduction entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels.....	59
2.1.1.	Récolte et présentation des données	59
2.1.2.	Variables observées	60
2.1.3.	Variables explicatives	61
2.1.4.	Analyses statistiques	62
2.1.5.	Outils utilisés	63
2.2.	Analyse des pratiques d'élevages via un questionnaire	63
2.2.1.	Méthodologie d'enquête et élaboration du questionnaire.....	64
2.2.2.	Recrutement des élevages	65
2.2.3.	Méthode d'analyse des données	65
III-	Résultats.....	67
3.1.	Etude de l'effet de la catégorie d'élevage et de la race sur les performances de reproduction.....	67
3.1.1.	Préambule	67
3.1.2.	Chez les vaches.....	67
3.1.3.	Chez les génisses	72
3.2.	Etude des pratiques de l'éleveur via les questionnaires.....	75
3.2.1.	Caractéristiques générales des exploitations	75
3.2.2.	Gestion de la reproduction	77
3.2.3.	Gestion sanitaire	80

3.2.4. Gestion de l'alimentation.....	80
3.2.5. Avis de l'éleveur	82
IV- Discussion.....	83
4.1. Mise en perspective des résultats obtenus	83
4.1.1. Comparaison des performances de reproduction entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels.....	83
4.1.2. Questionnaires aux éleveurs.....	83
4.2. Comparaison de l'effet de l'élevage biologique sur les performances de reproduction avec d'autres études.....	83
4.2.1. Chez les vaches.....	83
4.2.2. Chez les génisses	85
4.3. Hypothèses d'explication des résultats et mise en lien avec les réponses des éleveurs interrogés.....	86
4.3.1. Lien entre élevage biologique et performances de reproduction.....	86
4.3.2. Une explication majeure des variations de performances de reproduction : la race.....	88
4.4. Bonnes pratiques pouvant être mises en place par les éleveurs laitiers biologiques	91
4.4.1. Choix de la race : adaptation aux attentes de l'éleveur et amélioration des performances de reproduction	91
4.4.2. Utilisation de l'outil génétique en reproduction bovine.....	91
4.4.3. Le point clé de l'élevage biologique : la prévention	91
4.4.4. Des pistes de recherche pour l'amélioration de la reproduction en élevage bovin biologique.....	92
CONCLUSION	93
BIBLIOGRAPHIE.....	95
ANNEXES.....	101

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Règlementation chiffrée des élevages bovins laitiers biologiques.....	102
Annexe 2 : Valeurs des paramètres de performances pour les Prim'Holstein, Montbéliardes et Croisées dans la région Auvergne Rhône-Alpes.....	103
Annexe 3 : Questionnaire soumis aux éleveurs de bovins biologiques en région Auvergne Rhône-Alpes	104
Annexe 4 : Principe du calcul des RR.....	109
Annexe 5 : Effets additifs du type d'élevage et de la race des animaux sur les variables IVIAP et IVIAf	110
Annexe 6 : OR et RR des variables RIA1, R25j et RglA1	111
Annexe 7 : Vérification des hypothèses de distribution de normalité des résidus des modèles LMM.....	112
Annexe 8 : Vérification des hypothèses de distribution normale des effets aléatoires pour tous les modèles	113
Annexe 9 : Script R pour les variables IVIAP, IVIAf et RIA1	115
Annexe 10 : Script R pour les variables R25j et RglA1	118

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma de la topographie générale de l'appareil génital de la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)	26
Figure 2 : Schéma de l'organisation générale de l'ovaire chez la vache et ses moyens de fixité (d'après S.Sawaya)	27
Figure 3 : Schéma d'une coupe transversale d'un ovaire de vache (d'après Schatten, Constantinescu 2007).....	27
Figure 4 : Schéma de l'organisation générale du tractus génital chez la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)	28
Figure 5 : Schéma de l'organisation d'une trompe utérine chez la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)	29
Figure 6 : Schéma de l'organisation générale de l'utérus chez la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978).....	29
Figure 7 : Schéma de la chronologie du cycle sexuel chez la vache.....	31
Figure 8 : Schéma de l'organisation anatomique de l'axe hypothalamo-hypophysaire (d'après Hopper 2015)	33
Figure 9 : Schéma de la chronologie des vagues folliculaires (d'après S.Chastant-Maillard 2006).....	34
Figure 10 : Schéma du déclenchement des chaleurs et de l'ovulation.....	35
Figure 11 : Schéma des contrôles hormonaux au cours du metœstrus et du début du diœstrus	36
Figure 12 : Schéma du contrôle hormonal de la lutéolyse	37
Figure 13 : Schéma du contrôle hormonal de la croissance et de la maturation folliculaire pendant le pro-œstrus	38
Figure 14 : Valeurs des différents intervalles composants l'IVV pour les vaches laitières de la région Auvergne Rhône-Alpes toutes races confondues (REPROSCOPE 2018)	42
Figure 15 : Distribution de l'IVIAP dans les données de l'étude	68
Figure 16 : Distribution de l'IVIAF dans les données de l'étude	69
Figure 17 : Distribution du nombre d'Insémination Animale (IA) par vache dans les données de l'étude.....	69
Figure 18 : Effets multiplicatifs du type d'élevage et de la race de la vache sur l'IVIAP (A) et l'IVIAf (B).....	70
Figure 19 : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RIA1 en termes d'ORs	71

Figure 20 : Description de la distribution du nombre d'IA par génisse au sein de la population d'étude.....	73
Figure 21 : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RgIA1 (A) et R25j (B) en termes d'ORs	74
Figure 22 : Graphiques des résidus standardisés de Pearson (A) et des quantiles des résidus standardisés (B) pour le modèle de la variable IVIAP.....	112
Figure 23 : Graphiques des résidus standardisés de Pearson (A) et des quantiles des résidus standardisés (B) pour le modèle de la variable IVIAf	112
Figure 24 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable IVIAP.	113
Figure 25 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable IVIAf .	113
Figure 26 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable RIA1..	114
Figure 27 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable R25d.	114
Figure 28 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable RgIA1	114

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Rôles, organes sécréteurs et organes cibles des hormones impliquées dans le cycle sexuel de la vache	32
Tableau II : Répartition des effectifs des vaches et génisses	60
Tableau III : Tableau récapitulatif des variables considérées et de leurs modalités	63
Tableau IV : Répartition des effectifs des vaches dans les différentes catégories	67
Tableau V : Répartition des effectifs des génisses dans les différentes catégories.....	72
Tableau VI : Effectifs et races de vaches laitières dans les cinq élevages.....	75
Tableau VII : Taux de réforme et de renouvellement dans chaque élevage	76
Tableau VIII : Activités autres que l'atelier laitiers présentes sur l'exploitation.....	76
Tableau IX : Répartition des méthodes d'insémination chez les cinq éleveurs.....	78
Tableau X : Composition des rations d'été et d'hiver	81
Tableau XI : Variations des valeurs d'IVIAP et d'IVIAf entre élevages biologiques et conventionnels obtenues dans d'autres études	85
Tableau XII : Synthèse des résultats d'IVIAP et d'IVIAf obtenus pour différentes races de vaches laitières dans d'autres études	90
Tableau XIII : Densité de population de vaches laitières à ne pas dépasser pour ne pas générer plus de 170 kg d'azote par an et par hectare (en nombre de vaches par hectare) en fonction du temps passé à l'extérieur de la production laitière.....	102
Tableau XIV : Taille des aires d'exercice intérieures et extérieures en fonction de la catégorie et du poids de l'animal	102
Tableau XV : Valeurs des différents paramètres de performance de reproduction pour les Prim'Holstein, Montbéliardes et Croisées de la région Auvergne Rhône-Alpes	103
Tableau XVI : Effets additifs et multiplicatifs du type d'élevage et de la race sur l'IVIAP avec leurs intervalles de confiance à 95 % et les p-value ; l'effet aléatoire est l'élevage	110
Tableau XVII : Effets additifs et multiplicatifs du type d'élevage et de la race sur l'IVIAf avec leurs intervalles de confiance à 95 % et les p-value ; l'effet aléatoire est l'élevage	110
Tableau XVIII : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RIA1 en termes d'ORs avec les RRs correspondant à chaque modalité des variables explicatives ; l'effet aléatoire est l'élevage	111
Tableau XIX : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur R25j en termes d'ORs avec les RRs correspondant à chaque modalité des variables explicatives ; l'effet aléatoire est l'élevage	111

Tableau XX : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RglA1 en termes d'ORs avec les RRs correspondant à chaque modalité des variables explicatives ; l'effet aléatoire est l'élevage 111

LISTE DES ABREVIATIONS

AIC : Akaike Information Criterion
AURA : Auvergne Rhône-Alpes
BTTL : Bilan technique du Troupeau Laitier
CNIEL : Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière
COFRAC : Comité Français d'Accréditation
E2 : Œstrogènes
FNAB : Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique
FSH : Follicle Stimulating Hormone
GLMM : Generalized Linear Mixed Model
GnRH : Gonadotropin Releasing Hormone
IA : Insémination animale
IA1-IAf : Intervalle 1^{ère} insémination – Insémination Fécondante
IC : Intervalle de confiance à 95%
IFOAM : International Federation of Organic Agriculture Movements
INAO : Institut National de l'Origine et de la Qualité
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
ITAB : Institut Technique pour l'Agriculture Biologique
IVIA1 : Intervalle Vêlage – 1^{ère} Insémination
IVIAf : Intervalle Vêlage – Insémination Fécondante
IVV : Intervalle Vêlage – Vêlage
KL : Kullback-Leibler
LH : Luteinizing Hormone
LM : Linear Model
LMM : Linear Mixed Model
MLE : Maximum Likelihood Estimator
OGM : Organismes Génétiquement Modifiés
OR : Odd ratio
P4 : Progestérone
PGF2 α : Prostaglandines F2 α
Réf : Elevage de référence : élevage CONVENTIONNEL de race PH
RR : Risque Ratio
SIQO : Signes officiels d'Identification de la Qualité et de l'Origine
SYANBIO : Syndicat National des Transformateurs et des Distributeurs
TNR90 : Taux de Non-Retour en chaleurs à 90 jours

INTRODUCTION

L'intérêt des consommateurs pour les produits issus de l'agriculture biologique augmente d'année en année, notamment depuis les années 2000. Bien que cet intérêt grandissant ne soit que très récent, les concepts et prémices de l'agriculture biologique ont été construits sur la base de courants fondateurs issus des quatre coins du monde et ce, depuis le début du XX^{ème} siècle. L'apparition et la considération de ces courants fondateurs sont directement liées à l'après-Guerre. Une forte industrialisation des pratiques agricoles faisant suite à la Première Guerre Mondiale a eu lieu (via la théorie de la nutrition exclusivement minérale des plantes de Julius Von Liebig et la découverte des engrais minéraux notamment). L'intensification de ces pratiques a été de moins en moins bien vue par la population car elle remettait en cause le bien-être et la santé non seulement du consommateur mais aussi de l'agriculteur. Ainsi, quatre grands mouvements et méthodes ont vu le jour à partir des années 1920 (MORIN 2010) :

- 1- **La BIODYNAMIE** : c'est un mouvement qui a été initié et dirigé par Rudolf STEINER (1861 – 1925) en 1924 via un ensemble de conférences. C'était un philosophe et scientifique autrichien à l'origine de l'anthroposophie¹.

La biodynamie considère ainsi toute exploitation agricole, jardin ou ferme comme un organisme indépendant et autonome. Tout doit être produit et utilisé sur place, la présence du bétail est donc obligatoire pour pouvoir obtenir le fumier servant à la fertilisation des sols de l'exploitation. Elle utilise aussi des produits biodynamiques et l'influence du soleil, de la lune, des planètes et des signes du zodiaque.

Elle aboutit à la création de la société DEMETER en 1928 qui distribue des produits biodynamiques.

- 2- **La méthode INDORE** : Elle a été initiée par l'agronome et botaniste anglais Sir Albert HOWARD (1873 – 1947) en 1940 dans son livre *Le testament agricole*. Il s'agit d'un procédé en tas ou en fosse visant à maintenir ou améliorer la fertilité des sols. Il permet également de renforcer la résistance des plantes face aux maladies. Ceci tend à aller vers une autonomie de l'exploitation.

Ses travaux ont été poursuivis par IJ. RODALE et Soil Association qui ont créé l'agriculture organique (aussi connue sous le terme d'« organic farming »).

Ce principe a été repris en France par le groupe Lemaire Boucher.

- 3- **La méthode ORGANO-BIOLOGIQUE** : elle voit ses débuts en 1930 en Suisse grâce au politique Hans MULLER, mais c'est le médecin et microbiologiste Hans Peter RUSCH (1906 – 1977) qui met véritablement cette méthode au point dans les années 1960 dans son livre *La fécondité du sol*. Il conteste la fertilisation chimique des sols et prône une agriculture autonome ou se basant au moins sur une fertilisation organique et non minérale en intégrant les progrès de la biologie dans l'agriculture.

- 4- **L'agriculture NATURELLE/« SAUVAGE »** : elle a été créée au Japon au début des années 1930 à partir des observations du japonais Masanobu FUKUOKA (1913 – 2008) ; initialement microbiologiste spécialisé en phytopathologie, il s'est reconverti en agriculteur. Il expose sa méthode dans son livre *La révolution d'un seul brin de paille*. Elle repose sur quatre grands principes (FUKUOKA 1975) :

- *Ne pas cultiver (ne pas labourer ou retourner la terre)*
- *Ne pas utiliser de fertilisant chimique ou de compost préparé*
- *Ne pas désherber au cultivateur ni aux herbicides*

¹ Courant de pensées intégrant les dimensions psychiques et spirituelles à la démarche scientifique

- *Faire en sorte de ne pas dépendre des produits chimiques*

Il s'agit de respecter la nature et son fonctionnement, d'utiliser la totalité des plantes (mauvaises herbes, etc...) pour former un ensemble autonome, riche et productif. Les productions de certaines plantes (comme les légumineuses) vont permettre de fournir assez de nutriments aux cultures qui nous intéressent par exemple.

Cette méthode a été reprise dans les années 1970 par le scientifique et biologiste australien Bill MOLLISSON (1928 – 2016), prix Nobel alternatif. Il a été le cofondateur de ce que l'on connaît aujourd'hui sous le nom de permaculture.

L'agriculture biologique est issue de ces quatre courants fondateurs qui prônent chacun l'autonomie de l'exploitation agricole en respectant la fertilisation naturelle des sols et d'autres techniques respectueuses de la biologie. Tout cela est également le reflet des enjeux sociétaux, économiques, agricoles et sanitaires du début du XX^{ème} siècle. Il faudra attendre l'après Seconde Guerre Mondiale et le début des années 1950 pour voir arriver les prémices de l'agriculture biologique en France. Elle répond à une inquiétude grandissante des consommateurs et des médecins vis-à-vis des engrais, pesticides et traitements réalisés sur les produits alimentaires. Cependant, son évolution est timide et difficile. A la suite des manifestations de 1968, une vague d'installations à la campagne a eu lieu. Jusque-là, l'agriculture biologique n'existait pas en tant que telle, il s'agissait plutôt d'une manière de gérer son exploitation afin qu'elle soit plus autonome et respectueuse des sols, des produits, des agriculteurs et des consommateurs.

C'est en 1972 que le tout premier cahier des charges de l'agriculture biologique est proposé et rédigé par l'association Nature et Progrès. L'officialisation au niveau européen se fait en 1981 via la Loi d'Orientation Agricole et le logo bien connu « AB » est créé en 1984. La réglementation européenne pour les produits végétaux est mise en place en 1991 et celle pour les produits animaux de 1992 à 1998. L'agriculture biologique concerne alors tous les produits agricoles, qu'ils soient d'origine animale ou végétale.

Le concept d'agriculture biologique existe donc depuis le début du XX^{ème} siècle, mais la reconnaissance politique, juridique et réglementaire n'est que très récente et ne cesse de prendre de l'ampleur.

Depuis 2011, la consommation de produits biologiques connaît une très forte augmentation, qui s'est accentuée ces quatre dernières années (AGENCE BIO 2021). Les français considèrent les produits biologiques comme des « valeurs refuges », bons pour la santé et l'environnement et sont rassurants. Cette augmentation signe l'apparition d'un nouveau mode de consommation qui connaît un essor supplémentaire avec l'actuelle crise de COVID-19. En effet, le baromètre de l'Agence bio de 2021 montre que les Français sont de plus en plus tournés vers les produits locaux, respectueux de l'environnement et de la santé et les produits biologiques. En 2021, 73 % des Français consomment des produits biologiques au moins une fois par mois et 13 % des Français en consomment au quotidien. Cinquante pour cent des produits laitiers consommés sont biologiques (dont 32 % de lait, 30 % de fromage et 27 % d'autres produits laitiers) et 30 % de la viande consommée est biologique (dont 17 % de bœuf et 9 % de veau). Le lait et les produits laitiers représentent une part importante du marché. Avec une population de plus en plus tournée vers le respect de l'environnement et du bien-être animal mais aussi une meilleure santé, la valorisation des produits biologiques augmente de plus en plus via une augmentation de la demande du consommateur. La conversion des élevages conventionnels en élevages biologiques augmente également de plus

en plus d'année en année. La conversion des élevages bovins laitiers a notamment connu une poussée en 2016.

La région Auvergne Rhône-Alpes est la troisième région française en agriculture biologique derrière la Bretagne et les Pays de la Loire. Elle compte 868 élevages laitiers engagés en bio réunissant 18 159 vaches laitières certifiées biologiques et 17 174 vaches laitières en conversion en élevage biologique en 2019 soit un total de 35 333 vaches laitières engagées en élevage biologique, (AGENCE BIO 2020b). Ces chiffres augmentent d'environ 18 % d'année en année. Une bonne production laitière dépend de nombreux facteurs. Un facteur majeur est la reproduction. Au-delà de la nécessité de produire un veau pour pouvoir lancer la production laitière, la reproduction est également un indicateur de santé, de performance et de gestion de l'élevage. Le cahier des charges de l'agriculture biologique pour les élevages bovins laitiers est assez exigeant et certains critères peuvent laisser penser qu'ils auront un impact sur les performances de reproduction des vaches laitières. Un exemple est l'interdiction de recourir aux traitements hormonaux, or ces derniers peuvent être très utiles en cas de retard de chaleurs par exemple. De même l'utilisation de vitamines est interdite puisqu'elle recourt à des vitamines produites de manière synthétique et extérieure à l'exploitation. Les rations pourraient donc être plus difficiles à gérer, à équilibrer et à adapter en élevage biologique qu'en élevage conventionnel, ce qui pourrait avoir un impact sur les performances de reproduction des animaux.

A ce jour, il n'existe que très peu d'études sur la comparaison des performances de reproduction entre élevages biologiques et non biologiques. Il existe également très peu de documents permettant de prendre du recul sur les pratiques des éleveurs en élevage biologique.

L'objectif de cette thèse est double :

- Déterminer si les contraintes du cahier des charges de l'agriculture biologique en élevage bovin laitier impactent (positivement ou négativement) les performances de reproduction des animaux.
- Trouver des éléments pouvant expliquer cette absence ou présence d'impact des contraintes de l'agriculture biologique.

La première partie de cette thèse sera consacrée aux rappels anatomiques et physiologiques entrant dans la reproduction de la vache laitière mais aussi aux différents paramètres permettant d'évaluer les performances de reproduction des vaches et génisses laitières et aux points de réglementation de l'agriculture biologique concernant les élevages bovins laitiers. La seconde partie sera dédiée à une étude personnelle effectuée à l'échelle de la région Auvergne Rhône-Alpes, concentrée à la fois sur une comparaison des performances de reproduction entre élevages conventionnels et élevages biologiques mais aussi sur une description des pratiques des éleveurs biologiques.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I- Rappels sur l'anatomie de l'appareil génital de la vache

De manière générale, l'appareil génital femelle est composé de deux unités structurales : les ovaires et le tractus génital. Le tractus génital comprend l'oviducte, l'utérus, le vagin, le vestibule et la vulve. Les organes génitaux externes rassemblent le méat urinaire et la vulve (Figure 1), (Cl.PAVAUX, Y.LIGNEREUX 1978).

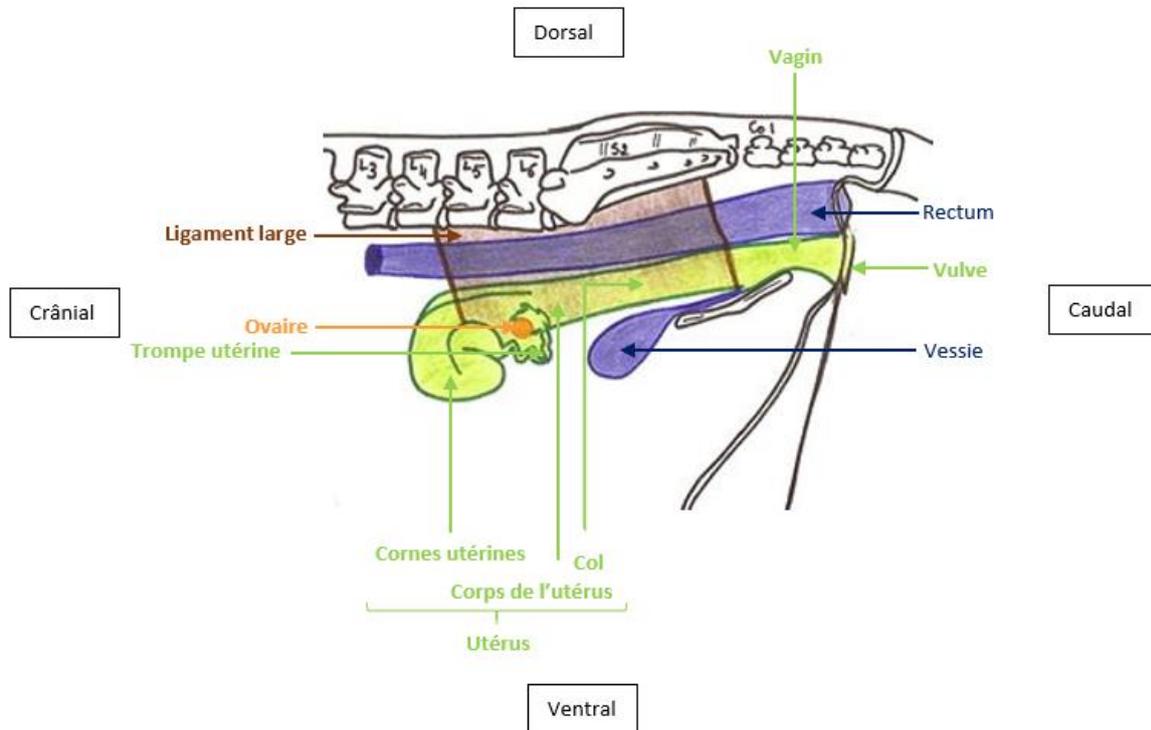


Figure 1 : Schéma de la topographie générale de l'appareil génital de la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)

1.1. Anatomie des ovaires

Chez la vache, les ovaires sont situés au niveau de la bifurcation des deux cornes à l'entrée du bassin et ont une silhouette ovoïde (Figure 1). Plus une vache a un nombre élevé de gestations, plus les ovaires peuvent être crâniens. Ils mesurent environ 3,5 à 4 centimètres de long, 2 centimètres de large et 1 à 2 centimètres d'épaisseur et ont une texture assez ferme lors de la palpation transrectale.

L'ovaire possède deux faces (médiale et latérale), deux bords (libre et mésovarien) ainsi que deux extrémités (tubaire et utérine). Les surfaces médiale et latérale ainsi que le bord libre sont convexes et irréguliers (Figure 2).

Les moyens de fixité rassemblent trois ligaments et le mésovarium : le ligament suspenseur de l'ovaire relie l'extrémité tubaire au plafond de la cavité abdominale, le ligament tubo-ovarique relie l'extrémité tubaire de l'ovaire à la trompe utérine et le ligament propre de l'ovaire relie l'extrémité utérine à la corne utérine. Enfin, le mésovarium possède deux segments, un segment proximal reliant la paroi abdominale au début du mésosalpinx et un segment distal qui relie le début du mésosalpinx au bord mésovarien de l'ovaire (Figure 2), (SCHATTEN, CONSTANTINESCU 2007).

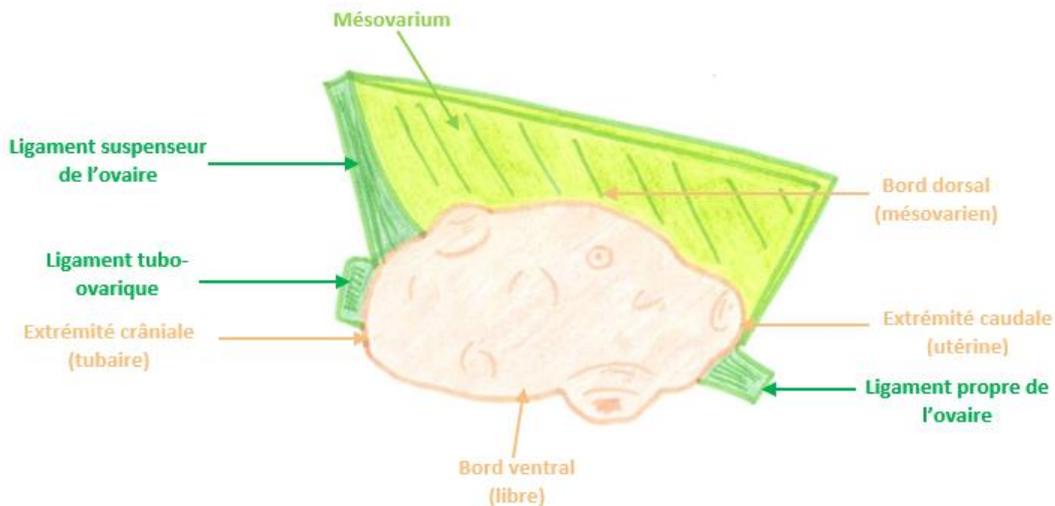


Figure 2 : Schéma de l'organisation générale de l'ovaire chez la vache et ses moyens de fixation (d'après S.Sawaya)

Au niveau de sa structure interne, l'ovaire présente plusieurs couches. De l'extérieur vers l'intérieur, on trouve la tunique albuginée qui recouvre l'ovaire, puis un épithélium cuboïde. Cet ensemble est en contact étroit avec le cortex qui contient les follicules et les corps lutéaux. Ensuite se trouvent la médulla contenant les vaisseaux nourriciers de l'ovaire, les vaisseaux lymphatiques, les nerfs et quelques fibres musculaires lisses. La jonction entre le cortex et la médulla est faite par un tissu conjonctif lâche appelé stroma (Figure 3).

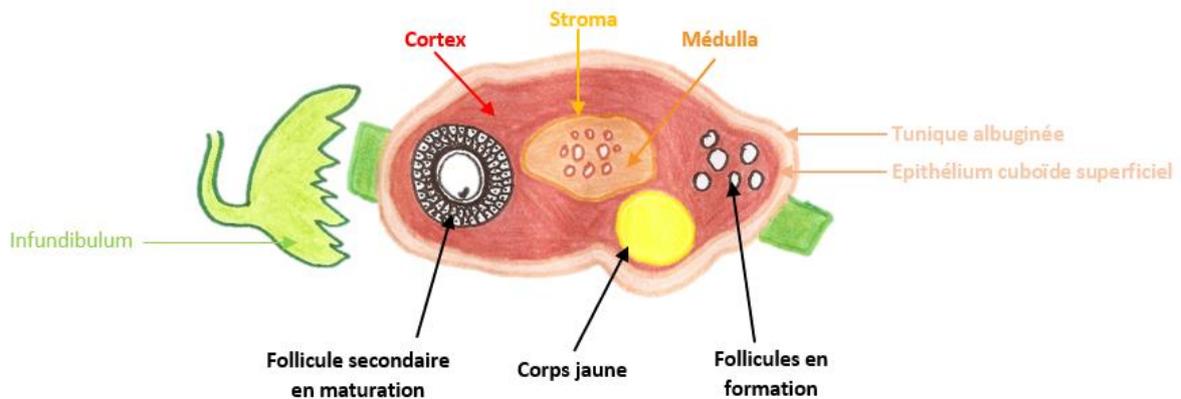


Figure 3 : Schéma d'une coupe transversale d'un ovaire de vache (d'après Schatten, Constantinescu 2007)

1.2. Anatomie du tractus génital

Le tractus génital de la vache réunit cinq grandes entités, les trompes utérines, l'utérus (lui-même divisé en trois parties), le vagin, le vestibule et la vulve. Les grandes caractéristiques que l'on peut retrouver chez la vache sont la forme de l'utérus, l'agencement interne et externe des cornes utérines et la position des ovaires qui sont très proches de l'entrée du bassin (Figure 4), (Cl.PAVAUX, Y.LIGNEREUX 1978)

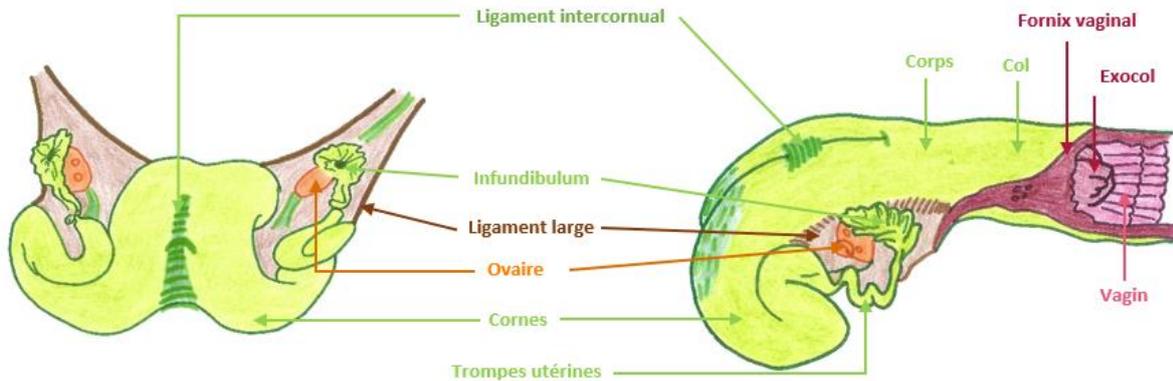


Figure 4 : Schéma de l'organisation générale du tractus génital chez la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)

1.2.1. Anatomie des trompes utérines

Elles sont également connues sous le nom de « Trompes de Fallope » ou encore « Salpinx ». Ce sont des conduits qui relient l'apex de la corne utérine à l'ovaire. Elles mesurent 20 à 28 centimètres de long.

Les trompes utérines sont constituées de plusieurs parties. On trouve l'ostium abdominal qui est une petite ouverture de la trompe située en face de l'extrémité crâniale de l'ovaire. Cet ostium est entouré par l'infundibulum (pavillon externe de la trompe). Ce dernier est en forme d'entonnoir et est très mobile. Il permet de réceptionner les ovocytes en provenance de l'ovaire lors de l'ovulation. Afin d'éviter que les ovocytes ne tombent dans la cavité péritonéale, l'infundibulum est entouré par des fimbria, sortes de petites franges, lui donnant un aspect en fleur.

Ensuite, se trouvent trois parties qui peuvent être différenciées par leur diamètre et leur taille (Figure 5) :

- L'ampoule utérine, la plus grande partie du salpinx entre l'ostium et l'équivalent de l'isthme ;
- Un équivalent de l'isthme, la partie la plus étroite du salpinx ;
- La partie utérine qui est la partie la plus courte

Le salpinx est maintenu en place par le mésosalpinx. Avec le mésovarium distal, le mésosalpinx forme une cavité appelée la bourse ovarique abritant l'ovaire.

La paroi des trompes est constituée d'une muqueuse plissée, d'une fine couche musculaire dont l'épaisseur diminue de plus en plus quand on se rapproche de l'utérus et d'une couche séreuse (SCHATTEN, CONSTANTINESCU 2007).

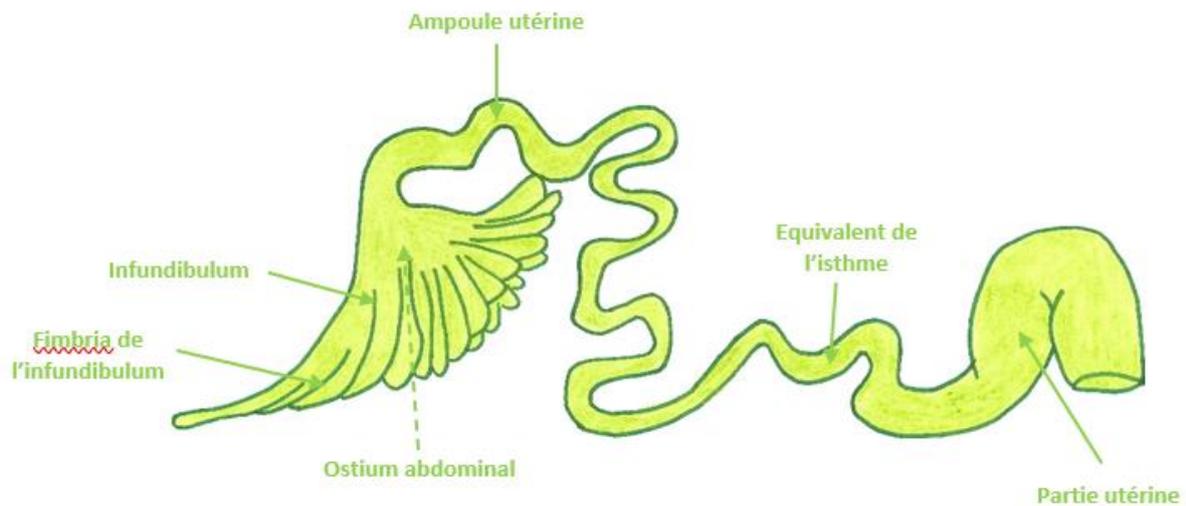


Figure 5 : Schéma de l'organisation d'une trompe utérine chez la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)

1.2.2. Anatomie de l'utérus

L'utérus est l'organe de la gestation. Il est composé de trois segments distincts : les cornes, le corps et le col. Chez la vache, l'utérus est dit bicorne unicervical.

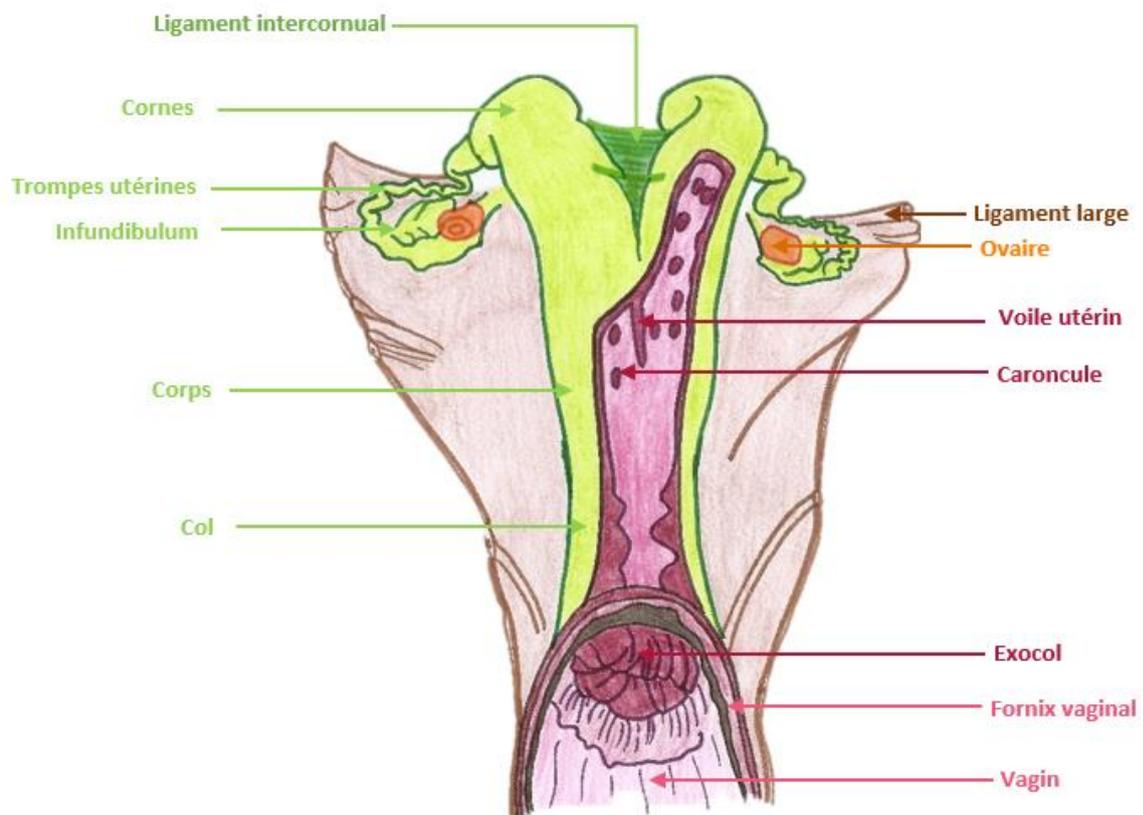


Figure 6 : Schéma de l'organisation générale de l'utérus chez la vache (d'après Cl.Pavaux, Y.Lignereux 1978)

Les cornes sont spiralées de type bipartitus car elles sont plus longues que le corps et mesurent entre 35 et 45 centimètres de long. Elles sont adossées dans leur partie la plus caudale, à l'entrée du corps de l'utérus sur 10 à 15 centimètres dans le plan médian et sont réunies extérieurement par deux ligaments intercornuaux (dorsal et ventral) (Figure 4). Au sein, de l'utérus, elles sont séparées par le voile utérin (Figure 6).

Le corps de l'utérus mesure trois à quatre centimètres de long et est suspendu dans la cavité abdominale par le ligament large qui passe ventralement à l'utérus. La paroi de l'utérus est constituée de trois couches avec, de l'intérieur vers l'extérieur : l'endomètre qui est la couche muqueuse, le myomètre qui est la couche musculaire divisée en deux couches internes (circulaire et oblique) et une couche externe (longitudinale) et le périmètre qui est la couche séreuse, continuité du péritoine sur l'utérus.

Dans l'endomètre des cornes et du corps de l'utérus, on trouve quatre plis longitudinaux séparés par des creux transversaux donnant une muqueuse divisée en dix segments ainsi que deux plis accessoires. Chaque segment du pli s'isole et se développent en une caroncule indépendante. Quatre-vingts à cent vingt caroncules peuvent être trouvés dans l'utérus. Ce sont les zones d'implantation des cotylédons du placenta lors de la gestation. L'ensemble {caroncule + cotylédon} forme un placentome (SCHATTEN, CONSTANTINESCU 2007).

Le col de l'utérus est généralement situé sur le plancher du bassin. Il mesure environ 10 centimètres de long, a deux orifices interne et externe ainsi qu'une partie pré-vaginale et d'une partie vaginale, ce qui permet de séparer l'environnement utérin de l'environnement extérieur lorsqu'il est fermé. Il s'agit d'un cylindre ferme et fibreux constitué d'une couche musculaire et d'une couche muqueuse. La couche musculaire contient de nombreuses fibres élastiques et se comporte comme un sphincter. La muqueuse est constituée de quatre plis perpendiculaires aux creux, ce qui donne un aspect en fleur au col dans sa partie vaginale. En plus des plis formés par la muqueuse, trois anneaux fibreux composent le col (HUET, DE MOUSTIER 2009)

1.2.3. Anatomie du vagin

Le vagin est un canal unique situé entre le col et le vestibule. Il mesure environ 30 centimètres de long. Il est constitué de cinq parties : le fornix, les bords dorsal et ventral, l'hymen et l'ostium vaginal (Figure 4), (SCHATTEN, CONSTANTINESCU 2007)

1.2.4. Anatomie du vestibule

Le vestibule est la transition entre le vagin et la vulve et mesure entre huit et dix centimètres de long. Il est constitué du *bulbus vestibuli* et des glandes vestibulaires majeure et mineure (HOPPER 2015).

1.2.5. Anatomie de la vulve

La vulve fait partie des organes génitaux externes et est constituée de deux lèvres et deux commissures (dorsale et ventrale) ainsi que de la fisure pudendale (HOPPER 2015).

II- Rappels sur la physiologie de la reproduction chez la vache laitière

Dans le cadre d'un élevage bovin laitier, la gestion de la reproduction est particulièrement importante. Elle peut être considérée comme étant encore plus importante que la production de lait. En ce sens, la physiologie de la reproduction est essentielle si l'on souhaite comprendre la gestion des élevages laitiers mais aussi les problèmes de reproduction que l'on peut y rencontrer, notamment en élevage biologique.

Les vaches sont des femelles polyœstriennes non saisonnées. Ainsi, leur cycle est dit continu. Ces cycles sont caractérisés par la présence de vagues folliculaires successives à la fin desquelles un follicule dominant peut donner lieu à une période de chaleurs et une ovulation ou s'atrophier. Les cycles ont une longueur moyenne de 21 jours (ils peuvent varier entre 17 et 24 jours) et contiennent deux à trois vagues folliculaires dans la majorité des cas.

Un cycle peut être divisé en deux grandes phases : la phase folliculaire, caractérisée par l'absence de corps jaune et le développement folliculaire, et la phase lutéale, caractérisée par la formation, la maturation et l'activité du corps jaune.

La phase folliculaire peut être divisée en deux périodes : le pro-œstrus et l'œstrus. La phase lutéale, quant à elle, peut être divisée en metœstrus et en diœstrus (HOPPER 2015).



Figure 7 : Schéma de la chronologie du cycle sexuel chez la vache

2.1. Hormones impliquées dans le cycle sexuel chez la vache

2.2.1. Caractéristiques générales

Six hormones principales sont impliquées tout au long du cycle sexuel chez la vache : la Gonadotropin Releasing Hormone (hormone de libération de la gonadotropine ou gonadolibérine ou encore GnRH), la Luteinizing Hormone (hormone lutéinisante ou LH), la Follicle Stimulating Hormone (hormone follicostimulante ou FSH), les Œstrogènes (E2), la Progestérone (P4) et la Prostaglandine F2 α (PGF2 α).

Elles peuvent être divisées en deux catégories en fonction de l'organe qui les sécrète. En effet, une partie d'entre elles est sécrétée par l'ensemble {hypothalamus – hypophyse} (GnRH, LH et FSH) situé à la base du cerveau et l'autre partie est sécrétée par le tractus génital (E2, P4 et PGF2 α).

L'organe sécréteur, l'organe cible et les rôles de ces différentes hormones sont synthétisés dans le Tableau 1.

Tableau I : Rôles, organes sécréteurs et organes cibles des hormones impliquées dans le cycle sexuel de la vache (d'après Hopper 2015)

Hormone	Organe sécréteur	Organe cible	Rôles
GnRH	Hypothalamus	Hypophyse	<ul style="list-style-type: none"> • Stimule la libération de FSH et de LH et • Induit un pic de LH permettant l'ovulation
LH	Hypophyse	Follicules	<ul style="list-style-type: none"> • Stimulation de la production de P4 (développement et maintien du corps jaune) • Ovulation
FSH	Hypophyse	Follicules	Croissance et maturation folliculaire
E2	Follicules	Axe hypothalamo-hypophysaire	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Rétrocontrôle négatif</u> : inhibe la sécrétion de FSH si la concentration en E2 est faible en présence de P4 • <u>Rétrocontrôle positif</u> : stimule la sécrétion de LH s'il n'y a pas de P4 et la concentration d'E2 dépasse un seuil
P4	Corps jaune	Axe hypothalamo-hypophysaire	<u>Rétrocontrôle négatif</u> : inhibe la sécrétion de GnRH et donc de LH et de FSH : inhibition du pic de LH et de l'ovulation
PGF2 α	Endomètre de l'utérus	Corps jaune	Lyse du corps jaune

La synthèse et la libération de ces hormones sont sous le contrôle de plusieurs facteurs pouvant être internes, comme les hormones, les facteurs de croissance et les molécules de signalisation, ou externes, comme la photopériode et le stress. Ces derniers facteurs sont perçus par le système nerveux central et influencent la libération de GnRH.

2.2.2. Détails des structures anatomiques sécrétant la GnRH, la LH et la FSH

La GnRH, la LH et la FSH sont produites et sécrétées au niveau de deux glandes situées à la base du cerveau : l'hypothalamus et l'hypophyse, réunis sous le nom d'axe hypothalamo-hypophysaire (Figure 8).

La GnRH est produite par les corps cellulaires des neurones situés entre la zone pré-optique et l'hypothalamus ventro-médial. Elle est ensuite stockée dans des vésicules sécrétrices au niveau de l'éminence médiane. Il existe ainsi une réserve de GnRH, celle-ci n'est pas produite pour être excrétée immédiatement mais pour être stockée puis libérée dans la circulation sanguine sous l'influence de signaux que nous allons voir par la suite (Figure 8).

La LH et la FSH sont produites au niveau de l'hypophyse. Elles sont également stockées dans des vésicules sécrétrices et sont libérées sous l'influence de la GnRH (HOPPER 2015).

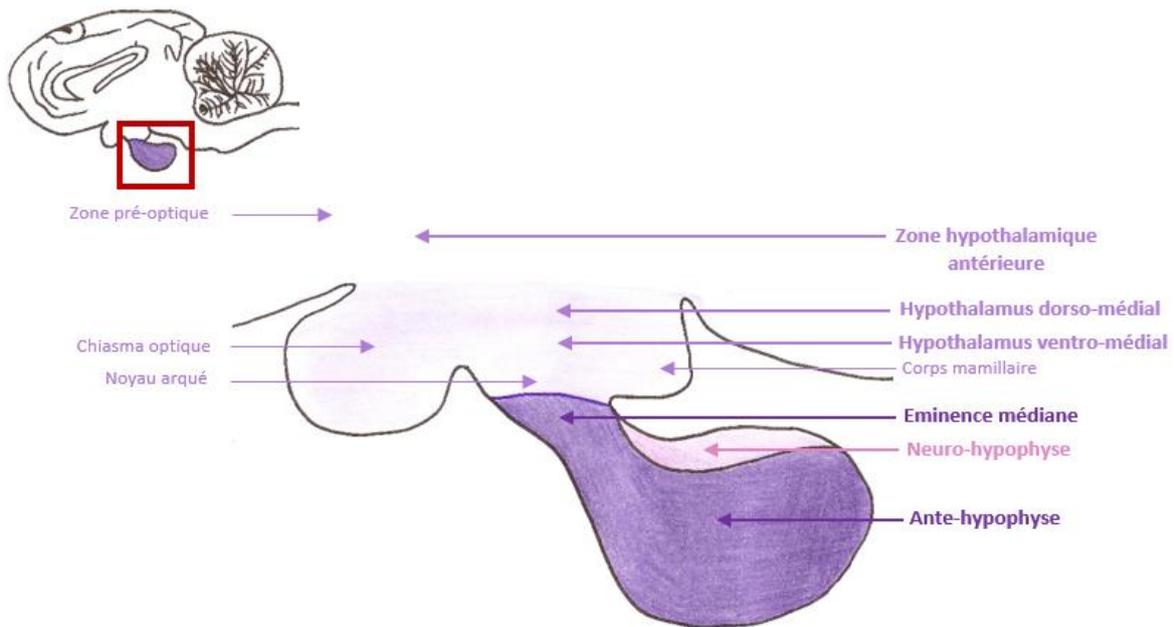


Figure 8 : Schéma de l'organisation anatomique de l'axe hypothalamo-hypophysaire (d'après Hopper 2015)

2.2. Déroulement du cycle sexuel chez la vache

Après un petit rappel sur la notion de vagues folliculaires, nous détaillerons ici les quatre phases du cycle sexuel chez la vache ainsi que les principaux évènements qui les caractérisent.

2.2.1. Notion de vague folliculaire

Les vagues folliculaires ont lieu tout au long du cycle sexuel. Elles se caractérisent par l'émergence soudaine d'une cohorte de follicules (8 à 41 follicules à chaque début de vague folliculaire) d'environ 3-4mm de diamètre.

Au cours d'un cycle, il y a (pour 95 % des vaches) deux à trois vagues folliculaires. Dans de très rares cas, quatre vagues peuvent avoir lieu.

Le cycle sexuel de la vache ayant une durée moyenne de 21 jours, la chronologie de chaque vague peut être donnée comme suit (HOPPER 2015) :

- Première vague à J0.
- Deuxième vague à :
 - J9-J10 pour les cycles comportant deux vagues,
 - J8-J9 pour les cycles comportant trois vagues.
- Troisième vague à J15-J16.

Chaque vague folliculaire est caractérisée par trois phases (Figure 9) :

- 1- Phase de recrutement : il s'agit de la croissance soudaine de la cohorte de 8 à 41 follicules. Cette croissance est précédée et contrôlée par un pic de FSH. Durant les deux premiers jours, le taux de croissance des follicules est similaire pour tous. Leur taille reste inférieure à 6mm de diamètre.
- 2- Phase de sélection : Sur la totalité des follicules en croissance, un seul sera sélectionné, c'est le follicule dominant. Après une diminution brutale de la

concentration de FSH, les autres follicules s'atrophient en 2 à 5 jours. Le follicule dominant continue sa croissance et maintient une production d'œstrogènes (grâce à des récepteurs à la FSH très sensibles). Il atteint 8 à 10mm de diamètre et acquiert de nombreux récepteurs à la LH.

- 3- Phase de dominance : Le follicule dominant continue sa croissance sous l'influence de la LH jusqu'à une taille d'environ 15mm de diamètre. Il produit également de plus en plus d'œstrogènes.

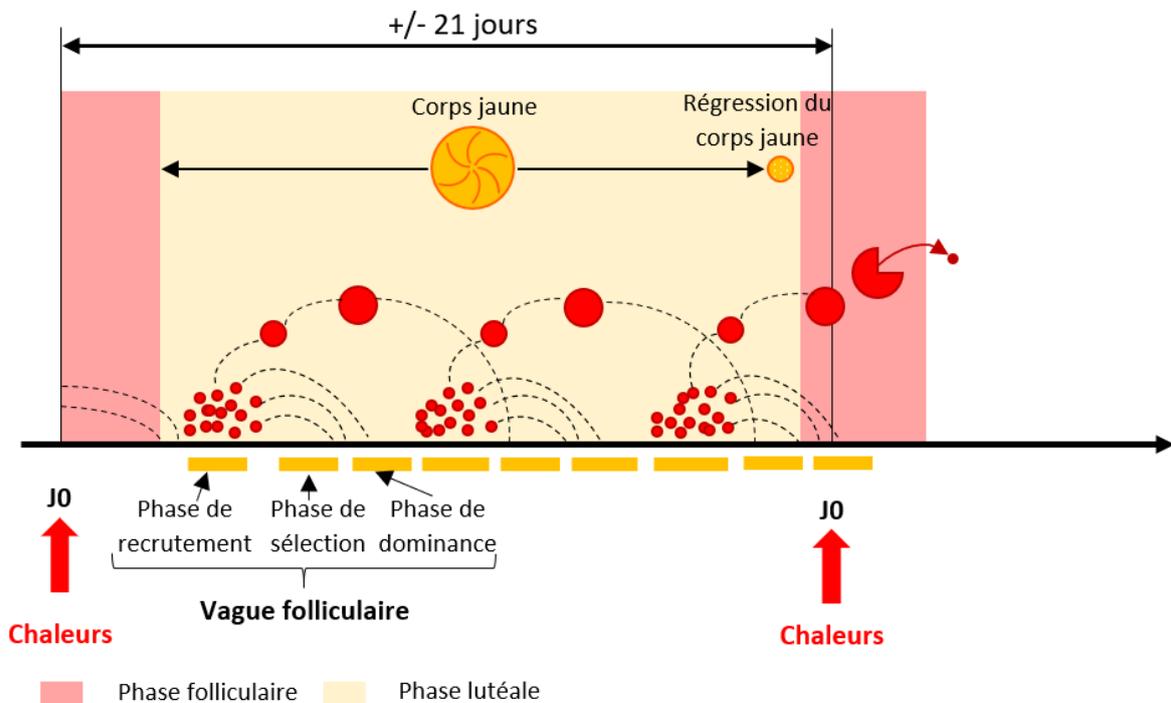


Figure 9 : Schéma de la chronologie des vagues folliculaires (d'après S.Chastant-Maillard 2006)

L'ovulation va être déterminée par l'absence ou la présence du corps jaune. En présence du corps jaune, l'ovulation n'aura pas lieu ; en absence de corps jaune, l'ovulation peut avoir lieu. Nous allons détailler ces événements dans les parties suivantes.

2.2.2. 1^{ère} phase : l'œstrus et l'ovulation

Au niveau physiologique et hormonal, l'œstrus est caractérisé par l'absence de corps jaune et donc l'absence de sécrétion de progestérone (la concentration en progestérone (P4) est inférieure à 2ng/mL) ainsi que par la libération d'œstrogènes (E2) en très grande quantité par le follicule dominant. Les changements hormonaux qui ont lieu pendant cette phase d'œstrus vont permettre de déclencher l'ovulation (Figure 10).

Au niveau comportemental, cette phase est caractérisée par l'expression des chaleurs. L'œstrus, c'est-à-dire le début du cycle, est défini comme étant le premier jour lors duquel une vache exprime ses chaleurs. Cette phase peut durer entre 4 et 24 heures et dure en moyenne 18 heures.

Le principal signe de chaleur est l'acceptation du chevauchement. D'autres signes peuvent être observés comme la tentative de chevauchement, l'agitation et la nervosité, certaines vaches peuvent se renifler le mufler, avoir la queue un peu tordue et levée ou s'isoler. Un autre signe peut être une baisse de production de lait sans explication apparente (HOPPER 2015).

Dans l'idéal, un éleveur peut détecter les chaleurs de ses animaux en pratiquant trois observations par jour pendant environ quinze minutes. Cependant, cette pratique est de moins en moins répandue car elle est très chronophage. D'autres systèmes peuvent être utilisés pour aider à la détection des chaleurs comme les podomètres, les détecteurs d'acceptation de chevauchement, les systèmes de détection intégrés au système de traite ou des caméras. Pour suivre les chaleurs, des plannings linéaires ou rotatifs peuvent être utilisés. Ces pratiques sont très importantes car elles vont permettre de pratiquer les Inséminations Artificielles (aussi appelées Inséminations Animales ou IAs).

L'ovulation a lieu entre 24 et 30 heures après le début des chaleurs, soit entre 10 et 12 heures après la fin des chaleurs (LACERTE 2003). Elle peut être définie comme étant une succession d'évènements aboutissant à la rupture du follicule dominant permettant la libération du complexe cumulo-ovocytaire qu'il renferme (HOPPER 2015). Cet enchaînement d'évènements est présenté dans la Figure 10.

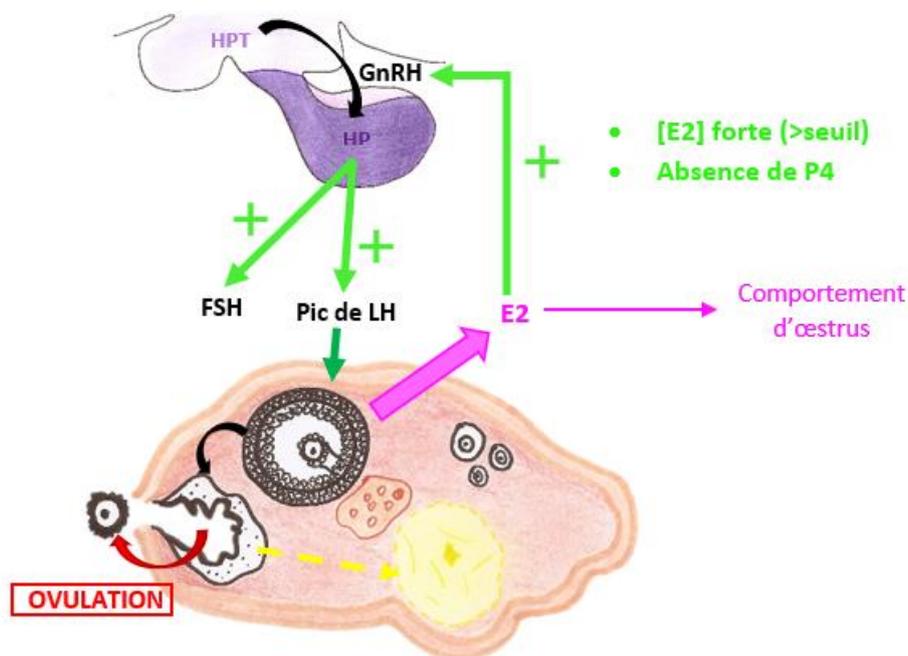


Figure 10 : Schéma du déclenchement des chaleurs et de l'ovulation

La grande quantité d'œstrogène libérée par le follicule dominant pendant l'œstrus va avoir un rétrocontrôle positif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. En effet, la concentration d'œstrogènes, qui dépasse un seuil, associée à l'absence de progestérone (donc un rétrocontrôle négatif très faible voire absent) va stimuler la libération de GnRH par l'hypothalamus. Cette libération de GnRH va à son tour stimuler la libération de FSH et de LH, provoquant ainsi un pic de LH. La LH présente en grande quantité va se fixer sur les récepteurs des cellules de la granulosa et de la thèque du follicule dominant, provoquant ainsi la rupture de ce follicule et la libération du complexe cumulo-ovocytaire (Figure 10).

2.2.3. 2^{ème} phase : le metœstrus

Cette phase marque le début de la phase lutéale (présence et activité du corps jaune) et est définie comme étant la période de formation du corps jaune après l'ovulation. Elle dure environ quatre jours. Le corps jaune se forme grâce à la lutéinisation des cellules de la granulosa et de la thèque (restes des couches pariétales du follicule). Dans 40 à 70 % des cas, le corps jaune contient une cavité centrale remplie d'un transsudat séreux. Cette cavité va devenir de plus en plus petite à mesure que le corps jaune devient mature (HOPPER 2015).

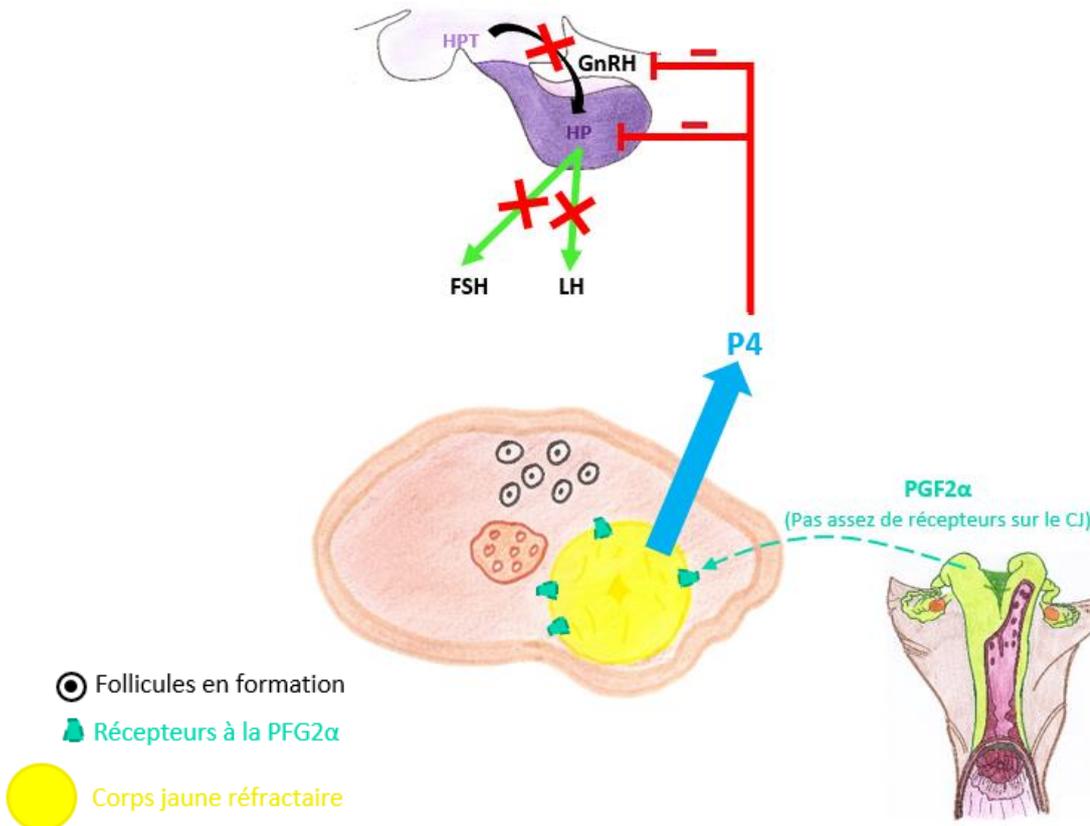


Figure 11 : Schéma des contrôles hormonaux au cours du metœstrus et du début du diœstrus

Ce corps jaune est responsable de la sécrétion de progestérone (P4) qui exerce un rétrocontrôle négatif sur l'axe hypothalamo-hypophysaire. C'est ce rétrocontrôle négatif qui explique la présence de plusieurs vagues folliculaires au cours d'un cycle. En effet, l'axe hypothalamo-hypophysaire étant inhibé, la libération de FSH et de LH est insuffisante pour permettre un pic de LH et déclencher l'ovulation (Figure 11). Pendant le metœstrus, la concentration en P4 augmente progressivement avec l'augmentation de la taille du corps jaune.

Pendant cette période d'environ quatre à cinq jours, le corps jaune est dit réfractaire. En effet, l'endomètre de l'utérus sécrète des prostaglandines (PGF2α) qui sont lutéolytiques. Le corps jaune n'ayant pas encore acquis assez de récepteurs à la PGF2α, il est insensible à cette hormone et ne se lyse pas.

2.2.4. 3^{ème} phase : Le diœstrus et la lutéolyse

Le diœstrus est défini comme étant la période de fonctionnement du corps jaune mature avec production et sécrétion de P4, maintenant le rétrocontrôle négatif sur l'axe

hypothalamo-hypophysaire. Il dure environ 13 jours. La concentration en P4 atteint alors son pic vers J10-J14 à plus de 6ng/mL, puis fini par diminuer aux alentours de J16 avec le début de la lyse du corps jaune que nous allons maintenant aborder (HOPPER 2015).

Bien que le corps jaune empêche l'ovulation, le follicule dominant de la vague folliculaire en cours synthétise et sécrète des œstrogènes qui vont être perçus par les cellules de l'endomètre et permettre la synthèse de récepteurs à l'ocytocine. L'ocytocine, sécrétée par le corps jaune, va stimuler les cellules de l'endomètre et permettre la synthèse de PGF2 α qui va être perçue par les récepteurs du corps jaune et provoquer sa destruction (DRION, ET AL. 1996), (Figure 12).

La lutéolyse provoque la levée du rétrocontrôle négatif de la P4 sur l'axe hypothalamo-hypophysaire et permettra l'ovulation du prochain follicule dominant mature 4 à 6 jours après le début de la lyse du corps jaune (HOPPER 2015).

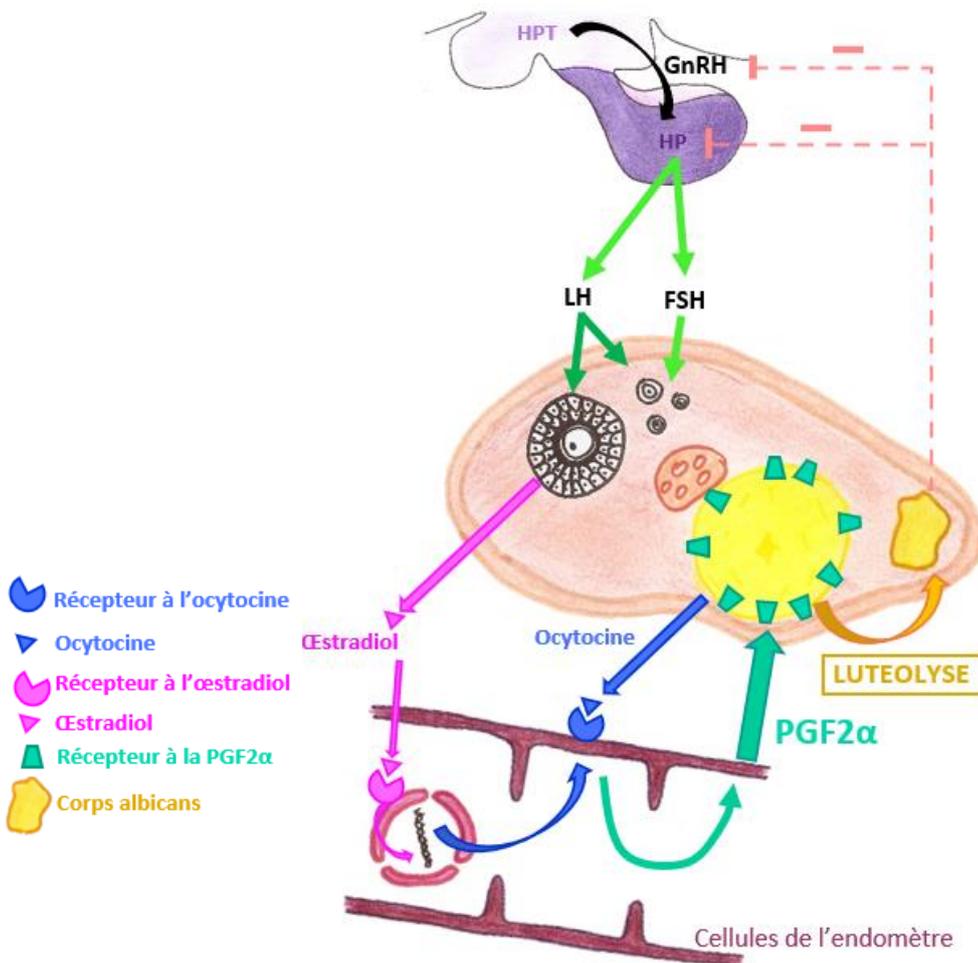


Figure 12 : Schéma du contrôle hormonal de la lutéolyse

2.2.5. 4^{ème} phase : le pro-œstrus

Le pro-œstrus est défini comme étant la période de régression du corps jaune et de développement du follicule ovulatoire. Elle marque le début de la phase folliculaire et dure environ 3 jours.

Au niveau hormonal, elle est caractérisée par la diminution puis l'absence du rétrocontrôle négatif de la P4 et par la présence du rétrocontrôle positif des œstrogènes sécrétés par le follicule dominant. La stimulation de l'axe hypothalamo-hypophysaire va

permettre la libération de FSH et surtout de LH permettant la croissance et la maturation du follicule dominant (HOPPER 2015) (Figure 13). Ces derniers éléments vont aboutir à la libération du follicule dominant mature, donc à l'ovulation. Ainsi le cycle revient à son commencement (cf. partie 2.2.2. 1^{ère} phase : l'œstrus et l'ovulation).

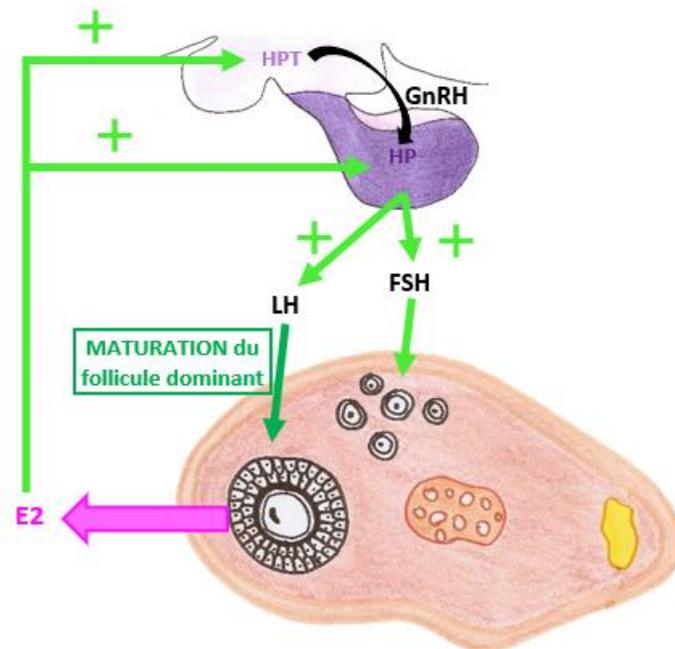


Figure 13 : Schéma du contrôle hormonal de la croissance et de la maturation folliculaire pendant le pro-œstrus

2.3. Le cycle sexuel de la vache lors de période particulières

2.3.1. L'initiation du cycle sexuel chez la génisse : la puberté

2.3.1.1. Généralités

La puberté est le procédé par lequel les animaux acquièrent la capacité à se reproduire. Elle peut également être définie comme étant le premier jour où la concentration en P4 est supérieure à 1ng/mL, mais également comme le premier œstrus suivi par une phase lutéale normale (qui reste cependant plus courte que les prochaines). Chez les génisses, elle a lieu vers l'âge de 10 à 15 mois.

Puberté et commencement de vagues folliculaires ne sont pas synonymes. En effet, les génisses peuvent commencer leurs vagues folliculaires très tôt avant la puberté, vers l'âge de trois à cinq mois. Il n'y a pas d'ovulation à cause de l'effet inhibiteur de l'œstradiol-17 β sur la libération de GnRH.

De même, puberté et première ovulation ne sont pas synonymes. Les génisses peuvent avoir des ovulations silencieuses avec des phases lutéales très courtes.

Lors de la première ovulation, une libération importante de GnRH va permettre la libération de FSH et de LH, déclenchant ainsi l'ovulation (HOPPER 2015).

2.3.1.2. Facteurs influençant l'âge de la puberté

Les facteurs influençant l'âge de la puberté sont nombreux et de différentes natures. Ils incluent le poids et l'état corporel de l'animal, sa race (à titre d'exemple, en race Charolaise, les génisses ont besoin d'avoir un poids (+120kg) et un âge (+50 jours) plus élevés que les génisses de race Jersey), sa génétique et son plan de nutrition (HOPPER 2015).

2.3.1.3. Gestion de la puberté par les éleveurs

L'âge de la puberté est très important pour les éleveurs. Plus une génisse entrera en puberté tôt, plus elle pourra être mise à la reproduction rapidement. Cela a un impact notamment pour les éleveurs ayant pour objectif un premier vêlage à l'âge de deux ans. En ce sens, ils peuvent agir sur deux facteurs naturels : la photopériode et la nutrition.

Les saisons et la photopériode peuvent avoir un impact sur la reproduction à tous les stades et sur plusieurs paramètres, tels que la fécondité, la longueur du cycle ou encore l'anœstrus post-partum. En ce qui concerne la puberté, il a été démontré que l'âge de la puberté était plus grand en hiver. De plus, les génisses nées en automne sont pubères plus tôt que celles nées au printemps (SCHILLO et al. 1992).

Le plan de nutrition est également très important. En effet, avec l'âge, le poids est le facteur le plus important conditionnant la puberté. Les génisses peuvent atteindre leur puberté lorsqu'elles ont atteint environ 55 à 60 % de leur poids adulte. Les éleveurs doivent donc adopter un plan de nutrition adapté s'ils veulent optimiser au maximum la reproduction de leur élevage. Dans l'objectif d'optimiser l'âge de la puberté, un des plans de nutrition peut être le suivant : un sevrage rapide (vers 112 jours d'âge) suivi par une alimentation riche de 126 jours à 196 jours d'âge. Un autre facteur pouvant aboutir à une puberté précoce est la nutrition de la mère pendant la gestation (épigénétique) (HOPPER 2015).

D'autres éléments peuvent être utilisés pour obtenir une puberté précoce mais ils ne peuvent pas être utilisés dans le cadre des élevages biologiques (implants de facteurs de croissance ou injections de P4).

2.3.2. La reprise du cycle sexuel chez la vache en post-partum

La période entre le vêlage et l'expression des premières chaleurs (reprise de cyclicité) est une période critique économiquement parlant. Ce délai conditionne la fertilité future de l'animal.

Au cours de la gestation, les vagues folliculaires continuent d'avoir lieu mais elles diminuent peu à peu jusqu'à ne plus avoir lieu durant les 21 jours qui précèdent le vêlage. La présence du corps jaune pendant toute la durée de la gestation favorise la présence d'une concentration élevée de P4, ce qui maintient un rétrocontrôle négatif important sur la sécrétion de GnRH. Ceci va avoir pour conséquence une diminution de la taille des follicules dominants pendant la gestation.

Cet anœstrus post-partum est expliqué par trois éléments :

- Une diminution importante des réserves en LH dans l'hypophyse durant le dernier tiers de la gestation,
- Le statut nutritionnel et l'état corporel de la vache en péri-partum,
- La suppression des pics importants de GnRH.

À la suite du part, le corps jaune est lysé et le rétrocontrôle négatif est levé. Il faut ensuite environ deux à trois jours à l'organisme pour éliminer les stéroïdes sécrétés pendant la gestation et commencer à refaire ses stocks de GnRH et de LH. Ceux-ci seront totalement refaits deux à trois semaines après le vêlage. Ainsi, la première ovulation post-partum peut avoir lieu environ 21 jours après le part (cet écart peut varier entre 10 et 55 jours ; il est plus long chez les primipares – 31,8 +/- 8,1 jours – que chez les multipares – 17,3 +/- 6,3 jours). Cette première ovulation est rarement précédée par une expression des chaleurs et est suivie par une phase lutéale de courte durée (HOPPER 2015).

Comme pour la puberté, des facteurs peuvent influencer la reprise de la cyclicité, comme l'état corporel, la nutrition, les affections métaboliques ou la saison.

III- Différents paramètres de reproduction permettant d'évaluer les performances de reproduction

Comme vu précédemment, le cycle sexuel des bovins est complexe et peut être influencé par de nombreux facteurs, qu'ils soient internes ou externes à l'animal. La gestion de la reproduction en élevage bovin se devant d'être précise, il existe de nombreux paramètres permettant d'évaluer de façon objective les performances de reproduction d'un élevage. Ces paramètres permettent également d'aider l'éleveur à faire ses choix quant à la conduite de la reproduction de ses animaux. Certains de ces paramètres seront par ailleurs utilisés au cours de notre étude afin de pouvoir comparer objectivement les performances de reproduction entre élevages biologiques et conventionnels.

Ces paramètres vont concerner plusieurs aspects de la reproduction :

- La **Fécondité** : elle est définie comme étant le nombre de veaux par an (à l'échelle de l'animal ou de l'élevage). Les deux principaux indicateurs sont l'intervalle vêlage-vêlage (IVV) et l'intervalle vêlage-insémination fécondante (IVIAf) (MAHEY 2019). L'infécondité est définie comme étant une vache qui produit moins d'un veau par an ou par saison (HANZEN et al. 1990).
- La **Fertilité** : elle est la capacité de se reproduire. Chez les bovins, elle consiste à produire des ovocytes fécondables et à donner naissance à des veaux. Le principal paramètre sera le taux de réussite à l'insémination suivi d'un vêlage (donc pas d'avortement) (MAHEY 2019).

L'infertilité se définit comme étant la nécessité d'avoir recourt à plus de deux inséminations pour pouvoir avoir une gestation (HANZEN et al. 1990).

En dehors des paramètres rattachés à ces deux grandes caractéristiques de la reproduction, d'autres peuvent également être considérés afin d'augmenter leur interprétation et la compréhension des résultats obtenus.

Les valeurs moyennes des paramètres de reproduction pour les vaches et génisses de races Prim'Holstein, Montbéliardes et Croisées en région Auvergne Rhône-Alpes sont réunies en Annexe 2. Ces moyennes ont été obtenues à partir des données fournies par les chambres d'agriculture, l'INRA, l'Institut de l'Élevage, les organismes de contrôle de performances et d'insémination artificielle et les organismes de sélection aux Systèmes Nationaux d'Information Génétique et à la Base de Données Nationale d'Identification.

3.1. Paramètres de fécondité

3.1.1. Intervalle Vêlage-Vêlage (IVV)

Il peut également être appelé « Index de vêlage » lorsqu'on divise 365 par l'IVV. Il s'agit du nombre de jours séparant deux vêlages pour un même animal. C'est un indicateur qui permet de faire une évaluation rétrospective car il est le reflet de la reproduction telle qu'elle était neuf mois auparavant (HANZEN et al. 1990). Plus cet intervalle sera petit, plus la rentabilité des animaux sera favorisée car le pic de lactation reviendra plus rapidement. De manière générale, l'IVV devrait être inférieur à 400 jours en élevage laitier pour pouvoir avoir une bonne rentabilité des animaux (MAHEY 2019). En effet, la gestation durant environ 270 jours et l'IVIAf maximum étant de 80 jours (un IVIAf supérieur à cette valeur peut être le signe de problèmes de reproduction chez l'animal mais également de pertes économiques pour l'éleveur), un IVV théorique serait de 350 jours. Cette dernière valeur peut ensuite varier en fonction de très nombreux paramètres internes ou externes à l'animal, ce qui explique la

valeur seuil de 400 jours. Cette valeur peut être dépassée de 10 à 20 jours entre le premier et le deuxième vêlage car les animaux sont encore en phase de croissance, les besoins énergétiques seront donc plus grands et non totalement orientés vers la fonction de reproduction.

Les intervalles ayant le plus d'impact sur l'IVV vont surtout être l'intervalle vêlage-1^{ères} chaleurs, l'intervalle vêlage-première insémination (IVIA1) et l'intervalle vêlage-insémination fécondante (IVIAf). Les différents constituants de l'IVV sont représentés dans la Figure 14, avec des valeurs moyennes correspondant aux élevages laitiers de la région Auvergne Rhône-Alpes (AURA). Les facteurs pouvant faire varier ces intervalles peuvent être la race ou les avortements par exemple.

L'IVV moyen toutes races laitières confondues en Auvergne Rhône-Alpes est de 414 jours (REPROSCOPE 2018). Il est légèrement supérieur à 400 jours et s'explique surtout par un IVIAf important.

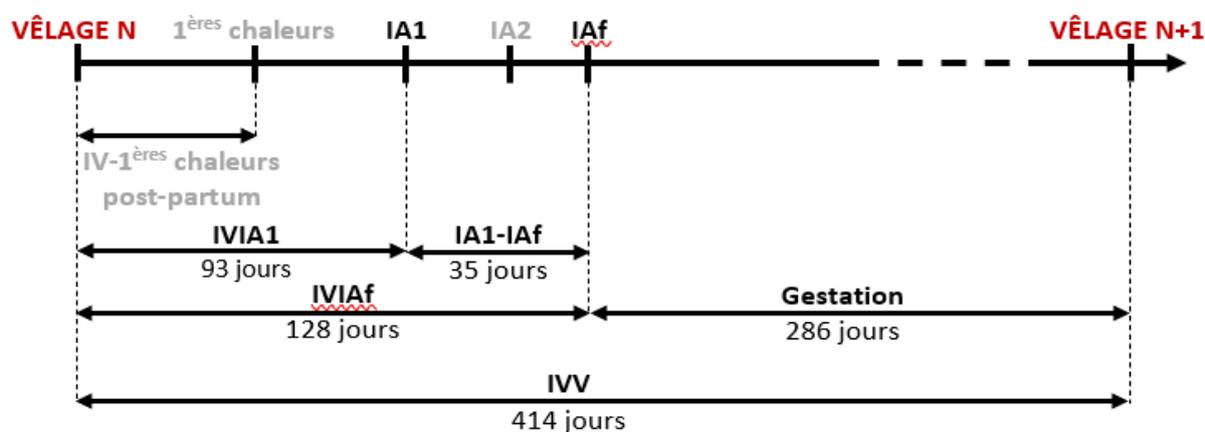


Figure 14 : Valeurs des différents intervalles composants l'IVV pour les vaches laitières de la région Auvergne Rhône-Alpes toutes races confondues (REPROSCOPE 2018)

3.1.2. Intervalle Vêlage-Insémination première (IVIA1 ou IVIAP)

C'est l'intervalle qui sépare le vêlage et la première insémination qui suit ce vêlage. Il est préférable d'attendre au moins 50 jours après le vêlage pour pouvoir réinséminer une vache. En effet, il faut laisser passer les premières chaleurs post-partum car elles sont souvent silencieuses et l'ovocyte est rarement fécondable. Cette période correspond aussi au temps nécessaire pour avoir une bonne involution utérine et donc avoir un utérus pleinement fonctionnel et prêt à recevoir une gestation. Une insémination faite trop tôt après le vêlage a de hauts risques d'échec. Idéalement, il serait situé entre 60 et 90 jours.

Les facteurs influençant l'IVIA1 peuvent être le niveau de production laitière, la parité, la précocité de la mise à la reproduction (notamment pour les génisses), les infections utérines et la capacité des éleveurs à détecter les chaleurs (MAHEY 2019).

L'IVIA1 est à 93 jours en moyenne pour la région AURA (REPROSCOPE 2018).

3.1.3. Intervalle Vêlage-Insémination Fécondante (IVIAf)

L'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante permet de tenir compte des performances des primipares, contrairement à l'IVV qui nécessite d'avoir déjà eu au moins un vêlage. Il a une valeur prospective car il permet de prévoir la valeur du prochain IVV. Une valeur moyenne est de 85 jours. Il va dépendre de l'IVIA1 et de l'intervalle première

insémination-insémination fécondante (IA1IAf) qui sont tous les deux fortement liées à la capacité des éleveurs à détecter les chaleurs (HANZEN et al. 1990).

L'IVIAf est de 128 jours (avec un IA1IAf à 35 jours) en AURA (REPROSCOPE 2018).

3.1.4. Age au premier vêlage

Ce paramètre est très important car il conditionne la productivité de l'animal pour la suite de sa carrière. Plus cet âge est petit, plus la période de non-productivité des génisses est diminuée. Cela permet aussi d'accélérer le progrès génétique en diminuant l'intervalle entre les générations (HANZEN et al. 1990). Cependant, si cela permet d'augmenter le nombre de veaux par animal au cours d'une carrière, cela peut également être contre-productif. En effet, le plus jeune âge auquel le premier vêlage est envisageable est 24 mois (donc une insémination à 15 mois d'âge). Or, les génisses n'ont pas fini leur croissance et une gestation à cet âge va ralentir la fin de la croissance et peut diminuer les performances de reproduction dans la suite de la carrière de l'animal. C'est pourquoi il est important que les génisses soient arrivées aux deux-tiers de leur poids adulte pour pouvoir être mises à la reproduction. Les objectifs des éleveurs laitiers seraient d'avoir un âge de premier vêlage compris entre 24 et 28 mois.

En région AURA, l'âge au premier vêlage est à 33 mois, toutes races confondues (REPROSCOPE 2018).

3.1.5. Autres paramètres reliés à la fécondité

3.1.5.1. Taux de fécondité

Il s'agit du rapport donné par le nombre de veaux nés (vivants ou morts) rapporté au nombre de femelles mises à la reproduction (MAHEY 2019).

3.1.5.2. Taux de vaches improductives

Il s'agit du pourcentage de vaches qui n'ont pas vêlé pendant la campagne observée (ou pour lesquelles l'IVV est supérieure à 450 jours).

Ce taux est à 22 % pour les vaches toutes races confondues de la région AURA (REPROSCOPE 2018).

3.1.5.3. Productivité numérique

La productivité numérique est le nombre d'animaux vendus ou sevrés rapporté au nombre de femelles mises à la reproduction. Ce paramètre est assez peu utilisé en laitier.

3.2. Paramètres de fertilité

3.2.1. Taux de réussite à l'insémination

3.2.1.1. Nombre d'inséminations nécessaire pour obtenir une insémination fécondante

Ce nombre permet d'obtenir deux indicateurs (MAHEY 2019) :

- L'indice de fertilité, qui est le rapport du nombre d'inséminations sur le nombre d'animaux inséminés et gestants. La fertilité d'un élevage est considérée comme bonne quand l'indice de fertilité est supérieur à 45 %.
- Le taux de réussite en première insémination : c'est le pourcentage de vaches ou de génisses fécondées dès la première insémination. Il constitue également un bon indicateur de fertilité globale de l'élevage.
Il est de 56 % pour les vaches des élevages de la région AURA et de 62 % pour les génisses (REPROSCOPE 2018).

De manière générale, le nombre moyen d'inséminations par animal pour pouvoir obtenir une insémination fécondante est considéré comme raisonnable quand il est inférieur ou égal à 2. Il est souvent légèrement plus faible pour les génisses que pour les vaches. En région AURA, il faut en moyenne 1,76 paillettes pour avoir une insémination fécondante chez les vaches et 1,6 paillettes pour les génisses (REPROSCOPE 2018).

Les facteurs pouvant influencer le taux de réussite à l'insémination sont nombreux. Les principaux vont être l'IVIA1, le niveau de production laitière, la nature et l'importance des complications utéro-ovariennes. D'autres facteurs peuvent entrer en jeu comme l'âge et l'environnement (nutrition, compétences des inséminateurs, ...) (HANZEN et al. 1990).

Une diminution de la fertilité dans un élevage va se traduire par une augmentation du nombre d'animaux Repeat Breeder. Cette dernière notion sera définie dans la sous-partie suivante.

3.2.1.2. Proportion d'animaux à plus de trois inséminations

Les animaux ayant eu plus de trois inséminations pour pouvoir avoir une insémination fécondante sont appelés Repeat Breeder (RB). Plus précisément, les animaux Repeat Breeder sont des vaches ou des génisses qui ne deviennent pas gestantes après trois inséminations et ce, malgré l'absence de troubles de la reproduction détectables cliniquement (YUSUF et al. 2010). Plus la proportion de RB augmente, plus la fertilité diminue et suggère un problème de reproduction dans l'élevage, que ce soit à cause d'un problème d'alimentation, d'une pathologie sous-jacente ou du taureau.

En région AURA, la proportion de vaches à plus de trois inséminations est estimée à 19 % et celle des génisses à 14 % (REPROSCOPE 2018).

3.2.2. Taux de gestation

C'est le rapport du nombre de femelles gestantes sur le nombre de femelles mises à la reproduction sur une campagne. Ce paramètre peut être mis en relation avec l'IVV pour avoir une estimation de la performance de son troupeau. En effet, plus le taux de gestation est haut et proche de 100 % (donc que tous les animaux inséminés ont été gestants) avec un IVV bas (proche de 365 jours) et plus l'élevage est performant (MAHEY 2019).

3.2.3. Autres paramètres permettant d'évaluer la fertilité dans un élevage

3.2.3.1. Taux d'avortements

C'est le rapport du nombre de femelles ayant avorté sur le nombre de femelles mises à la reproduction. La proportion normale est estimée à 15 % (MAHEY 2019).

3.2.3.2. Intervalle vèlage-première chaleurs

Il correspond à la durée de l'anœstrus post-partum et donc au retour en cyclicité après le part. La première ovulation a lieu entre 10 et 15 jours post-partum si l'animal ne subit pas de stress nutritionnel notamment. Cependant, l'ovocyte généré lors de cette ovulation est rarement fécondable et surtout, les premières chaleurs post-partum sont majoritairement silencieuses. C'est pourquoi la valeur moyenne de cet intervalle est de 35 jours (la première ovulation post-partum est souvent suivie d'un cycle plus court) (MAHEY 2019). Dans ce cas particulier, il est important de faire la différence entre l'anœstrus physiologique dû à la vache et l'anœstrus de détection qui est dû à l'éleveur et à sa capacité d'observer et détecter les chaleurs de ses animaux.

Les facteurs influençant ce paramètre sont le caractère allaitant ou laitier (une vache laitière aura un retour en chaleur plus précoce qu'une vache allaitante car elle n'aura pas de stimulation de la part de son veau), la Note d'Etat Corporel au vèlage, les conditions de vèlages et la saison. En effet, le retour en chaleurs semble plus précoce lors des vèlages ayant lieu à l'été et à l'automne (42 à 44 jours) contrairement aux vèlages ayant lieu à l'hiver et au printemps (47 à 51 jours) (BUCH. NC et al. 1955).

3.2.3.3. Taux de Non-Retour en chaleurs à 90 jours

C'est le pourcentage de premières inséminations qui ne sont pas suivies de chaleurs entre 28 et 90 jours. Il correspond au rapport du nombre d'animaux qui n'ont pas eu besoin d'une autre insémination avant un délai défini (45, 60, 90 voire 120 jours) sur le nombre d'animaux inséminés (HANZEN 2005). C'est une estimation des vaches gestantes par l'absence de chaleurs dans les 45, 60, 90 et/ou 120 jours suivant la première insémination après vèlage (MAHEY 2019). Ce taux de non-retour est considéré comme normal lorsqu'il est compris entre 60 et 65 %.

Il est estimé à 63 % en région AURA (REPROSCOPE 2018).

3.2.3.4. Pourcentage de primipares

Il correspond au nombre de veaux nés de primipares rapporté au nombre total de femelles qui ont vêlé au cours de la campagne. C'est un indicateur de renouvellement du troupeau et est estimé à 30 % en élevage laitier (MAHEY 2019).

Ce pourcentage est à 27 % en région AURA (REPROSCOPE 2018).

3.3. Paramètres aidant à comprendre et interpréter les résultats de reproduction

3.3.1. Paramètres liés à la reproduction

3.3.1.1. Capacité de détection des chaleurs

Comme vu précédemment, les paramètres de fertilité et de fécondité dépendent beaucoup d'un facteur important qui est la capacité de détection des chaleurs. En effet, c'est sur cette capacité que repose une grande partie de la réussite de la reproduction dans un élevage. Si la détection des chaleurs est mal réalisée, les intervalles vus précédemment auront tendance à augmenter et donc diminuer les performances de reproduction.

Pour avoir une détection des chaleurs efficace, il est recommandé de réaliser au moins trois observations quotidiennes des animaux, chaque observation ayant une durée minimale de cinq minutes. Ces observations sont à réaliser en dehors des périodes de nourrissage, de

repousse des aliments ou de toute autre activité dans l'élevage. C'est un moment dédié à l'observation. Cependant, cette pratique est difficilement réalisable par l'éleveur au quotidien du fait du manque de temps. Pour pallier cela, des systèmes de podomètre, de quantificateur d'efforts peuvent être mis en place. Il existe également des capteurs intégrés à certains systèmes de traite. Une utilisation optimisée du planning des inséminations et des vêlages permet aussi de viser les animaux à observer et donc de diminuer le temps consacré à l'observation (BOUCHARD et al. 2012 ; DISENHAUS et al. 2010).

3.3.1.2. Tarissement

Le tarissement est une période clé dans la reproduction d'une vache. En effet, c'est durant cette période que va pouvoir se faire, non seulement la préparation au vêlage mais aussi la préparation au début de lactation et à la reprise de cyclicité. Ainsi, le tarissement va conditionner le bon déroulement de l'année à venir. C'est pourquoi il est important qu'il soit correctement mené. De manière générale, sa durée est d'environ deux mois. Pendant cette période la vache doit avoir une Note d'Etat Corporel (NEC) située aux environs de 3 à 3,5 et ne doit pas prendre ou perdre plus d'un point de NEC. L'alimentation doit également être adaptée lors de cette période. Une bonne gestion de l'alimentation pendant le tarissement va permettre de diminuer les risques de maladies métaboliques survenant aux alentours du vêlage, mais aussi de préparer la lactation et la reprise de cyclicité (SERIEYS 1997). Une vache bien préparée va également pouvoir produire un colostrum de meilleure qualité pour le veau et donc favoriser les chances de ce dernier de rester en bonne santé.

Des traitements peuvent aussi être réalisés pendant cette période (traitement des mammites et traitements antiparasitaires par exemple).

3.3.2. Paramètres non liés à la reproduction

3.3.2.1. Environnement

Les conditions de vie des animaux peuvent impacter la réussite de la reproduction dans un élevage. Un exemple peut être la qualité du sol et de son recouvrement. En effet, si le sol de la stabulation est trop glissant, les animaux ne vont pas forcément exprimer leurs chaleurs.

3.3.2.2. Note d'Etat Corporel et alimentation

Comme vu précédemment, la gestion de la NEC et de l'alimentation des génisses et des vaches est très importante pour une bonne reproduction. En effet, une NEC trop faible au vêlage va favoriser les dystocies et les difficultés dans la suite de la lactation. Une NEC trop importante au vêlage va favoriser l'apparition de maladies métaboliques et donc engendrer des pertes économiques très importantes pour l'éleveur.

3.3.2.3. Pathologies

La reproduction peut être le reflet de la santé globale d'un élevage. Lorsque les problèmes de reproduction se déclarent, les causes peuvent être multiples et de tout ordre : les boiteries (qui limitent grandement l'expression et donc la détection des chaleurs), l'alimentation, les maladies métaboliques ou les pathologies infectieuses.

Pour conclure, il existe de nombreux paramètres et facteurs qui permettent d'évaluer les performances de reproduction dans un élevage. L'étude de ces éléments permet de

proposer des stratégies de gestion à l'éleveur afin qu'il puisse adapter les performances de reproduction de son élevage à ses objectifs de production.

IV- Etat des lieux sur la réglementation de la production biologique en France et son application en reproduction dans les élevages bovins laitiers

Nous allons voir dans cette partie où en est l'agriculture biologique en France en faisant un rappel de définitions générales selon les différents organismes gérant la production biologique, et un bref historique pour comprendre la place que commencent à occuper les produits biologiques dans notre quotidien. Nous allons nous baser sur les grands textes réglementaires qui posent les bases de l'agriculture biologique et trouver leur application en élevage bovin laitier afin de comprendre en quoi les contraintes posées par la production biologique pourraient impacter les performances de reproduction en élevage bovin laitier.

4.1. Définition de l'agriculture biologique

Avant de répondre à une définition, l'Agriculture Biologique est d'abord basée sur quatre grands principes énoncés par l'International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM ou Fédération Internationale du Mouvement pour l'Agriculture Biologique) :

- 1- **PRINCIPE DE LA SANTE** : « L'agriculture biologique devrait soutenir et améliorer la santé des sols, des plantes, des animaux, des hommes et de la planète, comme étant une et indivisible ».
- 2- **PRINCIPE D'ÉCOLOGIE** : « L'agriculture biologique devrait être basée sur les cycles et les systèmes écologiques vivants, s'accorder avec eux, les imiter et les aider à se maintenir ».
- 3- **PRINCIPE D'ÉQUITÉ** : « L'agriculture biologique devrait se construire sur des relations à l'environnement commun et aux opportunités de la vie ».
- 4- **PRINCIPE DE PRECAUTION** : L'agriculture biologique devrait être conduite de manière prudente et responsable afin de protéger la santé et le bien-être des générations actuelles et futures ainsi que l'environnement », (IFOAM 2021)

C'est sur la base de ces quatre grands principes que se construit la définition de l'agriculture biologique. Plusieurs définitions peuvent être trouvées (sur les sites de l'IFOAM ou encore sur le site de l'Institut National de l'Origine et de la Qualité ou INAO par exemple).

Ainsi, d'après le règlement européen, « La production biologique est un système global de gestion agricole et de production alimentaire qui allie les meilleures pratiques environnementales, un haut degré de biodiversité, la préservation des ressources naturelles, l'application de normes élevées en matière de bien-être animal et une méthode de production respectant la préférence de certains consommateurs à l'égard de produits obtenus grâce à des substances et à des procédés naturels. Le mode de production biologique joue ainsi un double rôle sociétal :

- Approvisionnement d'un marché spécifique répondant à la demande de produits biologiques émanant des consommateurs,
- Fournir des biens publics contribuant à la protection de l'environnement et du bien-être animal ainsi qu'au développement durable », (CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE 2007)

4.2. Historique de l'agriculture biologique

Si elle connaît un essor important depuis ces dernières années, l'agriculture biologique est pourtant présente dans le monde depuis un siècle. Voici un petit aperçu de l'évolution de l'agriculture biologique depuis ses débuts.

1920 : L'agriculture biologique se développe d'abord en Autriche, en Allemagne, en Suisse et en Angleterre.

1950 : Elle fait son apparition en France.

1961 : Création de l'Association Française de l'Agriculture Biologique (AFAB, anciennement Groupement d'Agriculture Biologique de l'Ouest ou GABO créée en 1958).

1964 : Création de l'association Nature et Progrès. Il s'agit ici d'un groupement privé qui sera le pionnier de la réglementation biologique.

1972 : Création de la Fédération Internationale des Mouvements d'Agriculture Biologique (IFOAM).

1978 : Création de la Fédération Nationale de l'Agriculture Biologique (FNAB) en France.

1980 : Reconnaissance d'une agriculture sans produit chimique de synthèse par les pouvoirs publics français. En 1981, s'ensuit l'homologation et l'harmonisation des cahiers des charges privés. Le cahier des charges national sera rédigé en 1985.

1991 : Rédaction du premier règlement européen pour les productions végétales. Ce règlement est élargi aux productions animales en 1999.

2004 : Premier grand élan de la production biologique en France : création d'un programme d'action en faveur du développement de l'agriculture biologique.

2010 : Création de dispositifs de soutien (conversion et maintien dans l'agriculture biologique) adossés à la Politique Agricole Commune (PAC).

2012 : Plan Bio Horizon appuyé par les dispositifs de 2010. Ce plan a donné lieu à de nombreux engagements en agriculture biologique entre 2009 et 2012.

2013 : Second élan de la production biologique en France : lancement du programme « Ambition Bio 2017 ». Ce programme a abouti à des conversions massives depuis 2015.

(PRODUIRE BIO 2021)

4.3. Les acteurs de l'agriculture biologique

Les acteurs intervenant dans la filière biologique sont très nombreux et présents à plusieurs niveaux. Ainsi, nous pouvons trouver des acteurs aux niveaux international, européen et national. L'organisme garant de l'agriculture biologique international est l'IFOAM. Elle a été créée en 1972 et est représentée dans 120 pays via 880 membres (IFOAM 2021). Au niveau européen, c'est l'Union Européenne qui prend en charge la rédaction des règlements sur l'agriculture biologique.

Au niveau national, les acteurs sont beaucoup plus nombreux. Ils peuvent être divisés en plusieurs catégories :

- Les structures qui accompagnent les opérateurs économiques :
 - Coopérative de France
 - Syndicat National des Transformateurs et des Distributeurs Biologiques (SYNABIO). Une sous-catégorie de cette structure est Synadis Bio qui prend en charge uniquement les distributeurs.
 - Les interprofessions, avec entre autres le Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL)
 - La Chambre de l'Agriculture

- Les institutions publiques :
 - Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
 - Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
 - Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) : elle agit en collaboration avec les Organismes Certificateurs dans le contrôle du respect des règles de la concurrence, de la protection économique des consommateurs, de la sécurité et de la conformité des produits et des services.
- Les instances de concertation :
 - L'Agence BIO : il s'agit d'un groupement d'intérêt public créé en 2001 jouant un rôle de plateforme d'échange entre professionnels et pouvoirs publics. Elle a pour mission la communication et la promotion de l'agriculture biologique, l'administration et le financement ainsi que le contrôle des notifications des opérateurs.
 - L'INAO : cette structure est responsable de la mise en œuvre de la politique relative aux signes officiels d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO), dont le bio fait partie.
C'est cet institut qui veille à l'application des règlements européens et à ses évolutions.
- Les instituts de formation :
 - Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation par l'intermédiaire du réseau FORMABIO mais aussi ABIODOC.
- Les instituts de recherche :
 - Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)
 - Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB)
- Les Organismes Certificateurs : ces organismes doivent être agréés par l'INAO et leurs pratiques sont contrôlées par le Comité Français d'Accréditation (COFRAC). Il en existe neuf à ce jour en France.

(AGENCE BIO 2020a)

4.4. La réglementation en agriculture biologique

4.4.1. Les principaux textes réglementaires européens et français

Les textes de bases ont été rédigés par la Commission Européenne. Il s'agit de règlements qui pourront être adaptés dans chaque pays par le gouvernement. Trois règlements européens guident les pratiques de l'agriculture biologique en Europe :

- Règlement (CE) n°834/2007 : Il précise l'ensemble des règles à suivre pour la production, la transformation, la distribution, l'importation, le contrôle et l'étiquetage des produits biologiques,
(CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE 2007)
- Règlement (CE) n°889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 : Il précise les modalités d'application du règlement (CE) n°834/2007 en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles,
(COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES 2008a)
- Règlement (CE) n°1235/2008 du 8 décembre 2008 : Il précise les modalités d'application du règlement (CE) n°384/2007 en ce qui concerne le régime d'importation de produits biologiques en provenance des pays tiers,

(COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES 2008b)

Cependant, l'agriculture biologique a connu une grande évolution depuis la rédaction du premier règlement de 2007. Ceci a conduit à la réévaluation des règles de l'Union Européenne à propos de la production biologique au vu de ces changements. Ainsi, le règlement (CE) n°834/2007 sera abrogé et remplacé par un nouveau règlement.

Ce dernier règlement est le Règlement (UE) 2018/848. Il précise les produits pouvant répondre à la dénomination « biologique » et renforce les mesures prises dans le cadre du bien-être animal et du respect de l'environnement. Les conseils d'application sont réunis dans le Règlement d'Exécution (UE) 2020/464. Tous ces éléments entreront en vigueur au 1^{er} janvier 2022. Il devait initialement entrer en vigueur au 1^{er} janvier 2021 mais cette entrée a été repoussée. Ce retard a été acté par le Règlement (UE) 2020/1693 du 11 novembre 2020.

(PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE 2018), (COMMISSION EUROPEENNE 2020), (PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE 2020)

En France, ces textes trouvent leur application à travers trois cahiers des charges :

- Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n°834/2007 du Conseil et (CE) n°889/2008 de la Commission
(MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORET 2017)
- Cahier des charges des aliments pour animaux de compagnie à base de matières premières issues du mode de production biologique
(MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DES AFFAIRES RURALES 2004)
- Cahier des charges pour la restauration hors foyer à caractère commercial
(MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE, DE LA RURALITE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE 2011)

4.4.2. La réglementation biologique appliquée aux élevages bovins laitiers

A partir des règlements évoqués ci-dessus, nous pouvons maintenant aborder les différentes contraintes et règles que les éleveurs doivent respecter pour pouvoir produire des denrées qui seront vendues en bio.

4.4.2.1. *Constitution du cheptel et conversion*

Les animaux biologiques doivent naître et être élevés au sein des exploitations biologiques. Il existe cependant des exceptions dans le cas où l'éleveur ne trouve pas d'animaux biologiques disponibles au bout de trois essais d'obtention. Ces exceptions concernent les animaux qui seront utilisés pour les objectifs suivants :

- Reproduction
- Démarrage d'un cheptel : dans ce cas, les veaux non biologiques introduits doivent être élevés en élevage biologique dès leur sevrage et doivent être âgés de moins de six mois lors de leur entrée dans l'exploitation
- Renouvellement du cheptel : les femelles non biologiques introduites doivent être nullipares et ne peuvent pas représenter plus de 10 % du cheptel bovin adulte. Cependant, ce pourcentage peut s'élever jusqu'à 40 % dans les cas suivants :
 - Extension importante de l'élevage (30 %)
 - Changement de race

- Nouvelle spécialisation du cheptel
- Races menacées d'abandon

Le choix de la race est également important car les animaux élevés en élevage biologique ont besoin d'être plus résistants. Les différents critères que l'éleveur doit prendre en compte pour choisir la race sont notamment la capacité des animaux à s'adapter aux conditions locales, leur vitalité et leur résistance aux maladies et à des problèmes sanitaires spécifiques de race.

Dans le cas où un éleveur veut passer d'un élevage conventionnel à un élevage biologique, le temps de conversion des animaux est d'environ six mois pour ce qui concerne la production laitière. Si l'éleveur souhaite réformer ses animaux en boucherie, il doit appliquer un temps de conversion de douze mois. Cependant, c'est le plus souvent la totalité de l'exploitation qui doit être convertie, ce qui inclut les terres agricoles. C'est alors une période de conversion de deux ans qui est nécessaire et qualifiée de conversion simultanée.

4.4.2.2. *Espaces en plein-air et conditions de logement*

Dans le cadre du bien-être animal, les conditions de logement sont très importantes car elles permettent aux animaux d'exprimer leurs besoins physiologiques et éthologiques (dont les comportements de reproduction).

Les animaux doivent avoir un accès permanent à des espaces de plein air chaque fois que les conditions climatiques et l'état du sol le permettent. L'éleveur doit posséder des surfaces correspondantes à la taille de son cheptel afin de respecter les règles concernant les effluents. Dans le cas contraire, il devra en exporter le surplus. Les normes de densité de population dans les pâturages sont reportées en Annexe 1. De même, les tailles minimales des aires d'exercice et des bâtiments sont reportées en Annexe 1.

Une particularité à prendre en compte également est le fait que les éleveurs doivent faire attention aux produits qu'ils utilisent pour réaliser les nettoyages de leurs matériaux et bâtiments. Ces produits doivent faire partie de l'Annexe VII du règlement (CE) n°889/2008.

4.4.2.3. *Gestion générale des animaux*

En élevage biologique, l'attache ou l'isolement des animaux sont interdits, à l'exception de deux cas :

- Si cela concerne des animaux individuellement (santé, sécurité, ...)
- Si le cheptel est trop petit

De plus, le logement des veaux âgés de plus d'une semaine dans des niches individuelles est interdit.

Les mutilations sont interdites sauf exception. Dans le cadre de l'élevage bovin lait, « l'ablation des bourgeons de corne peut être autorisée au cas par cas, uniquement lorsqu'elle améliore la santé, le bien-être ou l'hygiène des animaux ou lorsque la sécurité des travailleurs est compromise », (PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE 2018). Dans tous les cas, il s'agit de pratiques très encadrées et la réglementation impose de réduire au maximum toute souffrance animale et de réaliser ces opérations dans les conditions les plus appropriées possibles.

4.4.2.4. *Gestion de l'alimentation*

C'est l'un des points clés qui pourra nous intéresser par la suite. En effet, l'alimentation joue un rôle majeur dans les performances de reproduction des bovins laitiers. Sa gestion est

donc très importante et les règles imposées par l'agriculture biologique peuvent influencer les performances de reproduction.

De manière générale, l'alimentation des animaux élevés en élevage biologique doit être biologique également, c'est l'application du principe du lien au sol. Pour les élevages bovins laitiers, au moins 60 % des aliments doivent provenir de l'exploitation elle-même ou des exploitations biologiques à proximité.

Il existe certains cas pour lesquels l'utilisation d'aliments agricoles conventionnels dans la ration alimentaire bio est autorisée :

- L'usage d'épices, herbes aromatiques et mélasses non issues de l'agriculture biologique est limitée à 1 % de la ration alimentaire annuelle de matière sèche.
- Conditions climatiques exceptionnelles, maladies infectieuses, contamination par des substances toxiques, ...

De même, les aliments provenant d'exploitations en « conversion » ne peuvent pas être utilisés au même titre que les aliments biologiques.

Les éléments totalement interdits sont les facteurs de croissance et acides aminés de synthèse ainsi que l'utilisation d'Organismes Génétiquement Modifiés (OGM) ou de produits obtenus à partir d'OGM. Les seules vitamines utilisables sont les vitamines A, D et E devant être identiques aux vitamines naturelles uniquement si la ration alimentaire ne suffit pas à apporter les besoins nécessaires. Pour les autres vitamines, elles doivent être « issues de matières premières naturellement présentes dans les aliments des animaux », (COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES 2008a) autrement les vitamines de synthèse sont interdites. L'huile de foie de morue peut être utilisée uniquement pour son apport en vitamines (et non en tant qu'aliment) en tant que traitement non allopathique. Concernant les minéraux, seuls certains d'entre eux peuvent être utilisés (selon l'Annexe V du Règlement (CE) n°889/2008 de la Commission).

Toujours pour respecter le lien au sol, les pâturages doivent être utilisés au maximum. Ainsi, au moins 60 % de la ration journalière des ruminants doivent provenir de fourrages. Ce chiffre peut être abaissé à 50 % pendant trois mois au maximum pour les animaux en début de lactation.

Enfin, l'alimentation des veaux doit être basée sur le lait naturel, de préférence le lait maternel ou à défaut, le lait d'autres vaches de l'exploitation. Ceci doit être appliqué pendant une période minimale de trois mois.

4.4.2.5. Gestion de la santé des animaux

La santé des animaux passe avant tout par la prévention. Les éleveurs doivent prendre leurs précautions afin de limiter au maximum la survenue de problème de santé. Les principaux éléments sur lesquels est fondée cette prévention sont :

- La sélection des races
- Les pratiques et la gestion de l'élevage

Dans le cadre de cette prévention, les vaccins, les traitements antiparasitaires et les plans d'éradication obligatoires sont autorisés mais tout traitement allopathique en métaphylaxie est interdit.

Si toutefois une maladie se déclare pour un animal, les médecines alternatives (ostéopathie, phytothérapie, aromathérapie, homéopathie) sont privilégiées par rapport aux traitements allopathiques. Il existe un quota d'utilisation de traitements allopathiques de synthèse ou d'antibiotiques autorisé. Le maximum de ces traitements autorisés sur douze mois s'élève à :

- Un traitement si le cycle de vie productive est inférieur à un an,

- Trois traitements si le cycle de vis productive est supérieur à un an.

Si un animal reçoit un nombre supérieur de traitements sur douze mois, il devra être soumis à une nouvelle période de conversion de six mois. De plus, les délais d'attente à appliquer sont multipliés par deux par rapport aux délais d'attente réels de chaque substance utilisée.

Tous les traitements réalisés doivent être consignés dans le carnet sanitaire d'élevage et l'éleveur doit avertir son organisme certificateur de tout traitement réalisé, notamment avant la commercialisation d'un animal ou d'un produit.

4.4.2.6. *Gestion de la reproduction*

Comme dans tous les autres domaines, la reproduction doit se faire de la manière la plus naturelle possible. Cependant, l'Insémination Animale (IA) est autorisée ainsi que l'utilisation de semences sexées. En revanche, le recours au clonage ou au transfert embryonnaire est interdit.

De plus, l'utilisation de traitements à base d'hormones (comme la synchronisation des chaleurs à l'échelle du troupeau) est interdite sauf dans le cadre du traitement d'un seul animal (il comptera donc dans les traitements allopathiques sur douze mois), (PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE 2018).

4.4.3. Synthèse des éléments pouvant intervenir dans les performances de reproduction des bovins laitiers biologiques

Pour conclure cette partie sur l'agriculture biologique, les principaux éléments pouvant entrer en jeu dans la gestion des performances de reproduction dans un élevage bovin laitier biologique vont être présentés.

La réglementation et les cahiers des charges imposent de nombreuses pratiques différentes de celles de l'agriculture conventionnelle. Beaucoup d'éléments utilisables en élevage conventionnel ne peuvent être utilisés en élevage biologique et certains problèmes rencontrés sont de gestion facile pour les premiers mais peuvent donner du fil à retordre pour les seconds.

Tout d'abord, les traitements hormonaux sont interdits à l'échelle du troupeau. Ils ne peuvent être utilisés qu'à échelle individuelle et rentrent alors dans la limite du nombre de traitements allopathiques autorisés sur l'année. Certains éleveurs préfèrent donc ne pas y avoir recours. Ce sont cependant ces mêmes traitements qui permettent de pallier les problèmes de vaches Repeat Breeder, à retard de retour en chaleurs ou encore de vaches avec des kystes ovariens. Ne pouvant pas les utiliser systématiquement, les éleveurs biologiques doivent avoir une bonne gestion de leurs animaux en amont afin d'éviter ces problèmes mais aussi faire des choix lorsque ces derniers se présentent à eux.

Ensuite, la reproduction est impactée par de nombreux éléments. Un problème de reproduction dans un élevage peut aussi bien être une conséquence d'un problème de boiterie que d'un problème infectieux par exemple. Les cas de mammites, de vêlages difficiles ne sont pas rares en élevage bovin laitier et les traitements allopathiques sont les plus souvent utilisés pour y faire face. En élevage biologique, ces traitements doivent être utilisés le moins possible et il n'existe pas ou peu de solutions alternatives et aussi efficaces.

Enfin, le principe du lien au sol et l'utilisation limitée de produits additifs ou complémentaires rendent difficile l'élaboration d'une ration suffisamment haute en énergie pour les animaux. Ils n'ont pas forcément assez d'énergie, ce qui induit une diminution de la production laitière, une augmentation de l'intervalle vêlage-insémination première puis de l'intervalle vêlage-insémination fécondante et la résistance des vaches face aux maladies peut également être impactée. Cependant, ce type d'alimentation peut être bénéfique pour les élevages si elle est bien gérée, les animaux développeront moins de problèmes métaboliques au moment du vêlage par exemple.

De manière générale, le maître mot des élevages biologiques est la prévention. Tout doit être géré en amont et anticipé afin de limiter au maximum tous les problèmes pouvant survenir dans un élevage.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE PERSONNELLE

I- Contexte, cadre et objectifs

La reproduction est un facteur important du bon fonctionnement de l'élevage bovin laitier, facteur qui peut être très difficile à gérer. Cela est d'autant plus vrai en élevage biologique du fait des nombreuses contraintes imposées.

Néanmoins, très peu d'études dans le monde se sont intéressées aux performances de reproduction dans les élevages bovins laitiers biologiques. La première a été publiée en 1999 et incluait 29 élevages bio pour 87 élevages conventionnels. Les performances de reproduction et les différences entre élevages biologiques et conventionnels ont été étudiées en même temps que la production laitière pour tenter d'expliquer les potentielles différences observées (REKSEN et al. 1999). Cette étude n'a pas montré de grandes différences de performances de reproduction entre les deux types d'élevage. L'étude la plus récente a été publiée en 2019 et incluait dix élevages biologiques pour dix élevages conventionnels (cinq en pâturage et cinq en zéro-pâturage) dans le nord de l'Espagne. Tous les élevages conventionnels et trois élevages biologiques possédaient un cheptel de race Prim'Holstein pure, les sept autres élevages biologiques avaient un cheptel soit d'une autre race, soit constitué de croisements de Prim-Holstein (RODRIGUEZ-BERMUDEZ, FOUZ, et al. 2019). Un questionnaire a été réalisé également pour mettre l'accent sur les pratiques d'élevages plus que sur la production laitière. La comparaison entre élevages biologiques, conventionnels zéro-pâturage et conventionnels en pâturage était quant à elle réalisée avec des animaux de race Prim'Holstein. Les performances de reproduction étaient similaires entre les différentes catégories d'élevages de Prim'Holstein (entre les Prim'Holstein des élevages biologiques et celles des élevages conventionnels zéro-pâturage notamment) voire améliorées (entre les Prim'Holstein des élevages biologiques et celles des élevages conventionnels en pâturage).

De plus, les formations à destination des éleveurs sur la reproduction en élevage biologique sont encore très rares et si elles existent, ne sont que très récentes, signe que l'exploration des pratiques possible et efficaces en élevage biologique n'est pas encore aboutie.

Ainsi, cette étude personnelle a pour objectif d'estimer la différence de performances de reproduction entre élevages biologiques et conventionnels, puis de s'intéresser aux éléments nous permettant d'expliquer ces résultats et voir comment les différentes problématiques sont abordées et gérées par les éleveurs. Ainsi, deux travaux ont été menés. La première étude est une comparaison des performances de reproduction entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels et la seconde est l'analyse des pratiques d'éleveurs de bovins laitiers biologiques via un questionnaire. Les principaux objectifs de nos deux études sont donc d'estimer la différence de performances de reproduction entre élevages biologiques et conventionnels, puis de s'intéresser aux éléments nous permettant d'expliquer ces résultats et voir comment les différentes problématiques sont abordées et gérées par les éleveurs.

Les deux études ont porté sur des élevages biologiques et conventionnels de la région Auvergne Rhône-Alpes, troisième région de France en agriculture biologique avec un développement constant des élevages laitiers biologiques. En 2021, elle réunissait 3 262 cheptels bovins laitiers certifiés en bio ou en cours de conversion (AGENCE BIO 2021).

II- Matériel et méthode

Seront présentées dans cette partie les données utilisées et les méthodes ayant permis de les récolter, de les analyser et de les interpréter. Deux études ayant été conduites, elles seront présentées séparément et successivement.

2.1. Comparaison des performances de reproduction entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels

2.1.1. Récolte et présentation des données

Les données ont été récoltées à partir de la base de données d'un centre d'insémination qui accompagne aussi les éleveurs dans la gestion générale de la reproduction au sein de leur élevage. Il s'agit d'une société coopérative agricole. Le but principal de cette entreprise est d'accompagner au mieux les éleveurs dans la conduite de la reproduction de leur élevage et donc de les accompagner dans la gestion non seulement de la reproduction, mais aussi de la sélection génétique, de l'alimentation et du bien-être animal. Ils travaillent sur quatre grands axes :

- **Gestion de la reproduction** : à l'aide des suivis échographiques, des échographies d'aptitude 30 jours après vêlage, l'évaluation des NEC, l'insémination.
- **Gestion de la génétique** : via du génotypage et l'utilisation de semences sexées.
- **Gestion de l'alimentation et du bien-être animal** : proposition de stratégies et compléments alimentaires pour gérer au mieux la reproduction (préparation au vêlage par exemple), aide à la gestion et à l'entretien des bâtiments, aide au monitoring des animaux (veaux, génisses, vaches en lactation et vaches taries).
- **Proposition de formation pour les éleveurs** : sur la reproduction en élevage bovin, mais aussi sur la réalisation des inséminations par l'éleveur. La dernière formation en date est sortie en 2021 et concerne la gestion de la reproduction en élevage bovin biologique.

Cette coopérative prend en charge les bovins mais aussi les caprins et les ovins.

L'étude a porté sur les vaches et génisses présentes dans des élevages de bovins laitiers biologiques et conventionnels situés en région Auvergne Rhône-Alpes et faisant l'objet d'un suivi dans ce centre d'insémination.

Après une première sélection d'élevages choisis parmi tous les élevages suivis au sein du centre d'insémination en Auvergne Rhône-Alpes, 413 élevages avaient été sélectionnés, dont 215 élevages biologiques et 198 élevages conventionnels. Ces élevages devaient être représentatifs des élevages de la région Auvergne Rhône-Alpes et répartis de manière homogène dans la région. Le choix des élevages s'est d'abord porté sur les élevages conventionnels. Ces derniers ont été choisis pour former un échantillon représentatif de la région. Les élevages biologiques ont ensuite été choisis dans des zones géographiques similaires aux élevages conventionnels avec des élevages pouvant être comparables en termes de taille de cheptel et de pratiques d'élevages (mais les élevages biologiques et conventionnels ne sont pas appariés dans cette étude). Les élevages laitiers étant l'objet de cette étude, les élevages purement allaitants en ont été retirés, aboutissant ainsi à 204 élevages biologiques et 178 élevages conventionnels.

Pour une plus grande précision de l'étude, les variables individuelles de chaque animal ont été extraites de la base de données des bilans de reproduction de chaque animal (vaches et génisses) sur une période donnée d'un an entre l'année 2019 et l'année 2020. Les données

concernant les vaches ont été séparées de celles des génisses, la gestion de ces animaux et leurs performances de reproduction étant différentes. Ces deux groupes ont donc été étudiés séparément. Ainsi, l'étude a porté sur 377 élevages pour les vaches (pour un total de 13 384 vaches) et 352 élevages pour les génisses (pour un total de 3 785 génisses), 17 169 animaux ont ainsi été inclus. La répartition des effectifs dans les différentes catégories est résumée dans le Tableau II.

Tableau II : Répartition des effectifs des vaches et génisses

	Vaches				Génisses			
	<i>PH</i>	<i>MTB</i>	<i>Autre</i>	<i>Total</i>	<i>PH</i>	<i>MTB</i>	<i>Autre</i>	<i>Total</i>
Animaux Conventionnels	1 161 (18,6 %)	4 159 (66,8 %)	906 (14,6 %)	6 226	392 (21,8 %)	1 102 (61,3 %)	305 (16,9 %)	1 799
Animaux bio	1 233 (17,2 %)	4 393 (61,4 %)	1 532 (21,4 %)	7 158	351 (17,7 %)	1 086 (54,7 %)	549 (27,6 %)	1 986

PH = Prim'Holstein ; *MTB* = Montbéliardes

Les performances de reproduction pouvant être différentes en fonction des races, trois catégories raciales ont donc été considérées dans cette étude : Montbéliarde (MTB), Prim'Holstein (PH) et Autre.

Les races Montbéliarde et Prim'Holstein ont été choisies car ce sont les deux races majoritaires présentes en région AURA. En effet, la population de cette étude comprend un peu plus de 60 % de Montbéliardes et 17 à 22 % de Prim'Holstein, que ce soit en élevage biologique ou conventionnel, soit environ 80 % des animaux. Les autres races, comme les Abondances ou les Brunnes des Alpes, étaient moins représentées et ont donc été rassemblées dans la catégorie Autre.

2.1.2. Variables observées

Les variables observées sont des variables caractéristiques des performances de reproduction. Elles nous ont permis de comparer les performances de reproduction entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels mais aussi entre les différentes races considérées.

2.1.2.1. Variables observées pour les vaches

Les variables étudiées pour les vaches ont été les suivantes :

- **Intervalle Vêlage-Première Insémination (IVIAP)** : c'est une variable continue caractérisant la reprise de la cyclicité plus ou moins précoce (en fonction des premières chaleurs post-vêlage) mais aussi l'involution utérine complète et les chaleurs détectables par l'éleveur. Il est compris entre 60 et 90 jours.
- **Intervalle Vêlage-Insémination Fécondante (IVIAf)** : il s'agit également d'une variable continue, caractérisant la capacité à être fécondée et à maintenir une gestation. L'intervalle Insémination première-Insémination fécondante (IA1IAf) peut être plus ou moins important et est à mettre en relation avec le nombre d'inséminations nécessaires pour obtenir une Insémination fécondante.
- **Réussite en première insémination (RIA1)** : Il s'agit d'une variable binaire qui sera égale à 1 si l'IA1 est fécondante et 0 sinon. Elle caractérise la réussite de la première IA après vêlage, c'est-à-dire si une gestation a été obtenue à la suite de cette IA.

Seule la première insémination a été prise en compte. En plus d'être une variable pouvant être retrouvées dans de nombreuses études (car il s'agit d'une bonne variable pour évaluer les performances de reproduction), elle permet de se rapprocher d'un jeu de données tel qu'on pourrait l'obtenir lors d'un essai randomisé (idéal mais malheureusement non atteignable dans cette étude) (AKOBENG 2005). En effet, la réussite d'une IA peut être déterminée de différentes manières. Classiquement, un constat de gestation est réalisé. Néanmoins, dans certains cas, la réussite est basée sur l'absence d'IA supplémentaire de l'animal (l'animal est considéré comme gravide car, dans le cas contraire, l'éleveur aurait rappelé le centre d'insémination pour qu'une IA soit à nouveau réalisée). Un des biais sur le calcul de cette variable est donc la réforme de l'animal ou la présence d'un taureau dans l'élevage, car si l'éleveur n'informe pas le centre d'insémination, l'animal peut être considéré comme gravide. Or, le risque de réforme ou de mise au taureau augmente au fur et à mesure des IAs et il est relativement faible après la première IA. Le taux de réussite en première insémination est donc le taux de réussite le plus fiable pour évaluer la réussite à l'IA.

2.1.2.2. Variables observées pour les génisses

Les variables étudiées pour les génisses ont été les suivantes :

- **Succès de l'insémination en moins de 25 jours (R25j)** : cette variable binaire est basée sur l'Intervalle IA1IAf. La variable renvoie 1 si la génisse a eu une insémination fécondante en moins de 25 jours après la première insémination et 0 sinon. Vingt-cinq jours correspondent au fait d'avoir eu une ou deux IAs. La durée moyenne d'un cycle étant de 21 jours, il est possible que la seconde insémination soit faite avant 25 jours. Nous avons choisi cette variable car, une génisse n'ayant jamais vêlé, il n'existe pas d'intervalle entre le vêlage et une insémination. Nous avons néanmoins souhaité évaluer l'impact du type d'élevage sur la rapidité de la réussite à l'insémination après la mise à la reproduction.
- **Réussite en première insémination (RgiA1)** : comme pour les vaches, cette variable binaire nous permet de supprimer quelques biais tout en ayant une bonne information sur les performances de reproduction. La réussite en première insémination est censée être meilleure pour les génisses qui, n'ayant pas encore eu de vêlages, sont beaucoup moins exposées aux risques d'infections utérines pouvant diminuer les performances de reproduction. Elles ne produisent également pas de lait, ce qui limite les risques de déficit énergétique.

2.1.3. Variables explicatives

Les variables explicatives sont les variables pouvant expliquer les variations des variables observées. Elles étaient au nombre de deux. La première est le *type d'élevage* et a deux modalités : BIOLOGIQUE ou CONVENTIONNEL. Elles nous ont permis d'étudier l'effet de l'élevage biologique par rapport à l'élevage conventionnel sur les performances de reproduction. La deuxième variable intéressante à prendre en compte est la race. Elle avait trois modalités : PH, MTB et AUTRE. Elle a permis d'estimer l'effet de la race sur les performances de reproduction.

2.1.4. Analyses statistiques

Chaque variable observée a fait l'objet d'une modélisation afin de pouvoir étudier l'effet de pratiquer une agriculture biologique mais aussi l'effet de la race sur les performances de reproduction. Les variables considérées dans cette étude peuvent se diviser en deux catégories de variables : **IVIAP** et **IVIAf** sont des variables continues et **RIA1**, **R25j** et **RgIA1** sont des variables binaires.

Deux types de modèles ont donc été utilisés. Les variables continues ont été modélisées avec un modèle linéaire mixte (LMM) (BRADY et al. 2006) et les variables binaires ont été modélisées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) (McCULLOCH, SEARLE 2000) avec une distribution binomiale et une fonction de lien logit (en accord avec la distribution des variables réponses).

Ont été pris en compte pour chaque type de modèle :

- Les deux facteurs fixes : le *type d'élevage* (BIOLOGIQUE ou CONVENTIONNEL) et la *race* (PH, MTB ou AUTRE),
- Le facteur aléatoire *élevage* lié à des caractéristiques et pratiques propres à chaque élevage mais difficilement identifiables dans cette étude.

Le but de cette étude étant d'estimer l'effet de pratiquer une agriculture biologique sur les performances de reproduction des vaches et génisses laitières, les modalités de référence pour le type d'élevage et la race sont les suivantes : CONVENTIONNEL et PH. La race Prim'Holstein a été choisie car il s'agit de la race laitière prédominante dans le monde, bien que la race prédominante dans notre étude soit la race Montbéliarde.

Afin de respecter l'hypothèse de distribution normale des résidus du LMM, une transformation logarithmique (logarithme népérien) des variables IVIAP et IVIAf a été nécessaire. Les coefficients renvoyés par le modèle sont des effets additifs sur les logarithmes d'IVIAP et IVIAf et sont donc difficilement interprétables. Ils ont donc été remis à l'exponentielle avec leur intervalle de confiance à 95 % (IC 95) afin de présenter les effets multiplicatifs sur IVIAP et IVIAf, effets qui seront plus facilement interprétables.

Les résultats des GLMM (pour RIA1, R25j et RgIA1) seront présentés sous forme d'Odd Ratio (OR) (correspondant à la valeur du coefficient renvoyé par le modèle (Odd) mis à l'exponentielle) avec leur intervalle de confiance à 95 %. Cependant, les ORs sont des ratios d'odds et non des ratios de proportions ou de probabilités. Ainsi, ils surestiment souvent les effets des variables explicatives et sont plus éloignés de la valeur 1 que le Risque Ratio (RR) (TAJEU et al. 2012 ; SHELDRIK et al. 2017). En effet, les ORs sont de bonnes estimations des RRs uniquement quand les probabilités sont proches de zéro (< 5 %). Afin de relativiser les ORs, les RRs (étant des ratios des probabilités prédites par le modèle) ont été calculés pour chaque modalité des effets fixes. En effet, les ORs sont directement donnés par le GLMM alors que les RRs doivent être calculés et dépendent de la valeur des autres variables explicatives. Pour chaque facteur, le RR comparant deux modalités de ce facteur a été calculé en effectuant le ratio des probabilités prédites par le modèle pour ces deux modalités et en fixant toutes les modalités des autres facteurs. Le principe du calcul des probabilités nécessaires au calcul des RRs est présenté en Annexe 4.

Pour tous les modèles LMM, l'hypothèse de la normalité de la distribution des résidus de Pearson et des quantiles des résidus standardisés a été testée et vérifiée graphiquement

(Annexe 8). Les hypothèses de distribution des effets aléatoires ont également été testés pour les LMMs et GLMMs (Annexe 8).

Le Tableau III rassemble les différentes variables d'étude avec leurs modalités.

Tableau III : Tableau récapitulatif des variables considérées et de leurs modalités

Variable	Caractère de la variable	Nom de la variable	Modalités	
Variables d'étude	Quantitatives	IVIAP	\mathbb{R}	
		IVIAf	\mathbb{R}	
	Vaches	Qualitative à deux modalités	RIA1	1 = ≤ 1 IA
				0 = ≥ 2 IA
	Génisses	Qualitatives à deux modalités	R25j	1 = ≤ 25 jours
				0 = ≥ 26 jours
Variables explicatives	Qualitative à deux modalités	RgIA1	1 = ≤ 1 IA	
			0 = ≥ 2 IA	
	Type d'élevage	Qualitative à trois modalités	Race	Non bio
Bio				
Facteur aléatoire		Elevage	PH	
			MTB	
			Autre	

PH = Prim'Holstein ; **MTB** = Montbéliardes ; **IA** = Insémination artificielle

IVIAP = Intervalle Vêlage – Première Insémination ; **IVIAf** = Intervalle Vêlage – Insémination Fécondante ;

RIA1 et RgIA1 = Réussite en Première Insémination (pour les vaches et génisses respectivement); **R25j** = Réussite de l'insémination en moins de 25 jours

2.1.5. Outils utilisés

Les données ont d'abord été rassemblées dans le logiciel Excel avant d'être converties sous format .txt pour pouvoir être utilisées dans l'analyse statistique.

L'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel R (R FOUNDATION 2020) avec la version 4.0.3. Les packages utilisés pour ces analyses sont les suivants :

- *lmer* (BATES et al. 2015) : permettant de créer et d'ajuster les modèles LMM et GLMM
- *ggplot2* (WICKHAM 2016) : pour la représentation graphique des données
- *sJPlot* (LÜDECKE et al. 2021) : pour la présentation sous forme de « forest plots » des coefficients des modèles
- *dplyr* (WICKHAM et al. 2021) : permettant de faciliter la manipulation des données

2.2. Analyse des pratiques d'élevages via un questionnaire

Les pratiques d'élevages en agriculture biologique sont moins bien connues, ou en tout cas, moins « standardisées » qu'en agriculture conventionnelle. Les outils à disposition des éleveurs pour les guider dans leurs pratiques (le choix de la race par exemple) n'existent pas (RODRIGUEZ-BERMUDEZ, MIRANDA, et al. 2019). Comme dans les élevages conventionnels, chaque éleveur a sa manière de fonctionner et de gérer son élevage. Mais en agriculture biologique, les moyens utilisés pour contrer ou compenser les exigences du cahier des charges sont tous différents d'un éleveur à l'autre. Ainsi, il nous a semblé intéressant de voir quelles

pratiques d'élevages étaient choisies par les éleveurs en fonction de leurs objectifs. Nous pourrions voir si une ou des tendances peuvent s'en dégager et voir également si ces pratiques peuvent être mises en relation avec les résultats obtenus à la suite de l'analyse statistique.

2.2.1. Méthodologie d'enquête et élaboration du questionnaire

Le but ici était d'avoir un point de vue relativement large sur les pratiques des éleveurs. Un entretien individuel a donc été nécessaire pour pouvoir aborder la totalité des thèmes souhaités. La méthode initiale, et pratiquée au tout début de l'étude, était de contacter l'éleveur par téléphone afin de convenir d'un rendez-vous pour pouvoir se rendre sur place, observer l'élevage, interroger l'éleveur grâce au questionnaire et approfondir certaines questions si nécessaire pour comprendre ses pratiques. Ceci a été possible pour deux des élevages. Par la suite, la crise sanitaire nous a obligés à ne réaliser que des entretiens téléphoniques. L'approfondissement des questions est cependant resté le même.

La première étape d'élaboration du questionnaire a été de définir une grille d'entretien (JUDLIN 2017) permettant de faire la synthèse de tous les thèmes à aborder. Cinq grandes parties ont été définies :

- Les caractéristiques générales de l'exploitation,
- La gestion de la reproduction,
- La gestion sanitaire,
- La gestion de l'alimentation,
- L'avis de l'éleveur.

Cette première ébauche a ensuite été soumise à deux éleveurs et à notre correspondant au centre d'insémination afin d'avoir des avis objectifs et extérieurs sur le questionnaire. Ceci a permis de savoir si les questions étaient pertinentes de leur point de vue, mais aussi de voir si des aspects importants avaient été omis. A la suite de ces corrections, le questionnaire définitif a pu être établi (Annexe 3).

La première partie du questionnaire s'est concentré sur les caractéristiques générales de l'exploitation, notamment les races des animaux constituant le troupeau mais aussi la raison du choix de ces races (stratégique ou non). Étaient également abordés le taux de renouvellement, les réformes et leurs motifs, l'année de conversion en élevage biologique (ou année de début de travail en élevage biologique s'il s'agissait de l'activité initiale) ainsi que les éventuelles activités, autres que l'élevage bovin, présentes sur l'exploitation. Ces premières informations nous permettaient de dresser une carte d'identité de l'élevage, d'avoir une idée des mouvements au sein du troupeau et de la santé globale de l'élevage.

La deuxième partie était orientée sur la gestion de la reproduction. Elle réunissait les méthodes de détection des chaleurs et les outils d'aide à leur détection et à leur suivi, les méthodes d'insémination utilisées (monte naturelle ou insémination animale), l'utilisation de semences sexées ou non (qui était aussi l'occasion d'aborder la question de l'utilisation du génotypage) et les stratégies d'organisation des vêlages.

Cette partie a permis d'évaluer plusieurs éléments : la gestion globale de la reproduction en fonction des attentes de l'éleveur mais aussi la place de l'outil génétique et l'évolution de cette gestion depuis la conversion en élevage biologique, si conversion il y a eu. Par exemple, certains éleveurs pratiquaient la synchronisation des chaleurs avant leur conversion et ne peuvent plus y avoir recours depuis leur conversion en élevage biologique.

La troisième partie se concentrait sur la gestion sanitaire de l'élevage. Il s'agit d'un point important car la gestion sanitaire conditionne grandement la reproduction et ses performances. C'est l'un des points les plus impactés par le cahier des charges de l'agriculture biologique (impossibilité d'utilisation de certains traitements allopathiques par exemple). Ont été abordés, les traitements non allopathiques utilisés pour les grandes affections liées à la reproduction et rencontrées en élevage laitier (endométrites, mammites, anœstrus, Repeat Breeder), les méthodes de soins majoritairement utilisées et les justifications d'utilisation des antibiotiques.

La quatrième partie renseignait sur la gestion de l'alimentation et l'impact que celle-ci pouvait avoir sur la reproduction et ses performances. Les élevages biologiques ne pouvant pas avoir recours aux aliments de synthèse, les compléments alimentaires sont très limités voire absents du marché (notamment les vitamines). De plus, la (quasi) totalité de la ration doit être produite au sein de l'élevage ou au plus proche de l'élevage. Ces contraintes peuvent influencer la qualité de la ration car les éleveurs ne peuvent pas forcément avoir une ration ajustée aux besoins de leurs animaux.

La cinquième et dernière partie était concentrée sur l'avis et le ressenti de l'éleveur vis-à-vis de l'élevage biologique. Ce type d'élevage peut-il avoir un impact, positivement ou négativement, sur les performances de reproduction ? Quels sont les éléments sur lesquels il aimerait travailler pour améliorer son élevage ? Existe-t-il, selon lui, des différences entre élevages biologiques et conventionnels.

2.2.2. Recrutement des élevages

Tous les élevages concernés par ce questionnaire font partie des élevages biologiques sélectionnés pour l'étude statistique décrite précédemment. Le choix de ces élevages s'est fait sur plusieurs critères. En effet, nous souhaitions avoir des élevages répartis dans toute la région AURA, avec des techniques d'élevages différentes pour pouvoir comprendre la gestion des élevages et de la reproduction dans différentes situations. Ainsi, cinq élevages différents répartis entre la Haute-Loire, la Drôme, l'Ardèche et Rhône-Alpes ont été interrogés. Le nombre d'animaux dans l'élevage variait entre 45 et 171.

2.2.3. Méthode d'analyse des données

Chaque questionnaire a été analysé de manière exhaustive. Du fait de la petite quantité de questionnaires, il s'agit ici d'une étude qualitative. Une analyse par thème a d'abord été faite (caractéristiques générales, reproduction, sanitaire, alimentation et avis de l'éleveur), ce qui nous permettait de comparer les pratiques des cinq élevages entre elles. Une analyse par le résumé a ensuite été faite pour chaque élevage. Elle permettait de mettre en relation les pratiques de l'éleveur avec ses attentes et ses résultats.

III- Résultats

3.1. Etude de l'effet de la catégorie d'élevage et de la race sur les performances de reproduction

3.1.1. Préambule

Tout d'abord, la catégorie de référence utilisée pour la modélisation est toujours représentée par les génisses ou vaches PH des élevages CONVENTIONNELS.

Ensuite, nous avons choisi de présenter les résultats via des graphiques permettant de visualiser plus facilement les effets (comme dans la Figure 15). Les points représentent la valeur estimée de l'effet de chaque modalité des variables explicatives par rapport à la modalité de référence, les barres horizontales de part et d'autre des points représentent les intervalles de confiance à 95 % (IC 95) associés et la barre verticale correspond à la valeur théorique pour un effet nul (cette valeur est égale à 1 lorsqu'on raisonne sur des effets multiplicatifs). Les effets négatifs (augmentation de l'IVIAP ou de l'IVIAf ou diminution de RIA1, RgIA1 ou R25j) sont représentés en rouge et ont des valeurs supérieures à 1 pour IVIAP et IVIAf et inférieures à 1 pour RIA1, RgIA1 et R25j. Les effets positifs (diminution de l'IVIAP ou de l'IVIAf ou augmentation de RIA1, RgIA1 ou R25j) sont représentés en bleu et ont des valeurs inférieures à 1 pour IVIAP et IVIAf et supérieures à 1 pour RIA1, RgIA1 et R25j.

Enfin, l'hypothèse de la normalité de distribution des résidus de Pearson et des quantiles des résidus standardisés a été vérifiée pour les deux LMMs. Les hypothèses de normalité de distribution des effets aléatoires étaient bien vérifiées pour les LMMs et GLMMs.

3.1.2. Chez les vaches

3.1.2.1. *Description de la population d'étude*

Le jeu de données obtenu après recueil des bilans de reproduction des vaches a permis de travailler sur un total de 13 384 vaches réparties dans 377 élevages. Le Tableau IV présente la répartition des effectifs dans chaque catégorie considérée, à savoir élevage biologique ou conventionnel et la race considérée, PH, MTB ou AUTRE.

Tableau IV : Répartition des effectifs des vaches dans les différentes catégories

	PH	MTB	Autre
Conventionnel	1 161 (<i>réf</i>)	4 159	906
Biologique	1 233	4 393	1 532

réf = modalités de référence (conventionnel et PH)

PH = Prim'Holstein ; *MTB* = Montbéliarde

3.1.2.2. *Description des variables IVIAP, IVIAF et du nombre d'IA par vache et comparaison aux données de REPROSCOPE*

Pour pouvoir situer plus précisément notre population d'étude par rapport à la population d'Auvergne Rhône-Alpes, les moyennes obtenues grâce à notre jeu de données ont été comparées aux moyennes obtenues dans l'étude REPROSCOPE de 2018 (REPROSCOPE 2018). Les Figures 15 et 16 représentent la répartition des IVIAP (Figure 15) et de leur IVIAF (Figure 16). Les moyennes des IVIAP et IVIAF de notre étude sont matérialisées par une barre

verticale bleue et celles de Reproscope par une barre verticale rouge. Du fait de la présence de valeurs extrêmes très importantes, les valeurs d'IVIAP et d'IVIAF ont été représentées jusqu'à 1 000 pour plus de lisibilité de l'histogramme. Les valeurs retirées étaient les suivantes : 2 173, 1 259 et 1 005. L'IVIAP moyen calculé par Reproscope est inférieur d'environ dix jours à la moyenne que nous avons pu calculer à partir de nos données. A l'inverse, l'IVIAF calculé par Reproscope est plus grand que l'IVIAF calculé avec notre jeu de données de trois à quatre jours. Cependant, la répartition des effectifs en fonction des IVIAP et des IVIAF est hétérogène avec des valeurs extrêmes très importantes et ne suit aucune loi connue (normale ou gaussienne). La moyenne n'est donc pas la statistique descriptive la mieux adaptée pour décrire une telle distribution. De plus, les moyennes de REPROSCOPE sont données sans écart-type. Tous ces éléments ne nous permettent pas de conclure sur les différences observées au niveau des moyennes.

De la même manière, le Figure 17 montre la répartition du nombre d'IA par vache ainsi que les moyennes calculées dans notre étude et par Reproscope. Dans notre étude, 0,2 paillettes de moins étaient nécessaires en moyenne pour avoir une insémination fécondante. Cependant, ne disposant que des moyennes sans leurs écart-types, il n'est pas possible de conclure sur les différences observées.

Les représentations vues ci-après justifient les transformation de variable effectuées pour les variables IVIAP, IVIAF et la création de la variable RIA1 : en effet, aucune des trois variables présentées n'est susceptible de suivre un modèle d'erreur Gaussien.

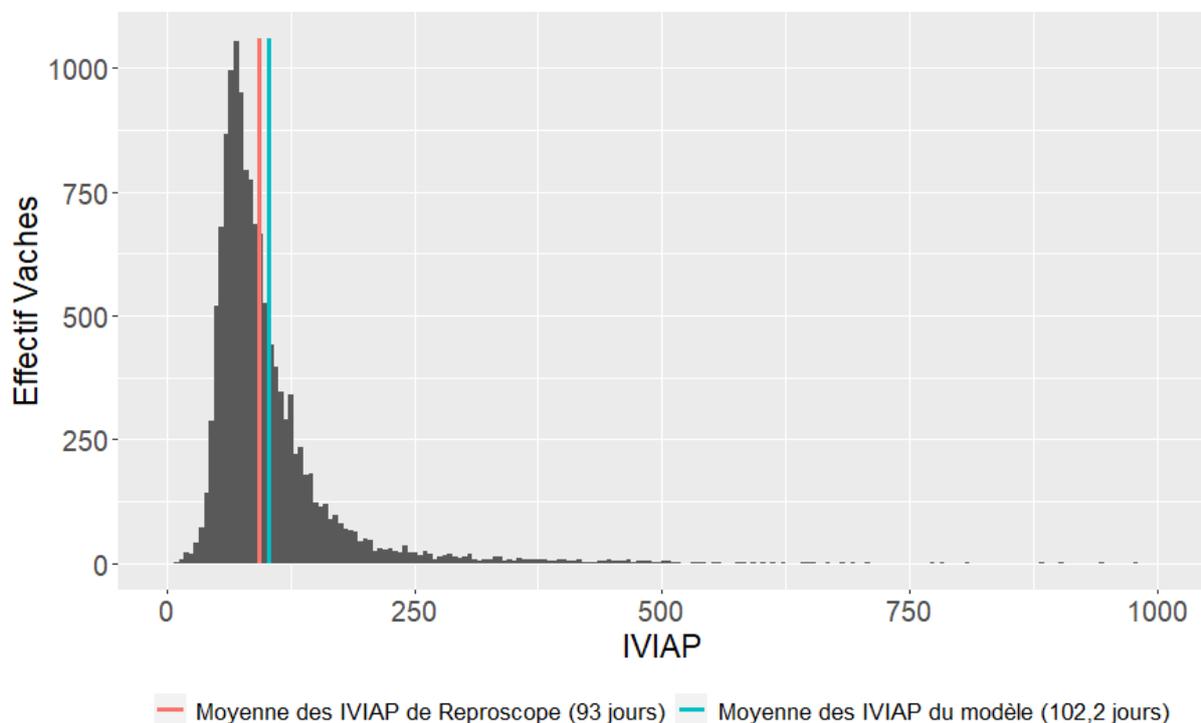


Figure 15 : Distribution de l'IVIAP dans les données de l'étude

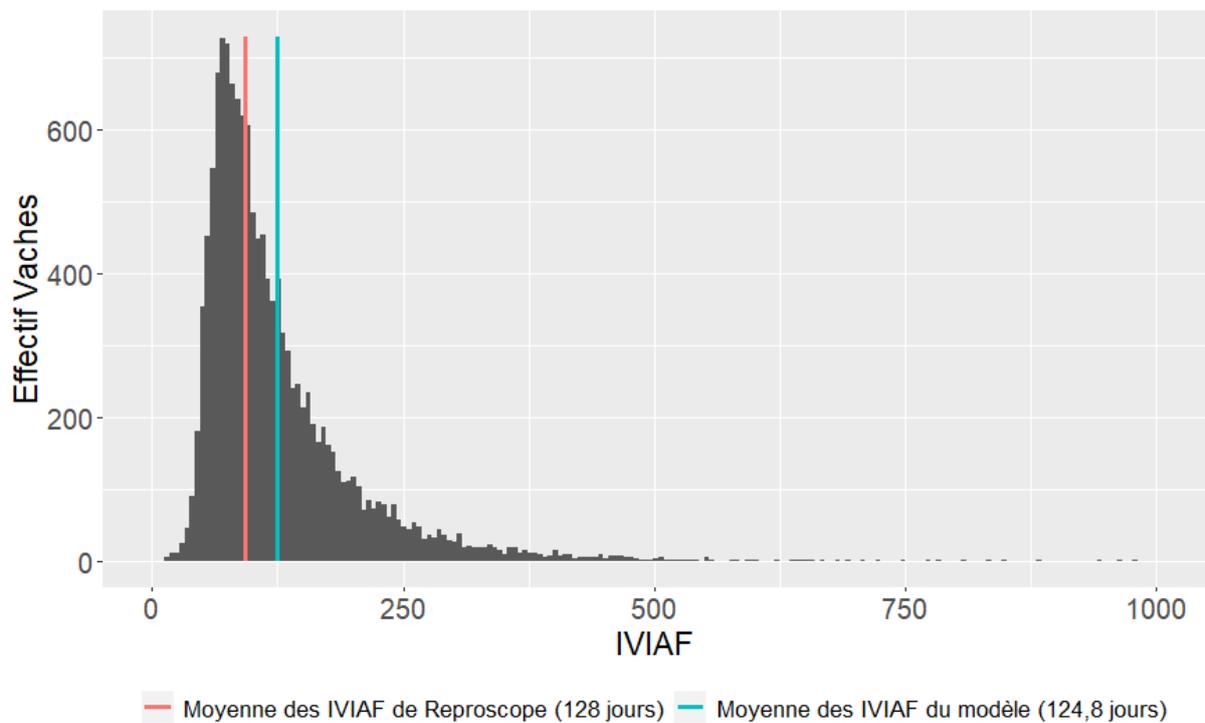


Figure 16 : Distribution de l'IVIAF dans les données de l'étude

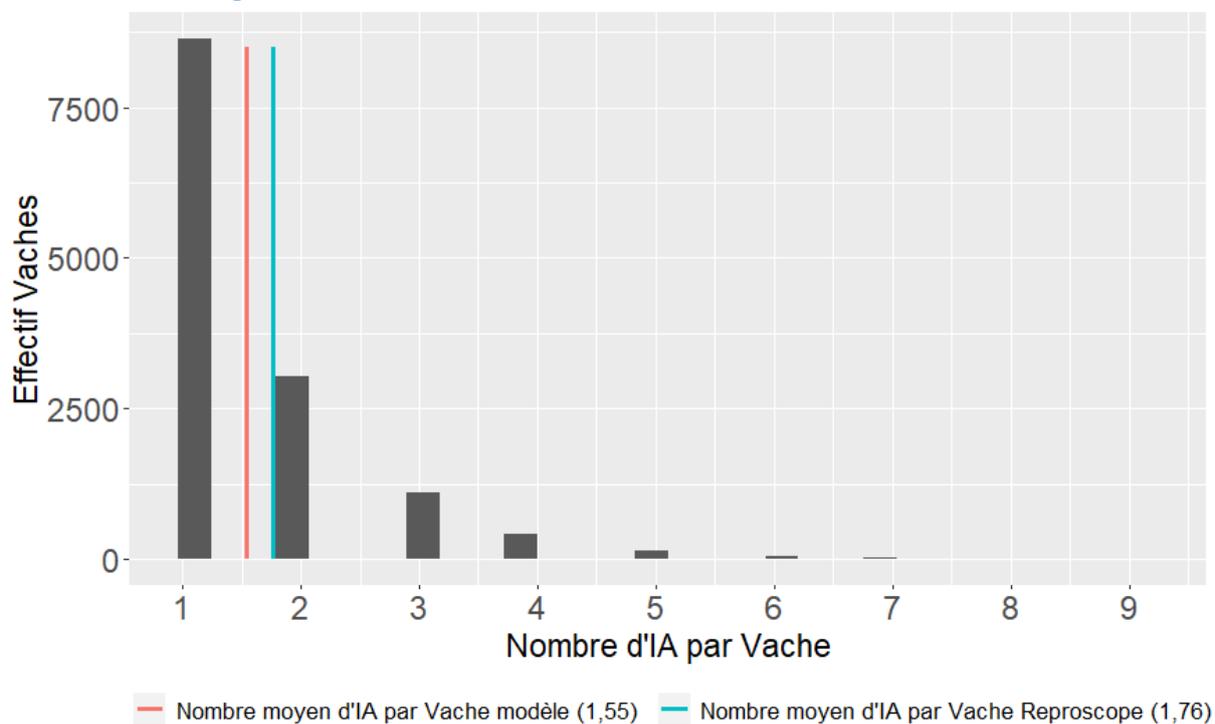


Figure 17 : Distribution du nombre d'Insémination Animale (IA) par vache dans les données de l'étude

3.1.2.3. *IVIAP et IVIAf*

Une transformation logarithmique ayant été nécessaire pour modéliser les variables IVIAP et IVIAf, les coefficients renvoyés par le modèle correspondent à des effets additifs sur le logarithme des variables. Ces résultats ont donc été repassés à l'exponentielle pour pouvoir représenter des effets multiplicatifs sur les variables non transformées, plus facilement

interprétables. Les intervalles de confiance à 95 % (IC 95) sur ces effets sont présentés en Annexe 5.

La Figure 18 présente les effets multiplicatifs du *type d'élevage* et de la *race de l'animal* sur l'IVIAP (15A) et l'IVIAf (15B).

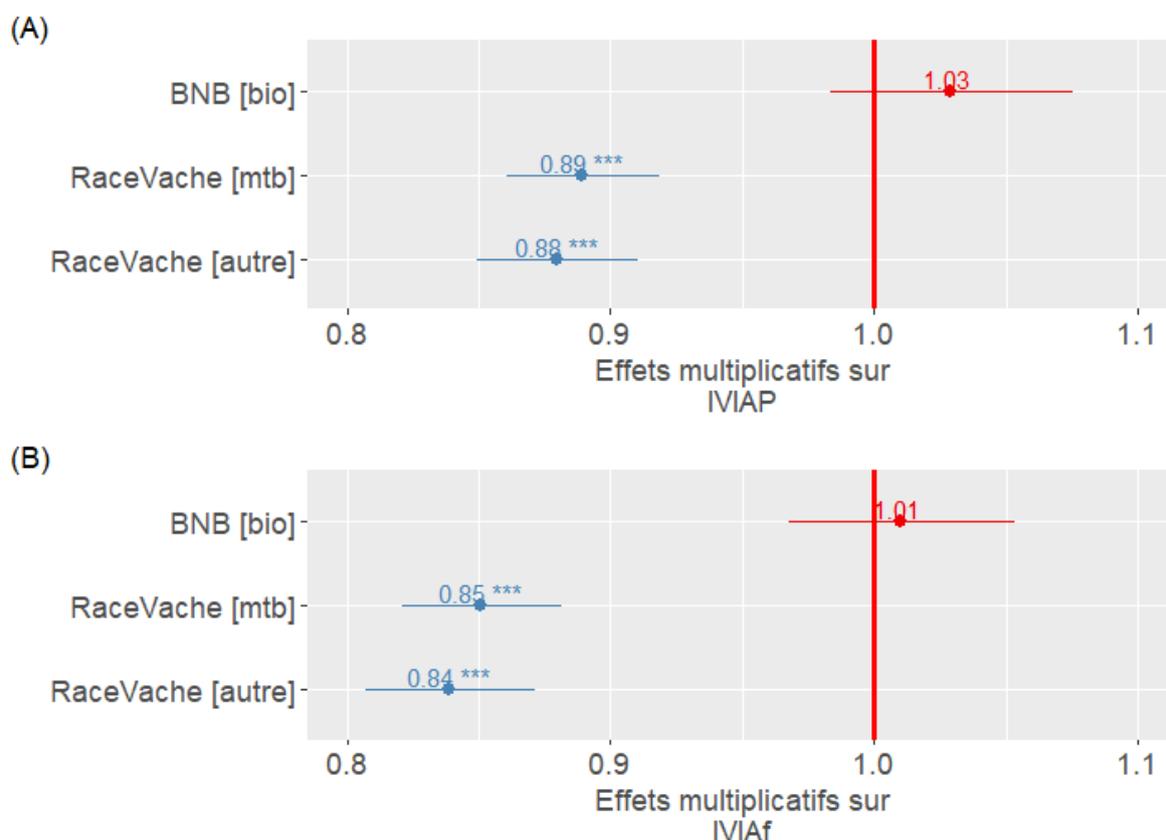


Figure 18 : Effets multiplicatifs du type d'élevage et de la race de la vache sur l'IVIAP (A) et l'IVIAf (B)

PH = Prim'Holstein ; **MTB** = Montbéliarde

BNB[bio] = élevage biologique ; **RaceVache[mtb]** = vaches de la race MTB ; **RaceVache[autre]** = vaches de races autres que PH et MTB

IVIAP = Intervalle Vêlage – Première Insémination ; **IVIAf** = Intervalle Vêlage – Insémination fécondante

Sur chaque figure, la première ligne représente l'effet multiplicatif du *type d'élevage* sur l'IVIAP et l'IVIAf. Comme nous pouvons le voir, l'effet est relativement faible et non significatif (la valeur 1 est comprise dans IC 95). En effet, l'IVIAP estimé pour les élevages biologiques n'est supérieur que de 3 % par rapport à l'IVIAP des élevages conventionnels (effet multiplicatif = 1,03 ; IC 95 = [0,98 ; 1,076]), ce qui représente donc trois jours de plus pour un IVIAP arbitraire de 100 jours. Cet effet est encore plus petit pour l'IVIAf (estimé 1 % plus grand pour les élevages biologiques que pour les élevages conventionnels), ce qui représente 1,25 jour de plus pour un IVIAf arbitraire de 125 jours.

A l'opposé, l'effet de la *race* est beaucoup plus important et visible sur les deux dernières lignes de chaque figure. Ainsi, l'effet multiplicatif de la race MTB sur l'IVIAP est estimé à 0,89 avec un IC 95 compris entre 0,86 et 0,92. Cela signifie que les vaches MTB ont un IVIAP estimé 11 % inférieur à l'IVIAP des vaches PH, soit 11 jours pour un IVIAP arbitraire de 100 jours. Cet effet peut être considéré comme étant significatif (son IC 95 ne contient pas la valeur 1). De la même manière, l'IVIAf des vaches MTB est estimé à 15 % plus petit que

l'IVIAf des vaches PH (environ 19 jours pour un IVIAf arbitraire de 125 jours) et l'effet est également significatif (effet multiplicatif = 0,85 ; IC 95 = [0,82 ; 0,88]). Pour les vaches de race AUTRE, l'IVIAf est estimé à 12 % plus petit que l'IVIAf des vaches PH (effet multiplicatif = 0,88 ; IC 95) [0,85 ; 0,91] ; 12 jours de moins) et l'IVIAf est estimé 16 % plus petit que l'IVIAf des vaches PH (effet multiplicatif = 0,84 ; IC 95 = [0,81 ; 0,87] ; 20 jours de moins).

3.1.2.4. RIA1

La Figure 19 présente les effets du *type d'élevage* et de la *race* sur RIA1 en termes d'ORs. Comme les ORs surestiment les effets estimés quand l'évènement n'est pas rare (c'est-à-dire si sa probabilité de succès est supérieure à 5 %, ce qui est le cas dans cette étude), les RRs ont été calculés comme décrit dans la partie Matériels et Méthodes. Ces RRs peuvent être interprétés comme des effets multiplicatifs sur une probabilité de succès et sont présentés en Annexe 6 avec les différents ORs.

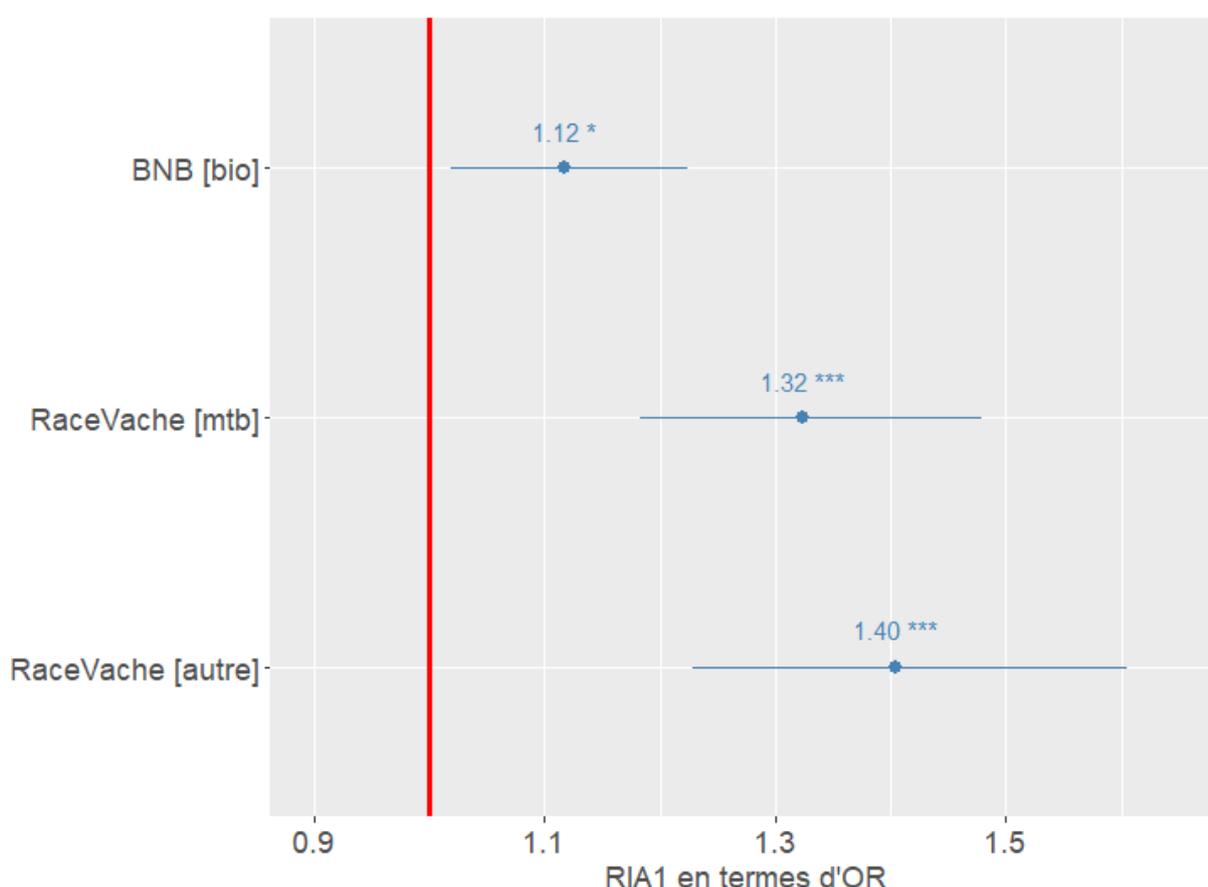


Figure 19 : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RIA1 en termes d'ORs

*** = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$

PH = Prim'Holstein ; MTB = Montbéliarde

BNB[bio] = élevage biologique ; RaceVache[mtb] = vaches de la race MTB ; RaceVache[autre] = vaches de races autres que PH et MTB

RIA1 = Réussite en Première Insémination ; OR = Odd Ratio

Tout d'abord, aucun IC 95 ne contient la valeur 1. Ainsi, les effets estimés peuvent être considérés comme étant significatifs. De plus, comme pour l'IVIAf et l'IVIAf, l'effet du *type d'élevage* sur RIA1 est plus petit que l'effet de la *race*.

L'OR des élevages biologiques par rapport aux élevages conventionnels est présenté en première ligne sur la Figure 16 et est estimé à 1,12 (IC 95 = [1,018 ; 1,22]). Cela correspond

à des valeurs de RR comprises entre 1,037 et 1,046, soit à une augmentation de la probabilité de RIA1 d'environ 4 %. Pour un même nombre de premières IAs réalisées, 104 vaches prennent en première IA en élevage biologique contre 100 en élevage conventionnel.

Les ORs des vaches MTB et AUTRE, estimés par rapport aux vaches PH, sont présentés sur les deux dernières lignes et sont estimés respectivement à 1,32 (IC 95 = [1,18 ; 1,48] et à 1,40 (IC 95 = [1,23 ; 1,61]). A partir des résultats présentés en Annexe 6, nous pouvons voir que ces RRs correspondent à une augmentation d'environ 11 % de la probabilité de RIA1 des vaches MTB par rapport aux vaches PH (RR = 1,106 pour les élevages biologiques et 1,11 pour les élevages conventionnels). Ainsi, de même que pour les comparaisons entre type d'élevages et pour un même nombre de premières IAs réalisées, 100 vaches PH prennent en première IA contre 111 vaches MTB et 112 à 113 vaches AUTRE.

3.1.3. Chez les génisses

3.1.3.1. Description de la population d'étude

Le jeu de données obtenu après recueil des bilans de reproduction des génisses a permis de travailler sur un total de 3 785 génisses réparties dans 352 élevages. Le Tableau V présente la répartition des effectifs de génisses en fonction de la catégorie d'élevage et de la race.

Tableau V : Répartition des effectifs des génisses dans les différentes catégories

	PH	MTB	AUTRE
Conventionnel	392 (<i>réf</i>)	1 102	305
Biologique	351	1 086	549

réf = modalités de référence (conventionnel et PH)

PH = Prim'Holstein ; *MTB* = Montbéliarde

3.1.3.2. Description de la répartition des effectifs de génisses selon les valeurs d'intervalles IAPIAF et du nombre d'IA par génisse

La Figure 20 présente la répartition du nombre d'IA par génisse. La moyenne calculée à partir de notre jeu de données est représentée en rouge et celle calculée par REPROSCOPE est représentée en bleu. Dans la très grande majorité des cas, le nombre d'IA est égal à 1, ce qui signifie que la première insémination a été fécondante.

Cependant, comme pour les vaches, REPROSCOPE ne donne que des moyennes calculées sans écart-type, et la moyenne n'est pas une statistique descriptive adaptée pour résumer une distribution de ce type, très dissymétrique. Les différences observées ne peuvent donc pas être totalement interprétées. La visualisation de la répartition du nombre d'IA par génisse justifie la création de la variable d'étude RgIA1. De la même manière, la répartition très hétérogène de l'APIAF (une très grande majorité de valeurs égales à zéro) justifie la création de la variable d'étude R25j. Les différentes valeurs d'APIAF n'ont pas été représentées graphiquement ici car aucune comparaison n'était possible avec les valeurs calculées par REPROSCOPE.

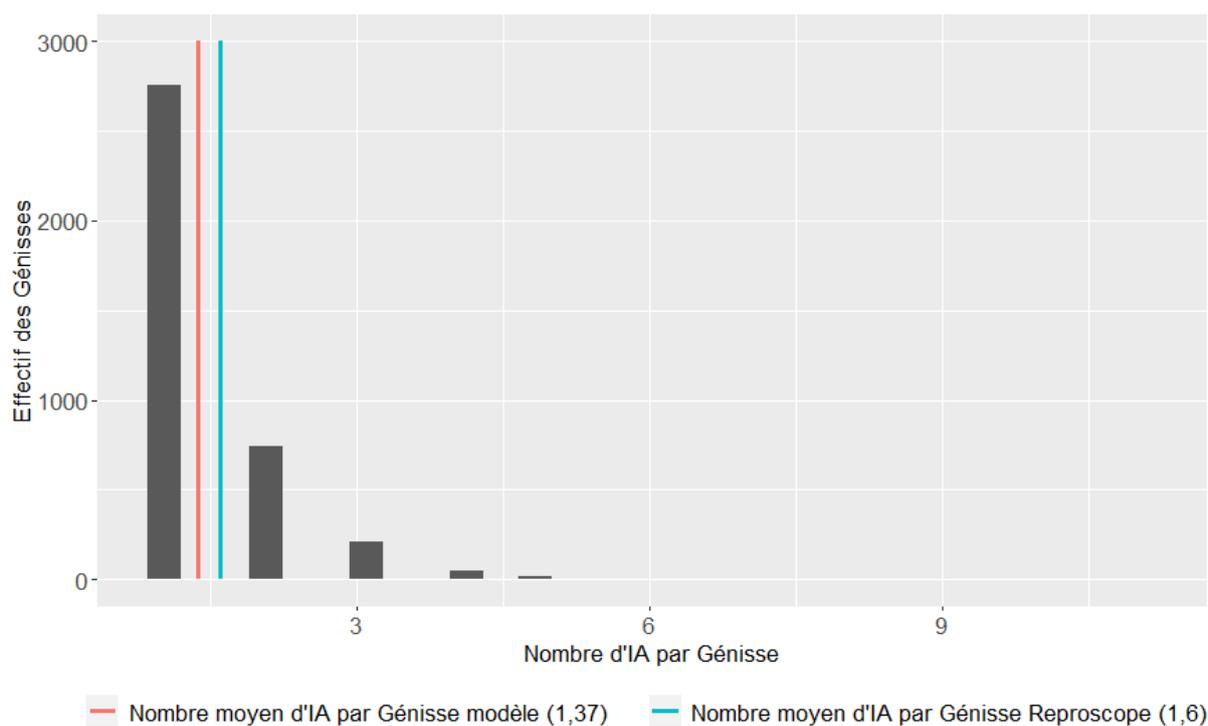


Figure 20 : Description de la distribution du nombre d'IA par génisse au sein de la population d'étude

3.1.3.3. *RgIA1 et R25j*

La Figure 21 présente les effets du *type d'élevage* et de la *race* sur RgIA1 (Figure 21A) et sur R25j (Figure 21B). Comme pour RIA1 chez les vaches, les RRs ont également été calculés (Annexe 6).

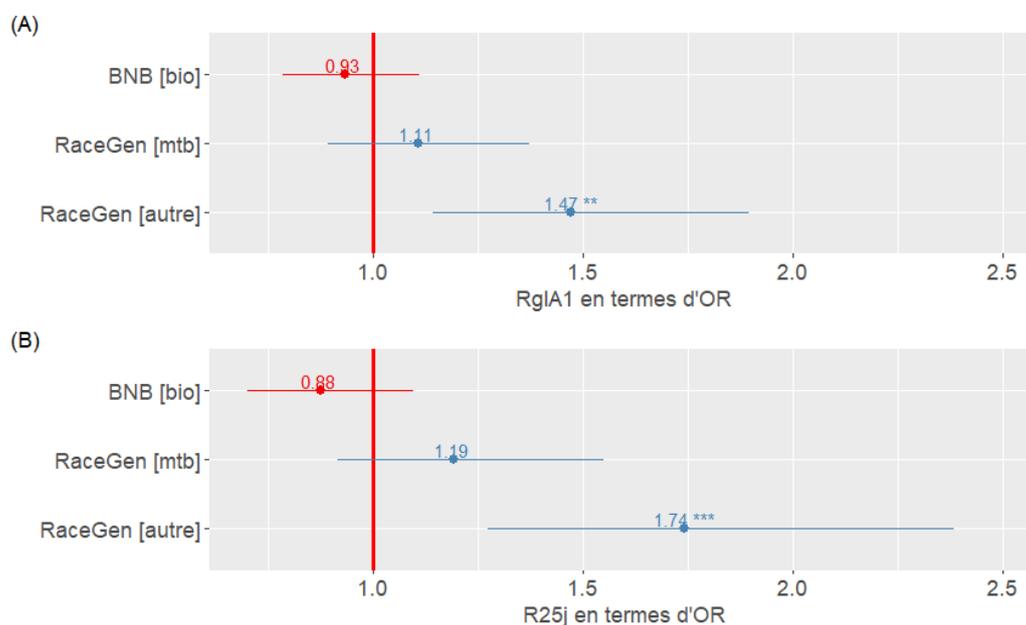


Figure 21 : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RgIA1 (A) et R25j (B) en termes d'ORs

*** = $p < 0.001$; ** = $p < 0.01$; * = $p < 0.05$

PH = Prim'Holstein ; MTB = Montbéliarde

BNB[bio] = élevage biologique ; RaceVache[mtb] = vaches de la race MTB ; RaceVache[autre] = vaches de races autres que PH et MTB

R25j = Réussite à l'insémination en moins de 25 jours ; RgIA1 = Réussite en Première Insémination ; OR = Odd Ratio

Tout d'abord, l'effet du *type d'élevage* n'est pas significatif et est présenté en première ligne sur les Figures 21A et 21B. L'OR des élevages biologiques par rapport aux élevages conventionnels pour RgIA1 est estimé à 0,93 (IC 95 = [0,78 ; 1,11]). Cela correspond à des valeurs de RR comprises entre 0,98 et 0,985 et donc une diminution de la probabilité de RgIA1 de 1,5 à 2 %. Ainsi, pour un même nombre de premières IAs réalisées, 100 génisses conventionnelles prennent en première IA contre 98 à 99 génisses en élevage biologique. De la même manière, l'OR des élevages biologiques par rapport aux élevages conventionnels pour la probabilité de R25j est estimé à 0,88 (IC 95 = [0,70 ; 1,10]) et correspond à des valeurs de RR comprises entre 0,975 et 0,98, donc à une diminution de R25j de 2 à 2,5 % par rapport aux élevages conventionnels. Ainsi, 100 génisses conventionnelles prennent en moins de 25 jours après leur mise à la reproduction contre 97 à 98 génisses en élevage biologique.

De même, l'effet de la race MTB est non significatif et est présenté sur la deuxième ligne des Figures 21A et 21B. L'OR de la race MTB par rapport à la race PH pour RgIA1 est estimé à 1,11 (IC 95 = [0,89 ; 1,37]). Après calcul des RRs, la probabilité de RgIA1 des génisses MTB est estimée 2,8 à 3 % plus grande que la probabilité de RgIA1 des génisses PH, soit environ trois génisses de plus ayant une IA1 fécondante si elles sont de race MTB pour une base de 100 génisses PH ayant une IA1 fécondante. De même, la probabilité de R25j pour les génisses MTB est estimée 3 % plus grande que la probabilité de R25j pour les génisses PH (OR = 1,19 avec IC 95 = [0,92 ; 1,55] et RR = 1,03 pour les élevages biologiques et conventionnels),

soit environ trois génisses supplémentaires pour 100 génisses PH prenant à l'IA en moins de 25 jours après la mise à la reproduction.

Enfin, seuls les ORs des génisses AUTRE, par rapport aux génisses PH, sont significatifs pour RgIA1 et R25j. Ils sont présentés en troisième ligne sur les Figures 17A et 17B et sont respectivement estimés à 1,47 avec un IC 95 = [1,14 ; 1,89] et 1,74 avec un IC 95 = [1,27 ; 2,38]. Ces effets correspondent à une augmentation de la probabilité de RgIA1 de 9,9 à 10,5 % (RR = 1,105 pour les élevages biologiques et 1,099 pour les élevages conventionnels) et une augmentation de la probabilité de R25j de 8 à 9 % (RR = 1,08 pour les élevages conventionnels et 1,09 pour les élevages biologiques) par rapport aux génisses PH, soit huit à dix génisses AUTRE supplémentaires ayant une IA1 fécondante ou prenant en moins de 25 jours après la mise à la reproduction pour 100 génisses PH.

3.2. Etude des pratiques de l'éleveur via les questionnaires

3.2.1. Caractéristiques générales des exploitations

Les années de conversion en élevage biologique pour les élevages 1, 2, 3, 4 et 5 sont respectivement 2018, 2000, 2017, 2010 et 2019.

Les niveaux de production laitière sont compris entre 6 000 et 8 000 litres par vache par an.

3.2.1.1. Races

Pour les cinq élevages, la race prédominante était la race déjà présente sur l'exploitation au moment de la conversion à l'élevage biologique. Pour deux des élevages, il s'agit de race MTB, pour un des élevages, il s'agit de PH, pour un autre élevage, il s'agit de PH sur lesquelles l'éleveur pratique des croisements (Normande, MTB, Abondance, Simmental, Vosgienne et Brune) et pour le dernier élevage, il s'agit également de PH mais l'éleveur tente de les remplacer progressivement par des MTB (lors de la réalisation du questionnaire, l'élevage était composé de 54 % de PH, 40,5 % de MTB, 4 % d'Abondances et 0,5 % de Tarentaises).

Ainsi, le choix de ces races a été fait la plupart du temps pour des raisons historiques. Certains éleveurs tentent cependant de faire évoluer leur troupeau pour gagner en rusticité (utilisation des croisements ou remplacement progressif d'une race par une autre).

Le Tableau VI présente les effectifs des vaches laitières présentes dans les cinq élevages ainsi que leur race.

Tableau VI : Effectifs et races de vaches laitières dans les cinq élevages

	Elevage 1	Elevage 2	Elevage 3	Elevage 4	Elevage 5
Nombre de vaches laitières	60	45	74	110	171
Races	PH	PH et croisements	PH et évolution vers MTB	MTB	MTB

PH = Prim-Holstein ; *MTB* = Montbéliardes

3.2.1.2. Réformes et renouvellement de troupeau

Le taux de renouvellement pour 4 des élevages est compris entre 22 et 32 %. Le dernier élevage a un taux de renouvellement plus bas qui varie entre 16 et 20 %, ce qui correspond à environ 10 à 12 génisses par an pour cet élevage.

Le Tableau VII présente les taux de réforme et de renouvellement dans chacun des élevages. Le premier taux de réforme présenté est celui prenant en compte toutes les causes de réformes et le second ne prend en compte que les réformes pour problèmes de reproduction.

Tableau VII : Taux de réforme et de renouvellement dans chaque élevage

	Elevage 1	Elevage 2	Elevage 3	Elevage 4	Elevage 5
Taux de renouvellement	16-20 % (10-12 génisses/an)	25 %	32 %	30 %	22 %
Taux de réformes	25 %	25 %	16 %	27 %	20.5 %
Taux de réformes dues à des problèmes de reproduction	3,33 %	6,7 %	3 %	4 %	10 %

L'Elevage 1 a un taux de réforme plus faible que les autres élevages. De plus, aucun motif de réforme n'y est majoritaire.

Dans les différents élevages, les motifs de réforme sont assez variés. Les mammites, taux de cellules et boiteries reviennent plus fréquemment que les troubles de la reproduction au sens strict excepté pour l'élevage 5. D'autres motifs viennent s'ajouter comme le caractère de l'animal, la production de lait insuffisante ou l'âge.

Nous pouvons remarquer que, dans l'Elevage 3 notamment, la réforme d'un animal peut être décidée s'il combine au moins deux à trois motifs et non un seul. Le but de cette pratique est de garder l'animal le plus longtemps possible.

3.2.1.3. Autres activités présentes sur l'exploitation

Tous les élevages sauf le 5 ont des activités autres que l'atelier laitier et les cultures fourragères (entrant dans la logique d'un élevage biologique, voire Partie 1) sur leur exploitation. Le Tableau VIII présente ces activités par élevage.

Tableau VIII : Activités autres que l'atelier laitiers présentes sur l'exploitation

	Elevage 1	Elevage 2	Elevage 3	Elevage 4	Elevage 5
Autre atelier élevage	Porcin (5 porcs) Caprin (70 chèvres)	Allaitant	Allaitant Ovin	Caprin	-
Productions	Transformation du lait de chèvre et de vache en fromage et yaourt	-	Fruits (noix)	-	-
Ventes	-	Céréales	Fruits (noix)	-	-

Bilan sur les caractéristiques générales des exploitations interrogées

La race utilisée dans ces exploitations est la race déjà présente sur l'élevage avant la conversion à l'élevage bio. Les races dominantes sont PH et MTB. Les motifs de réforme sont variés avec une prédominance des mammites et des boiteries. Les problèmes de reproduction pure ne sont pas forcément les plus importants dans ces élevages (les taux de réforme pour problème de reproduction restent faibles). Le taux de renouvellement est compris entre 20 et 35 %.

3.2.2. Gestion de la reproduction

3.2.2.1. Détection et suivi des chaleurs

Méthode de détection des chaleurs et évolution

Le nombre d'observations par jour varie entre deux et cinq pour les quatre premiers élevages, et aucune observation n'est réalisée pour l'élevage 5. Elles sont réalisées (selon les élevages) avant la traite, pendant le travail dans l'élevage, au moment de la repousse de l'aliment ou du nettoyage des logettes.

Les signes recherchés par les éleveurs pour la détection des chaleurs sont l'agitation, l'acceptation du chevauchement (pour l'élevage 1) et le chevauchement (élevages 2, 3 et 4). D'autres signes s'ajoutent tels des particularités individuelles des vaches, des troubles du comportement ou l'observation des glaires génitales.

Le temps consacré à l'observation des chaleurs est resté inchangé après le passage en élevage biologique.

Avant le passage en élevage biologique, deux des élevages pratiquaient la synchronisation des chaleurs sur les génisses et un la pratiquait de manière individuelle pour s'adapter à chaque animal.

Outils de détection des chaleurs

Deux élevages possèdent un système de podomètre ou accéléromètre et deux élevages possèdent un système de détection intégré au système de traite (il prend notamment en compte l'activité de la vache, la baisse de production laitière et le fait qu'elle ait eu une insémination ou non).

Outils de suivi des chaleurs

Les principaux outils utilisés sont le planning rotatif, le planning linéaire ou une application sur Smartphone. Deux élevages utilisent les plannings rotatif et linéaire, deux utilisent l'application sur Smartphone et un utilise uniquement le planning linéaire.

3.2.2.2. Méthodes de reproduction

Pratiques de mise à la reproduction

Le Tableau IX présente les pratiques de mise à la reproduction utilisées (Insémination Animale ou Monte Naturelle) par les éleveurs. Nous pouvons observer que la très grande majorité des vaches sont inséminées de manière artificielle, à l'instar de ce qui est classiquement retrouvée en France pour les élevages laitiers.

Tableau IX : Répartition des méthodes d'insémination chez les cinq éleveurs (en %)

	Elevage 1	Elevage 2	Elevage 3	Elevage 4	Elevage 5
IA	100 %	100 %	90 %	80 %	100 %
Monte naturelle	-	-	10 % Pour les RB	20 % Taureau limousin	-

RB = Repeat Breeder

Utilisation des semences sexées

Les cinq élevages utilisent des semences sexées mais pas de manière systématique. En effet, les éleveurs utilisent majoritairement cette pratique afin de renouveler leur troupeau. Un élevage utilise également les semences sexées afin d'éviter d'avoir des mâles Brune des Alpes (élevage 2 pratiquant des croisements), plus difficiles à vendre. L'élevage 3 utilise également cette pratique pour obtenir une meilleure sélection des génisses et ainsi diminuer son taux de réforme.

Les semences sexées représentent entre 15 et 20 % des IAs pratiquées.

Place de la génétique et sa gestion

Sur les cinq élevages, quatre utilisent les outils génétiques et un ne les utilise pas du tout. La stratégie génétique repose sur des critères de sélection choisis par l'éleveur en fonction de ses objectifs d'élevage et sur l'utilisation des semences sexées ou non. Les stratégies génétiques des éleveurs interrogés et utilisant les outils génétiques sont les suivantes :

- **Elevage 1** : Le critère de sélection est la facilité de vêlage. La volonté de l'éleveur est de conserver un troupeau purement PH. Ainsi, les semences sexées sont toutes de race PH pure (renouvellement du troupeau) et les semences non sexées sont de race Charolaise (pour la vente).
- **Elevage 2** : Les critères de sélection utilisés sont la rusticité et le taux de viande (pour valoriser les carcasses des réformes). Comme vu précédemment, la majorité des IAs en semences sexées utilisées dans cet élevage sont réalisées sur les vaches de race Brune des Alpes. Le choix de la race des semences non sexées se fait en fonction des critères devant être améliorés dans l'élevage, donc en fonction des objectifs de l'éleveur.
- **Elevage 3** : Le critère de sélection varie en fonction de ce que l'éleveur pense être adapté dans l'objectif de diminuer ses réformes. Le choix de la race des semences se fait surtout en fonction de l'âge de l'animal. S'il s'agit d'une génisse, la semence sera plutôt de race Limousine ou Aubrac. S'il s'agit d'une vache, la semence sera de race Charolaise. Très peu d'IAs en race pure sont réalisées pour le moment dans cet élevage car l'éleveur souhaite construire un troupeau résistant et réaliser ses croisements en fonction de ses besoins.
- **Elevage 4** : La stratégie génétique de cet élevage comporte plusieurs axes :
 - *Gestion des vaches* : les vaches sont mises avec le taureau lorsqu'elles ont besoin de plus de trois inséminations.
 - *Gestion des génisses* : la totalité des génisses de l'élevage sont génotypées. Ceci permet à l'éleveur de scinder son lot de génisses en deux catégories : celles qui ont le plus haut potentiel génétique auront une IA et les autres seront mises avec le taureau directement.

- *Gestion des semences sexées* : les semences sexées représentent 10 à 20 % des IAs réalisées sur le troupeau et sont faites en race pure pour permettre le renouvellement du troupeau.
- *Gestion des semences non sexées* : dans le groupe des animaux qui n'ont pas été inséminés avec une semence sexée, la moitié est inséminée en race pure MTB et l'autre moitié est inséminée avec des races différentes.

3.2.2.3. *Organisation de la gestion de la reproduction*

Objectifs de l'éleveur

Le principal objectif des éleveurs est d'avoir un premier vêlage peu après l'âge de deux ans, donc d'avoir une première insémination vers 18 mois. D'autres objectifs peuvent également être présents comme gagner en rusticité (par les croisements), améliorer le taux de viande (pour une meilleure valorisation des réformes), obtenir une meilleure facilité de vêlage ou une bonne fertilité.

Organisation des vêlages et durée du tarissement

Quatre élevages ont des vêlages répartis sur toute l'année avec une baisse du nombre de vêlages aux mois de mai et juin et un pic aux mois d'octobre et novembre. Un élevage regroupe ses vêlages sur les mois de septembre et octobre afin de pouvoir avoir une meilleure organisation entre les différentes activités de l'exploitation.

La durée du tarissement est variable d'un élevage à l'autre. Il est de 70 à 80 jours en moyenne sauf pour un élevage qui peut diminuer cette durée jusqu'à 57 jours.

Utilisation d'un suivi de reproduction

Les cinq élevages font l'objet d'un suivi de reproduction dans le centre d'insémination dont sont issues les données récoltées pour l'analyse statistique.

3.2.2.4. *Paramètres de reproduction des élevages interrogés*

Le taux de réussite en première insémination est compris entre 56 et 65 %, l'IVIAf est compris entre 114 et 147 jours et l'âge moyen au premier vêlage est compris entre 2 ans et 6 mois et 2 ans et 11 mois.

Bilan sur la gestion de la reproduction

Le passage à l'élevage biologique n'a pas eu d'impact sur les pratiques des éleveurs en ce qui concerne la détection des chaleurs. Le temps consacré aux observations des signes de chaleurs reste faible voire inexistant et se fait majoritairement pendant les phases de travail sur l'exploitation. Le signe le plus souvent utilisé pour détecter les chaleurs et le chevauchement (un élevage détecte l'acceptation de chevauchement).

La grande majorité des élevages utilise l'insémination animale. La monte naturelle est parfois utilisée pour les vaches et génisses pour lesquelles les IAs ne fonctionnent pas. Les semences sexées représentent entre 15 et 20 % des IAs pratiquées. Elles sont majoritairement utilisées pour le renouvellement du troupeau et pour les animaux ayant de bonnes performances. Un plan de travail génétique est mis en place dans quatre élevages sur cinq dans le but d'améliorer les critères correspondants aux objectifs de l'éleveur (comme un premier vêlage à deux ans).

3.2.3. Gestion sanitaire

Quatre grandes affections courantes en reproduction bovine ont été considérées ici : les endométrites, les mammites, les anœstrus et le Repeat Breeding. Dans le cadre d'un usage restreint des antibiotiques, les pratiques des éleveurs sont diverses et dépendent des élevages.

Ainsi, pour les endométrites, certains élevages utilisent l'homéopathie ou d'autres traitements naturels, tandis que d'autres élevages ne font aucun traitement. Les mammites sont systématiquement traitées mais, là aussi, les traitements appliqués sont variés, certains élevages mettent l'accent sur la prévention (en optimisant l'ambiance du bâtiment par exemple) et d'autres traitent à l'aide d'aromathérapie ou d'homéopathie. Les traitements antibiotiques sont plus facilement utilisés pour cette affection malgré les temps d'attente multipliés par deux. Les anœstrus et animaux Repeat Breeder ne font pas l'objet de grands traitements. Dans la plupart des élevages, le maître mot pour ces deux affections est l'attente.

De manière générale, les traitements naturels et le recours aux médecines alternatives telles la phytothérapie, l'aromathérapie et l'homéopathie sont privilégiés. Le recours aux traitements allopathiques se fait en prenant en compte deux critères majeurs : la décision du vétérinaire et la gravité de l'affection.

Enfin, les éleveurs interrogés dans cette étude déclarent que les animaux ayant des problèmes de reproduction sont encore plus difficiles à traiter lorsqu'ils sont en élevage biologique. En effet, les traitements alternatifs que nous avons pu voir ci-dessus ne sont généralement que des thérapies de soutien de la fonction de reproduction et de l'organisme et ne vont donc pas agir sur l'affection considérée. Les traitements utilisables sont donc préventifs et non curatifs, ce qui représente une vraie difficulté lorsqu'un animal est malade.

Bilan sur la gestion sanitaire

Les traitements utilisés sont essentiellement tournés vers les médecines alternatives et la décision de l'application d'un traitement allopathique est prise en fonction de l'avis du vétérinaire et de la gravité de l'affection.

3.2.4. Gestion de l'alimentation

3.2.4.1. Ration

Dans les cinq élevages, le type de ration ne change pas d'une saison à l'autre. Ainsi deux élevages ont une ration dite complète (ration identique pour tous les animaux, comprenant également les compléments alimentaires) et trois élevages ont une ration semi-complète (une partie des concentrés et minéraux sont dans la ration et commune à tous les animaux et l'autre partie est ajoutée en fonction des besoins individuels de chaque animal. Cette partie peut être ajoutée soit directement dans la ration, soit à l'aide d'un Distributeur Automatique de Concentrés, soit avec une mélangeuse (certains élevages combinent l'utilisation du Distributeur Automatique de Concentrés et de la mélangeuse).

La composition de la ration varie peu également en fonction de la saison. En effet, la principale différence entre ration d'été et ration d'hiver est la présence ou l'absence de la pâture. Les composants détaillés de la ration des élevages sont reportés dans le Tableau X. Ces composants réunissent la ration de base (fourrage, pâturage ou ensilage) et les concentrés complétant cette ration (tourteau, maïs ou orge par exemple).

Afin d'améliorer la qualité de la ration, différentes pratiques peuvent être utilisées comme le séchage en grange ou encore l'ajout d'huile de foie de morue.

Tableau X : Composition des rations d'été et d'hiver

	Elevage 1	Elevage 2	Elevage 3	Elevage 4	Elevage 5
Eté	Pâture avec un mois de transition <i>(apport de foin le soir si la pâture est trop sèche)</i>	Pâture Foin Concentrés	Enrubannage	Pâture Ensilage d'herbe et de maïs Concentrés	Ensilage d'herbe et de maïs
			Ensilage de maïs Foin Maïs humide Orge Tourteau de soja Pâture		Céréales (blé et maïs) Foin de luzerne Tourteau de soja Pâture
Hiver	Fourrage d'herbe Tourteau de soja Céréales Maïs épi	Foin Maïs épi Céréales	Enrubannage	Ensilage d'herbe Ensilage de maïs Foin Concentrés	Ensilage d'herbe et de maïs
			Ensilage de maïs Foin Maïs humide Orge Tourteau de soja		Céréales (blé et maïs) Foin de luzerne Tourteau de soja

3.2.4.2. Gestion des intrants

Deux élevages n'achètent pas de concentrés ou de fourrages et n'ont donc pas d'intrants alimentaires. Trois élevages ont besoin d'acheter les concentrés voire le foin de luzerne.

3.2.4.3. Conséquences des changements de ration issues du passage à l'agriculture biologique constatées par l'éleveur

Les vaches ont des performances de reproduction qui ont tendance à diminuer au moment de la mise à l'herbe et tout au long de l'été sauf pour un élevage dans lequel l'éleveur constate cette baisse de performances en fin d'hiver (en relation avec une carence en vitamines et minéraux à cette période et à l'interdiction d'utiliser des vitamines et minéraux de synthèse) avec des animaux ayant des facilités à être gravides au moment de la mise à l'herbe. Ces problèmes de performance ont été constatés depuis le passage à un élevage biologique en lien avec un changement dans la gestion des rations. En effet, les éléments entrants dans la composition de la ration des animaux sont limités en élevage biologique (notamment les vitamines et minéraux), ce qui rend difficiles les ajustements de ration. Ainsi, lors de périodes caractérisées par des changements environnementaux importants (passage à l'herbe, sécheresse, grand froid par exemple), la ration peut ne plus couvrir correctement les besoins énergétiques des animaux, ce qui peut amener à des problèmes de reproduction.

Les taux de réussite à l'insémination sont plus faibles au moment de la mise à l'herbe et en été que pendant le reste de l'année pour la plupart des éleveurs qui expliquent cette

constatation par le fait que l'élaboration d'une ration équilibrée peut être compliquée à cette période de l'année. Ils évoquent également le rôle des fortes chaleurs qui contribuent à diminuer les performances de reproduction des animaux.

Bilan de la gestion de l'alimentation

Les deux types de ration utilisés sont les rations complètes ou semi-complètes, peu de changements de ration sont faits d'une saison à l'autre. Une diminution de la fécondité au moment de la mise à l'herbe est constatée par la majorité des éleveurs depuis leur passage en élevage biologiques.

3.2.5. Avis de l'éleveur

3.2.5.1. Reproduction

Les éleveurs ne rapportent pas de grands changements dans les performances de reproduction de leurs animaux avec le passage en élevage biologique. Cependant, trois d'entre eux mettent l'accent sur le fait que l'arsenal thérapeutique est très restreint (voire inexistant) en cas de problème de reproduction. Pour un élevage, les résultats de reproduction sont très hétérogènes d'une année sur l'autre. Pour un autre élevage, les performances de reproduction sont restées inchangées mais associées à une augmentation de la production laitière.

3.2.5.2. Objectifs d'amélioration

Ces objectifs dépendent des objectifs des éleveurs. Cependant, plusieurs éléments peuvent être retrouvés comme la production laitière, la qualité du lait (pour pouvoir le valoriser en production fromagère sur l'exploitation), la bonne santé de la mamelle, une bonne morphologie, la reproduction. Pour atteindre ces objectifs, deux grandes stratégies sont utilisées : l'utilisation de la génétique pour sélectionner les caractères d'intérêts et la prévention (gestion de l'élevage en amont afin d'éviter d'avoir recours à des traitements lourds).

D'autres objectifs vont également être d'améliorer le bien-être des animaux avec l'installation de ventilateurs par exemple

3.2.5.3. Avis sur une différence de performances de reproduction entre élevages biologiques et conventionnels

Pour quatre des éleveurs, il n'existe aucune différence entre les élevages biologiques et les élevages conventionnels. Pour le cinquième éleveur, les performances de reproduction sont meilleures en élevage biologique car les animaux sont moins sollicités.

IV- Discussion

4.1. Mise en perspective des résultats obtenus

4.1.1. Comparaison des performances de reproduction entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels

Cette étude a porté sur un très grand nombre de bovins, ce qui nous a permis de nous affranchir des biais pouvant être générés par un effectif trop petit. Les effectifs des différents groupes de race sont proches de l'équilibre entre élevages biologiques et élevages conventionnels.

Au cours de l'élaboration de ces modèles, plusieurs stratégies ont été envisagées et testées entre elles afin d'obtenir une modélisation se rapprochant le plus de la réalité. Un travail a notamment été fait sur prise en compte de la race. Les résultats n'ont pas été présentés ici car ce modèle n'a pas été retenu. Il s'agissait de considérer la race, non pas à l'échelle de l'animal mais à l'échelle de l'élevage. Le travail se faisait alors sur la race majoritaire de l'élevage (la race était considérée comme majoritaire lorsqu'elle représentait 80 % ou plus de l'effectif de l'élevage). Trois catégories avaient été considérées : les élevages avec une majorité de PH, ceux avec une majorité de MTB et les autres. Considérer la race à l'échelle de l'élevage aurait pu permettre de mettre en évidence les différences de pratiques des éleveurs en fonction de la race de l'élevage (par exemple, les élevages ayant une majorité de PH peuvent être plus orientés vers la production de lait que les élevages avec une majorité de MTB). Le jeu de données restant le même, le calcul des critères d'Akaike (AIC) a pu être fait entre ces deux types de modèle. Considérer la race à l'échelle de l'élevage a eu pour conséquence d'augmenter l'AIC par rapport au modèle considérant la race à l'échelle de l'animal. Le modèle considérant la race à l'échelle de l'animal donne donc une meilleure description des données (BURHNAM 2002), c'est pourquoi les autres modèles envisagés n'ont pas été présentés ici.

4.1.2. Questionnaires aux éleveurs

Un très petit nombre de questionnaires a pu être recueilli au cours de cette étude. Cependant, s'agissant d'un questionnaire le plus précis possible sur les pratiques d'élevages et les fermes ayant été choisies dans le but d'avoir des pratiques variées, leurs résultats permettent d'avoir une meilleure idée de la diversité des pratiques pouvant exister en élevage biologique.

4.2. Comparaison de l'effet de l'élevage biologique sur les performances de reproduction avec d'autres études

4.2.1. Chez les vaches

Dans notre étude, trois variables ont été considérées chez les vaches : l'IVIAP, l'IVIAf et la réussite en première insémination. Nous avons donc cherché des études s'étant intéressées à des variables identiques ou approchantes. Nous pouvons remarquer que les résultats de ces études sont présentés sous la forme d'une moyenne associée à un écart-type, ce qui est loin d'être idéal pour ce type de données. Néanmoins, toutes les études ayant

présenté leurs résultats de cette manière, nous avons donc décidé de les comparer aux nôtres malgré tout.

Tout d'abord, dans notre étude, l'effet du *type d'élevage* (biologique ou conventionnel) sur l'IVIAP et l'IVIAf est faible et non significatif. Des résultats semblables ont été obtenus dans d'autres études centrées sur la comparaison entre élevages biologiques et conventionnels. Ces résultats chiffrés sont présentés dans le Tableau XI ci-dessous. La première étude qui s'est intéressée à cette problématique est celle de Reksen et al. (REKSEN et al. 1999). Elle a réuni des données recueillies sur une période de trois ans. Les animaux de cette étude étaient de race Pie Rouge Norvégienne et répartis dans 29 élevages biologiques et 87 élevages conventionnels. Les résultats obtenus pour les performances de reproduction étaient moins bons pour les élevages biologiques que pour les conventionnels mais cette différence est très faible lorsque l'on prend en compte les écart-types. Cette différence de performances de reproduction est plus importante lorsque la saison était prise en compte. En effet, les élevages biologiques avaient de moins bons résultats au cours de l'hiver.

Dans une étude plus récente, également sur la Pie Rouge Norvégienne, plusieurs éléments de comparaison entre élevages biologiques et conventionnels ont été pris en compte : les performances de reproduction, la santé de la mamelle et la résistance aux antibiotiques (GARMO et al. 2010). Aucune différence majeure n'a été mise en évidence entre IVIAP et IVIAf dans cette étude.

L'étude la plus récente sur le sujet a comparé dix élevages biologiques avec cinq élevages conventionnels zéro pâturage et cinq élevages conventionnels en pâturage. Les élevages conventionnels étaient uniquement composés de PH alors que les élevages biologiques étaient composés de PH, de croisement de PH et d'autres races. Aucune différence n'a été mise en évidence entre les élevages biologiques et les élevages conventionnels zéro pâturage ; en revanche, les IVIAP et IVIAf étaient plus courts en élevage biologique par rapport aux élevages conventionnels en pâturage (RODRIGUEZ-BERMUDEZ, FOUZ, et al. 2019).

D'autres études ont observé que les IVIAP et IVIAf étaient plus courts en élevage biologique par rapport aux élevages conventionnels de manière générale. C'est le cas de l'étude de Löf et al. (LÖF et al. 2007) qui s'est intéressée aux liens pouvant exister entre les caractéristiques de l'élevage, les pratiques d'élevages (biologique ou non, race présente sur l'élevage, taille du troupeau, production laitière sur une année, système de traite, IAs faites par l'éleveur ou non, recours à un service de conseil en alimentation ou non et ration totale mélangée ou non) et les performances de reproduction. De plus, ils ont observé que, dans la population d'animaux qu'ils considéraient, les élevages biologiques avaient un taux de réforme pour problèmes de reproduction plus faible que les élevages conventionnels. Dans notre étude, le taux de réforme pour problèmes de reproduction est également relativement bas.

Tableau XI : Variations des valeurs d'IVIAP et d'IVIAf entre élevages biologiques et conventionnels obtenues dans d'autres études

	Etude	Type d'élevage	IVIAP (j)	IVIAf (j)	
IVIAP et IVIAf similaires entre élevages biologiques et conventionnels	(REKSEN et al. 1999)	Bio	83,8 <i>SE = 1,1</i>	107,7 <i>SE = 1,6</i>	
		Conventionnel	79,3 <i>SE = 0,5</i>	98,6 <i>SE = 0,8</i>	
		Bio hiver	85,3 <i>SE = 1,5</i>	114,6 <i>SE = 2,2</i>	
		Conventionnel hiver	78,3 <i>SE = 0,6</i>	96,8 <i>SE = 0,9</i>	
	(GARMO et al. 2010)	Bio	82 <i>IC 95 = [80,2 ; 83,8]</i>	99 <i>IC 95 = [96,5 ; 101,5]</i>	
		Conventionnel	79,5 <i>IC 95 = [77,8 ; 81,2]</i>	98,8 <i>IC 95 = [96,4 ; 101,2]</i>	
	(RODRIGUEZ-BERMUDEZ, FOUZ, et al. 2019)	Bio	L2	91,2 <i>SE = 6,9</i>	142 <i>SE = 11</i>
			L3	94,2 <i>SE = 6,5</i>	162 <i>SE = 11</i>
		Conventionnel zéro-pâturage	L2	91,4 <i>SE = 10,1</i>	144 <i>SE = 17</i>
			L3	94,8 <i>SE = 10,5</i>	165 <i>SE = 18</i>
		Conventionnel pâturage	L2	118 <i>SE = 9</i>	209 <i>SE = 15</i>
			L3	120 <i>SE = 9</i>	202 <i>SE = 15</i>
Meilleurs IVIAP et IVIAf en biologique	(LÖF et al. 2007)	Bio	87,7 <i>IC 95 = [84,7 ; 90,6]</i>	121,6 <i>IC 95 = [118,3 ; 125,4]</i>	
		Conventionnel	90,6 <i>IC 95 = [89,3 ; 91,9]</i>	126,6 <i>IC 95 = [124,9 ; 128,2]</i>	

SE = Erreur standard ; IC 95 = intervalle de confiance à 95 % ; L2 = vaches étant entre leur première et leur troisième lactation ; L3 = vaches étant à plus de trois lactations

Contrairement aux IVIAP et IVIAf, notre étude a montré que le fait d'être en élevage biologique pouvait améliorer la réussite en première insémination (RIA1). La plupart des études se penchent sur une autre variable que la réussite en première insémination. Elles utilisent principalement le nombre d'IAs nécessaires à l'obtention d'une insémination fécondante. Il peut donc être difficile d'effectuer une comparaison sur ce paramètre. Cependant, il peut être remarqué que les résultats obtenus dans cette étude ne rejoignent pas ceux trouvés dans les études précédentes. En effet, aucune des études considérées n'a trouvé une différence sur le nombre d'IA entre élevages biologiques et conventionnels. Nos résultats suggèrent que les vaches auraient une meilleure fertilité en élevage biologique.

4.2.2. Chez les génisses

Deux variables ont été considérées pour les génisses : la réussite en première insémination et l'obtention d'une insémination fécondante en moins de 25 jours (correspondant hypothétiquement à une première ou deuxième insémination).

Aucune étude utilisant cette dernière variable n'a été trouvée mais elle est un très bon indicateur de la fertilité des génisses. En effet, une génisse peut avoir besoin de deux inséminations pour obtenir une insémination fécondante mais l'intervalle entre la première et la seconde insémination peut varier. Dans certains cas, il peut s'avérer trop long. Les causes de cet intervalle allongé peuvent être très variées : mauvaise expression des chaleurs, mauvaise détection des chaleurs par l'éleveur, cycles longs (à cause d'un déficit énergétique par exemple). Dans cette présente étude, le fait d'être en élevage biologique n'a pas eu d'effet sur cette variable.

De même que pour les vaches, la réussite en première insémination est une autre manière d'aborder le nombre d'inséminations nécessaires à l'obtention d'une IAf. Pour cette dernière variable, la présente étude a révélé des résultats similaires entre élevages biologiques et élevages conventionnels. Nous pouvons néanmoins remarquer que, contrairement aux vaches, les résultats des génisses en élevage biologique semblent un peu moins bons que les génisses en élevage conventionnel. Ceci pourrait être lié à l'impossibilité d'utiliser des traitements de synchronisation des chaleurs qui sont utilisés dans certains élevages conventionnels afin de faciliter la reproduction des génisses (cf 4.3.1.2.). Les conséquences sont malgré tout très faibles.

Ces résultats suggèrent donc que le fait d'être en élevage biologique n'affecte pas la fertilité des génisses par rapport aux élevages conventionnels.

4.3. Hypothèses d'explication des résultats et mise en lien avec les réponses des éleveurs interrogés

4.3.1. Lien entre élevage biologique et performances de reproduction

4.3.1.1. Chez les vaches

Comme vu précédemment, le fait d'être en élevage biologique n'a qu'un très faible effet sur les IVIAP et IVIAf. Si un effet a été mis en évidence dans certaines études (LÖF et al. 2007), il est positif (les IVIAP et IVIAf sont plus courts en élevage biologique) sauf dans un cas particulier mis en évidence par Reksen et al. (REKSEN et al. 1999) : les IVIAP et IVIAf étaient augmentés en élevage biologique pendant la saison hivernale. Ce résultat rejoint la constatation d'un des cinq éleveurs interrogés dans cette étude qui a remarqué que les performances de reproduction de ses animaux étaient diminuées en hiver. A l'inverse, deux autres éleveurs de cette étude ont remarqué une baisse de performance en été. Dans les deux cas, la ration alimentaire était mise en cause ici et est également évoquée par Reksen et al. En effet, le cahier des charges de l'élevage bovin laitier biologique interdit l'utilisation de concentrés, minéraux et vitamines d'origine synthétique ou issus de l'agriculture conventionnelle (ou ne doivent représenter qu'1 % de cette ration si les conditions nécessitent le recours à de tels produits). Bien que les éleveurs biologiques aient l'obligation de produire le maximum de leur ration au sein de leur élevage, la production de concentrés est difficile et peu rentable. Ces derniers doivent donc souvent être achetés. Les prix des concentrés biologiques sont très hauts par rapport aux concentrés conventionnels, ce qui limite leur achat et donc leur proportion dans la ration des vaches laitières. A titre d'exemple, en 2021, le prix du tourteau de soja oscillait aux alentours de 400 € la tonne et celui du tourteau de colza autour de 300 € la tonne en conventionnel (WEB-AGRI 2021) alors qu'en biologique, le tourteau de soja oscillait entre 750 et 1 200€ la tonne et le tourteau de colza aux alentours de 750 € la tonne (hors taxe) (PARTNER AND Co 2021 ; SEMBIO 2021 ; RENTA

AGRICULTURE 2021). En ce sens, il est difficile pour les éleveurs de pouvoir ajuster correctement la ration des vaches laitières en fonction de leurs besoins en hiver, ce qui peut conduire à un déficit énergétique et provoquer une diminution des performances de reproduction. En été, la difficulté réside notamment dans le fait que les animaux sont à l'herbe, la ration est donc plus difficile à contrôler pour les éleveurs. Si la pâture choisie n'est pas assez riche ou n'offre pas d'espace et une quantité de nourriture suffisante, les éleveurs ne peuvent pas facilement ajuster la ration et ceci peut également aboutir à un déficit énergétique et une baisse des performances de reproduction. Ces dernières peuvent également être impactées par les fortes chaleurs (élément avancé par deux des éleveurs du panel).

Pendant, Reksen et al. modèrent leurs propos par rapport à l'apport de concentrés dans la ration. Cette dernière étant moins riche en concentrés, les risques de maladies métaboliques comme les cétozes peuvent s'en trouver diminués. Ceci rejoint la constatation d'un des éleveurs interrogés qui, depuis son passage en élevage biologique et l'ajustement de sa ration (avec une base de fourrages et très peu de concentrés), a connu une baisse de l'incidence des cétozes dans son troupeau. Ceci est en faveur de l'amélioration des performances de reproduction des vaches laitières.

Un autre résultat intéressant concerne la réussite en première insémination chez les vaches. Il s'agit de la seule variable pour laquelle le fait d'être en élevage biologique a un effet significatif (qui est positif) ce qui suggère que les vaches ont une meilleure fertilité en élevage biologique. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées. Tout d'abord, génétiquement parlant, la production de lait est négativement corrélée aux performances de reproduction. En élevage conventionnel, la sélection des animaux a été essentiellement réalisée depuis de nombreuses années sur les performances de production laitière au détriment de la reproduction. Ceci n'est pas forcément le cas en élevage biologique, comme le montrent les réponses des éleveurs interrogés dans cette étude (sélection principale de l'élevage sur la facilité de vêlage ou la rusticité par exemple).

D'autre part, une production laitière importante peut également être accompagnée d'un déficit énergétique important au moment du pic de lactation. Ceci est particulièrement vrai pour les vaches hautes productrices, c'est-à-dire les vaches dépassant 8 000 litres de lait produit par an. Or, il a été montré que la production laitière était moins importante en termes de quantité en élevage biologique qu'en élevage conventionnel (GARMO et al. 2010). C'est également le cas pour les éleveurs interrogés puisque leur niveau de production se situe entre 6 000 et 8 000 litres de lait par an et par vache. La production laitière étant moins importante, les performances de reproduction peuvent être meilleures en élevage biologique, via une limitation du déficit énergétique en période post-partum. Ceci rejoint l'impression d'un éleveur pour lequel les performances de reproduction sont meilleures en élevage biologique car les animaux sont moins sollicités.

Enfin, le cahier des charges de l'élevage biologique impose des structures adaptées aux besoins des animaux et un accès permanent à l'extérieur. Des études ont montré que des espaces de couchage et de déambulation plus grands avaient un effet positif sur les performances de reproduction (LÖF et al. 2007 ; PETERSSON et al. 2006).

Un dernier point intéressant observé dans les questionnaires, et que l'on peut également retrouver dans la littérature (LÖF et al. 2007), est le fait que le taux de réforme pour cause de problème de reproduction est assez faible. Les problèmes de reproduction ne sont donc pas forcément les principaux problèmes des élevages biologiques. Les éleveurs biologiques ont la volonté de favoriser la longévité de leurs animaux et de les garder le plus

longtemps possible dans leur exploitation. En ce sens, pour certains éleveurs, un animal doit réunir au moins trois motifs de réforme (problèmes de reproduction, boiterie, mammites, problèmes métaboliques, ...) pour être réformé.

4.3.1.2. Chez les génisses

Un résultat plus surprenant est que le fait qu'être en élevage biologique n'a pas de réel impact sur les performances de reproduction des génisses, voire que les résultats peuvent être légèrement inférieurs en élevage biologique. Une hypothèse peut être proposée. En élevage conventionnel, les génisses peuvent en effet faire l'objet d'une synchronisation des chaleurs, ce qui n'est pas autorisé en élevage biologique. Cette pratique permet notamment de grouper les chaleurs des génisses et de constituer des lots pour regrouper les vêlages. Cela permet aussi de pouvoir accentuer la surveillance des signes de chaleur sur une période plus petite et de faciliter cette détection (COZLER et al. 2009 ; PELLICER-RUBIO et al. 2009), voire de s'en affranchir totalement. Ceci pourrait expliquer la très petite différence observée entre élevages biologiques et conventionnels concernant le RgIA1.

Parmi les cinq éleveurs du panel, un seul pratiquait la synchronisation des chaleurs avant son passage en élevage biologique. Le changement de cette pratique ne lui a pas semblé impacter les performances de reproduction de ses génisses. Ces éléments peuvent être expliqués par le fait qu'une très grande quantité de facteurs peuvent influencer la fertilité des génisses (l'alimentation et la vitesse de croissance notamment (COZLER et al. 2009 ; LE COZLER 2015)). Ce sont d'abord ces éléments qui conditionnent la bonne reproduction des génisses (puisqu'elles doivent être cyclées pour pouvoir être l'objet d'un traitement hormonal de synchronisation des chaleurs (GRIMARD et al. 2003)) avant les traitements hormonaux. Ainsi, les conséquences de l'utilisation ou non de protocoles de synchronisation des chaleurs peuvent être très différentes en fonction des élevages.

4.3.1.3. Cas particulier de l'interdiction des traitements hormonaux en élevage biologique

L'interdiction de recourir aux traitements hormonaux peut être l'une des principales difficultés rencontrées en élevage biologique. Cependant, il est fréquemment montré dans la littérature que l'interdiction de recourir aux traitements hormonaux d'induction et de synchronisation des chaleurs n'a pas d'impact sur les performances de reproduction (PELLICER-RUBIO et al. 2009). Néanmoins, les éleveurs interrogés dans notre étude déclarent que les animaux qui ont des problèmes de reproduction sont encore plus difficiles à traiter en élevage biologique. En effet, aucun traitement de phytothérapie, d'aromathérapie ou d'homéopathie pouvant remplacer les traitements hormonaux n'existe sur le marché. Les traitements existants sont des thérapies de soutien de la fonction de reproduction et de l'organisme, mais ne vont pas agir directement sur l'affection considérée. La phytothérapie, l'aromathérapie et l'homéopathie sont en plein développement depuis plusieurs années. Il est ainsi possible d'espérer que des traitements pouvant répondre aux besoins des éleveurs seront développés.

4.3.2. Une explication majeure des variations de performances de reproduction : la race

Deux variables explicatives ont été considérées dans cette étude : le type d'élevage (biologique ou conventionnel) et la race de l'animal (PH, MTB ou AUTRE) avec pour race de

référence la PH. Cette deuxième variable explicative a permis de mettre en évidence des effets très intéressants sur les performances de reproduction des vaches et génisses laitières. Ces effets sont beaucoup plus importants que l'effet de l'élevage biologique.

Pour les trois variables considérées chez les vaches (IVIAP, IVIAf et RIA1), les résultats obtenus sont meilleurs pour les races MTB et AUTRE que pour les PH. Les IVIAP et IVIAf sont plus courts de 11 à 16 % en bio et le RIA1 est meilleur de 12 à 13 %, ce qui peut être important, économiquement parlant, pour les éleveurs.

Pour les deux variables considérées chez les génisses, les résultats obtenus étaient meilleurs uniquement pour les génisses de race AUTRE par rapport à la race PH. En effet, l'obtention d'une IAf en moins de 25 jours était meilleure de 8 à 9 % et la réussite à l'IA1 meilleure de 10 %, résultats importants encore une fois pour l'éleveur. Nous pouvons donc remarquer qu'avoir des animaux de race MTB est lié à une amélioration des performances de reproduction des vaches mais pas des génisses.

Nos résultats confirment ceux d'autres études dans lesquelles de meilleures performances de reproduction ont également été observées chez des races autres que PH ou chez des croisements de PH en élevage biologique (RODRIGUEZ-BERMEDEZ, FOUZ, et al. 2019). Ces résultats sont résumés dans le Tableau XII.

En effet, de manière générale, la fécondité des PH est moins bonne que pour les autres races laitières (BARBAT et al. 2005 ; DISNHAUS et al. 2008). Cette race a en effet fait l'objet d'une sélection génétique beaucoup plus intense que les autres races, sélection dirigée vers l'amélioration de la production laitière. Or, comme expliqué précédemment, celle-ci est corrélée négativement aux performances de reproduction, ce qui a conduit à une dégradation de la reproduction dans la race PH au fil des années. Des vaches de cette race peuvent ainsi accumuler différents problèmes de reproduction tels un œstrus plus court avec moins d'expression des chaleurs et donc plus de difficulté de détection par l'éleveur, un intervalle vêlage – vêlage (IVV) plus long, ou encore des retards ou anomalies de cyclicité.

Plus spécifiquement, les vaches MTB ont de meilleures performances de reproduction que les vaches PH. En effet, la race MTB est plus rustique que la race PH. Elle a ainsi fait l'objet d'une sélection génétique moins intense et a gardé une meilleure adaptabilité. Une étude conduite sur des élevages de PH et de MTB en région Auvergne Rhône-Alpes a montré que les MTB ont besoin de moins d'inséminations (- 0,3 en moyenne) et ont un IVV plus court de 25 jours, même si les PH ont une gestation plus courte de 7 à 8 jours (BALANDRAUD et al. 2018). Ces différences n'étaient valables que pour les vaches et ne concernaient pas les génisses (les performances de reproduction sont similaires entre génisses PH et génisses MTB). Ces éléments peuvent expliquer les différences observées pour les vaches PH et MTB dans notre modèle et l'absence de différence entre PH et MTB pour les génisses.

Enfin, quelle que soit la variable considérée, les animaux de race autre que PH ou MTB avaient toujours des résultats plus intéressants dans notre étude par rapport à la race PH. Dans la présente étude, ces races étaient l'Abondance, la Jersiaise, la Brune des Alpes, la Tarentaise, la Simmental, la Normande, la Vosgienne et la Pie rouge des Près. Ces races sont plus proches de ce que l'on peut qualifier de races rustiques et locales que les PH ou même les MTB. Plusieurs études ont montré que les races locales avaient de meilleures performances de reproduction que les PH notamment (LÖF et al. 2007 ; Bieber et al. 2019 ; BIEBER et al. 2020) et une autre étude a suggéré que l'utilisation de races locales pouvait être plus rentable et plus efficace en termes de reproduction pour les élevages biologiques

(RODRIGUEZ-BERMUDEZ, FOUZ, et al. 2019). Les races locales sont classiquement moins sollicitées (en termes de production laitière) et moins sélectionnées que les PH et ont, entre autres choses, un œstrus plus long et d'expression plus visible. Ainsi, il serait plus facile pour les éleveurs de détecter les chaleurs et ils pourraient être plus efficaces sur les IAs. De plus, les races locales ont une longévité plus importante et sont plus adaptées aux conditions locales et aux changements environnementaux. Il s'agit ici d'un atout non négligeable pour les élevages biologiques. En effet, cette rusticité peut permettre de faire face à différents problèmes telles les difficultés d'ajustement de la ration évoqués plus haut – les races rustiques tolèrent plus facilement les écarts de ration – ou les problèmes de santé.

Tableau XII : Synthèse des résultats d'IVIAP et d'IVIAf obtenus pour différentes races de vaches laitières dans d'autres études

Etude	Composition raciale des élevages		IVIAP (j)	IVIAf (j)	
(RODRIGUEZ-BERMUDEZ, FOUZ, et al. 2019) <i>Résultats pour des élevages uniquement biologiques</i>	Holstein-Friesian	L2	91,2 <i>SE = 6,9</i>	142 <i>SE = 11</i>	
		L3	94,2 <i>SE = 6,5</i>	162 <i>SE = 11</i>	
	Croisements	L2	79,4 <i>SE = 7,8</i>	118 <i>SE = 12</i>	
		L3	79,9 <i>SE = 8,2</i>	122 <i>SE = 13</i>	
	Races pures autres que PH	L2	89,8 <i>SE = 11,2</i>	140 <i>SE = 18</i>	
		L3	87,9 <i>SE = 9,2</i>	145 <i>SE = 14</i>	
	(LÖF et al. 2007)	> 80 % de Pie Rouge Suisses		83,3 <i>IC 95 = [81,1 ; 85,5]</i>	115,5 <i>IC 95 = 112,9 ; 118,3]</i>
		> 80 % d'Holstein Suisses		96,1 <i>IC 95 = [94 ; 98,2]</i>	133,8 <i>IC 95 = [131,2 ; 136,4]</i>
Elevages mixtes ou d'autres races			88,1 <i>IC 95 = [86,1 ; 90]</i>	120,9 <i>IC 95 = [120,9 ; 125,6]</i>	

SE = Erreur standard ; IC 95 = intervalle de confiance à 95 %; L2 = vaches étant entre leur première et leur troisième lactation ; L3 = vaches étant à plus de trois lactations

Ces éléments peuvent être mis en relation avec les réponses des éleveurs de l'étude. Chacun d'entre eux a conservé la race déjà présente dans l'élevage au moment de la transition en élevage biologique (PH ou MTB notamment). L'élevage 1 ne possède que des PH et a de très bons résultats, ses pratiques sont bien réglées et les animaux ne sont pas poussés en termes de production laitière, il favorise également une génétique de PH plus rustique. En effet, cet élevage a la volonté de ne travailler qu'avec des vaches de race PH tout en ayant des animaux avec une plus grande adaptabilité. Ainsi, il va sélectionner des animaux de race PH avec une génétique moins axée sur la production laitière et plus axée sur caractères de rusticité par exemple. Sa production laitière a même augmenté depuis son passage en élevage biologique et la quasi-totalité de ses problèmes sanitaires ont disparus. D'autres éleveurs qui avaient un élevage avec pour race majoritaire la PH ont choisi une stratégie différente en utilisant des croisements des PH avec des races plus rustiques (Normande, MTB, Abondance, Simmental, Vosgienne et Brune) pour pouvoir construire un troupeau correspondant à leurs objectifs d'élevage et améliorer les caractères problématiques de leurs troupeaux (élevages 2 et 3). Les deux derniers élevages avaient la MTB pour race majoritaire. Celle-ci a été conservée et aucun croisement n'est pratiqué pour ces deux élevages.

4.4. Bonnes pratiques pouvant être mises en place par les éleveurs laitiers biologiques

4.4.1. Choix de la race : adaptation aux attentes de l'éleveur et amélioration des performances de reproduction

Comme vu précédemment, le choix de la race peut être très important car il peut conditionner la réussite de l'élevage ou du moins son adaptabilité au cahier des charges de l'élevage biologique, aux conditions environnementales et aux attentes de l'éleveur. Il peut ainsi être conseillé aux éleveurs commençant un élevage biologique (donc sans reconversion) de choisir un cheptel de départ de race adaptée à leurs attentes. En ce sens, il serait intéressant (et nécessaire) de pouvoir créer et avoir accès à un recueil de races réunissant leurs différentes caractéristiques et capacités en les mettant en lien avec les principaux objectifs que peuvent avoir les éleveurs – comme les performances de reproduction, l'intensité de la production, la rusticité et l'adaptabilité, la composition du lait en termes de taux butyreux et protéique pour faire de la transformation à la ferme par exemple. Plusieurs études évoquent et conseillent la création de ce recueil (BIEBER et al. 2020 ; RODRIGUEZ-BERMUDEZ, FOUZ, et al. 2019).

Pour les éleveurs ayant fait une conversion en élevage biologique et possédant déjà un cheptel, il est intéressant de réaliser des croisements judicieux avec des races plus rustiques pour pouvoir améliorer spécifiquement certains points qui peuvent être problématiques dans le troupeau.

En termes de reproduction, le fait d'introduire de la rusticité permet principalement d'améliorer la fertilité des animaux (avec une diminution de la production laitière).

4.4.2. Utilisation de l'outil génétique en reproduction bovine

L'outil génétique peut avoir plusieurs utilisations pour améliorer la reproduction dans un élevage. Il peut permettre de sélectionner les caractères à améliorer selon l'éleveur (la facilité de vêlage par exemple), mais aussi de constituer le troupeau de renouvellement grâce à l'utilisation des semences sexées. Le génotypage des génisses est également très intéressant pour pouvoir sélectionner celles qui ont un haut potentiel génétique et ainsi faire les choix judicieux de croisement entre race ou du taureau de la même race.

Cet outil peut être très intéressant, s'il est correctement utilisé, pour construire un troupeau le plus adapté possible aux pratiques et aux attentes de l'éleveur. Plus les animaux seront adaptés à leurs conditions d'élevage, meilleures pourront être leurs performances de reproduction.

4.4.3. Le point clé de l'élevage biologique : la prévention

Le cahier des charges de l'élevage biologique amène à reconsidérer les pratiques d'élevage dans leur ensemble et pousse les éleveurs à retourner à un élevage plus en accord avec les besoins et les capacités de leurs animaux. En effet, il n'est pas possible d'avoir une production très intensive en élevage biologique car l'intensité dépasse les capacités des animaux et les éleveurs n'ont pas les moyens matériels de compenser ces besoins manquants : la ration alimentaire peut être difficile à ajuster, les traitements hormonaux pouvant relancer plus rapidement un cycle sont interdits et le recours aux traitements allopathiques est plus restreint. Ainsi, la prévention représente une stratégie importante en élevage biologique (plusieurs éleveurs ont également évoqué ce point de vue). La prévention joue sur tous les

aspects de l'élevage : parage régulier pour éviter les boiteries, bonne vermifugation pour éviter les parasitoses et leurs complications ou encore entretien du bâtiment par exemple.

Pour la gestion de la reproduction, la prévention joue sur plusieurs aspects : l'âge au premier vêlage, une bonne préparation au vêlage (en ayant une ration adaptée pour éviter les difficultés au vêlage et les maladies métaboliques associées) ou encore les conditions de tarissement par exemple.

4.4.4. Des pistes de recherche pour l'amélioration de la reproduction en élevage bovin biologique

Il s'agit ici d'un sujet considéré par l'institut de recherches INRA. Plusieurs stratégies de suivi des performances de reproduction en élevages laitiers et allaitants ont été mises en place et plusieurs pistes pour l'amélioration de la reproduction sont envisagées et explorées (PELLICER-RUBIO et al. 2009) :

- Amélioration de la détection des chaleurs via des systèmes automatiques d'assistance à la détection de l'œstrus
- Extraits nutritionnels naturels (sous forme de compléments ou directement présents dans les pâtures) pour maîtriser la reproduction (certaines plantes peuvent agir sur l'activité de l'axe hypothalamo-hypophysaire et/ou activité des gonades)
- Phytothérapie

Toutes ces stratégies ne sont pas à considérer pour elles-mêmes mais plutôt comme un ensemble de techniques et de pratiques permettant d'améliorer les performances de reproduction au sein de l'élevage.

CONCLUSION

Si l'agriculture biologique et la demande des consommateurs sont en progression et en augmentation constantes, il n'en demeure pas moins que les contraintes inhérentes aux élevages biologiques sont importantes et peuvent avoir un impact sur les performances des élevages, notamment les performances de reproduction des bovins laitiers. Plusieurs équipes scientifiques réparties dans le monde s'intéressent à ce sujet, y compris l'institut de recherche INRAE.

Cette étude a permis d'effectuer une comparaison des principaux paramètres caractérisant la reproduction des bovins laitiers entre les élevages biologiques et conventionnels d'Auvergne Rhône-Alpes et de les mettre en relation avec les pratiques d'un petit échantillon d'éleveurs biologiques via un questionnaire. De manière générale, cette étude a montré que l'élevage biologique n'avait qu'un très faible impact sur les performances de reproduction dans la région d'étude, contrairement à la race des élevages considérés.

Ceci permet de mettre en évidence le fait que le cahier des charges de l'élevage biologique amène à repenser la manière de gérer son élevage et à le considérer dans son ensemble pour pouvoir faire des choix judicieux et répondre aux objectifs définis par l'éleveur.

Les éleveurs sont demandeurs de stratégies, méthodes et conseils sur la gestion de la reproduction dans leur élevage mais aussi sur tous les aspects sanitaires. Plusieurs pistes sont en recherche et en développement pour pouvoir améliorer la gestion de la reproduction en élevage bovin biologique, comme la création d'un recueil de races réunissant leurs caractéristiques et aptitudes pour que l'éleveur puisse choisir la race de son élevage en fonction de ses objectifs, la création d'un système autonome d'aide à la détection des chaleurs (plus performant que les podomètres ou colliers), le développement des médecines alternatives (phytothérapie notamment), et la création de formations pour les éleveurs.

Il serait intéressant de pouvoir créer un recueil de conseils à destination des éleveurs pour les aider dans la gestion de la reproduction de leur élevage. Il devrait néanmoins être constitué de très grandes lignes directrices car chaque éleveur a sa propre méthode pour adapter son élevage à l'agriculture biologique et il serait difficile de pouvoir trouver une méthode unique fonctionnant pour tous.

BIBLIOGRAPHIE

AGENCE BIO, 2019. Les chiffres clés. In : [en ligne]. 2019. [Consulté le 16 mai 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www.agencebio.org/vos-outils/les-chiffres-cles/>.

AGENCE BIO, 2020a. AGENCE BIO. In : [en ligne]. 2020. [Consulté le 25 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.agencebio.org/>.

AGENCE BIO, 2020b. Les chiffres clés – Agence Bio. In : *Agence Bio* [en ligne]. 2020. [Consulté le 20 août 2021]. Disponible à l'adresse : <http://www.agencebio.org/vos-outils/les-chiffres-cles/>.

AGENCE BIO, 2021. *Edition 2021 du baromètre de consommation et de perception des produits biologiques en France* [en ligne]. France. [Consulté le 20 août 2021]. Disponible à l'adresse : https://www.agencebio.org/wp-content/uploads/2021/03/Rapport-de-resultats-Barometre_Agence-Bio_Spirit-Insight-Edition-2021_mars.pdf.

AKOBENG, A. K., 2005. Understanding randomised controlled trials. In : *Archives of Disease in Childhood*. 1 août 2005. Vol. 90, n° 8, pp. 840-844. DOI 10.1136/adc.2004.058222.

BALANDRAUD, Nathan, MOSNIER, Claire, DELABY, Luc, DUBIEF, François, GORON, Jean-Philippe, MARTIN, Bruno, POMIES, Dominique et CASSARD, Anaël, 2018. Holstein ou Montbéliarde : des différences phénotypiques aux conséquences économiques à l'échelle de l'exploitation. In : *INRAE Productions Animales*. 29 décembre 2018. Vol. 31, n° 4, pp. 337-352. DOI 10.20870/productions-animales.2018.31.4.2394.

BARBAT, Anne, DRUET, Tom, BONAITI, Bernard, GUILLAUME, François, COLLEAU, J. Jacques et BOICHARD, Didier, 2005. Bilan phénotypique de la fertilité à l'insémination artificielle dans les trois principales races laitières françaises. In : *12èmes Rencontres Recherches Ruminants* [en ligne]. Paris, France : s.n. décembre 2005. pp. 5. [Consulté le 21 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/hal-02764301>.

BATES, Douglas, MÄCHLER, Martin, BOLKER, Ben et WALKER, Steve, 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. In : *Journal of Statistical Software*. 7 octobre 2015. Vol. 67, n° 1, pp. 1-48. DOI 10.18637/jss.v067.i01.

BIEBER, A., WALLENBECK, A., SPENGLER NEFF, A., LEIBER, F., SIMANTKE, C., KNIERIM, U. et IVEMEYER, S., 2020. Comparison of performance and fitness traits in German Angler, Swedish Red and Swedish Polled with Holstein dairy cattle breeds under organic production. In : *Animal*. 1 janvier 2020. Vol. 14, n° 3, pp. 609-616. DOI 10.1017/S1751731119001964.

BIEBER, Anna, WALLENBECK, Anna, LEIBER, Florian, FUERST-WALTL, Birgit, WINCKLER, Christoph, GULLSTRAND, Patricia, WALCZAK, Jacek, WÓJCIK, Piotr et NEFF, Anet Spengler, 2019. Production level, fertility, health traits, and longevity in local and commercial dairy breeds under organic production conditions in Austria, Switzerland, Poland, and Sweden. In : *Journal of Dairy Science*. juin 2019. Vol. 102, n° 6, pp. 5330-5341. DOI 10.3168/jds.2018-16147.

BOUCHARD, Emilie, PICARD-HAGEN, Nicole, OPSOMER, Gert, VAILLANCOURT, Denis, DESCÔTEAUX, Luc et LEFEBVRE, Réjean, 2012. *La gestion de la reproduction à l'échelle du*

troupeau et mesures préventives : - Le dossier médical et programme de surveillance de la reproduction, - Méthodes de détection des chaleurs: avantages et limites - Modes de reproduction - Programmes de synchronisation et de suivi de la reproduction chez la vache laitière - Démarche d'analyse globale et systématique d'un problème de reproduction avant de recommander un protocole de synchronisation de la reproduction [en ligne] Med'Com. [Consulté le 5 août 2021]. ISBN 978-2-35403-093-3. Disponible à l'adresse : <https://hal.inrae.fr/hal-02808470>.

BRADY, T. West, KATHLEEN, B. Welch et ANDRZEJ, T.Galecki, 2006. *Linear Mixed Models A Practical Guide Using Statistical Software Second Edition. 2.*

BUCH, NC, TYLER, WJ et CASIDA, LE, 1955. Postpartum Estrus and Involution of the Uterus in an Experimental Herd of Holstein-Friesian Cows. In : *Journal of Dairy Science*. 1 janvier 1955. Vol. 38, n° 1, pp. 73-79. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(55)94940-7.

BURHNAM, KENNETH. P, 2002. *Model selection and multi-model inference : a practical information-theoretic approach [en ligne]*. New York : Springer. [Consulté le 21 juillet 2021]. ISBN 978-0-387-95364-9. Disponible à l'adresse : <http://archive.org/details/modelselectionmu0000burn>.

CL.PAVAUX et Y.LIGNEREUX, 1978. *Physiopathologie de l'utérus chez la vache*. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, 2008a. *Règlement (CE) n°889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n°834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles [en ligne]*. 18 septembre 2008. S.l. : s.n. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/889/oj/fra>.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES, 2008b. *Règlement (CE) n°1235/2008 de la Commission du 8 décembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n°834/2007 du Conseil en ce qui concerne le régime d'importation de produits biologiques en provenance des pays tiers [en ligne]*. 12 décembre 2008. S.l. : s.n. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1235/oj/fra>.

COMMISSION EUROPEENNE, 2020. *Règlement d'exécution (UE) 2020/464 de la Commission du 26 mars 2020 portant certaines modalités d'application du règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les documents nécessaires à la reconnaissance rétroactive des périodes de conversion, la production de produits biologiques et les informations communiquées par les États membres (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [en ligne]*. 31 mars 2020. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2020/464/oj/fra.

CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE, 2007. *Règlement (CE) n°834/2007 du Conseil du 28 juin 2007 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques et abrogeant le règlement (CEE) n°2092/91 [en ligne]*. 20 juillet 2007. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/reg/2007/834/oj/fra>.

COZLER, Y. LE, PECCATTE, J. R., PORHIEL, J. Y., BRUNSWIG, P. et DISENHAUS, C., 2009. Pratiques d'élevages et performances des génisses laitières : état des connaissances et perspectives. In : *INRAE Productions Animales*. 20 juin 2009. Vol. 22, n° 4, pp. 303-316. DOI 10.20870/productions-animales.2009.22.4.3356.

DISENHAUS, Catherine, CUTULLIC, Erwan, FRERET, Sandrine, PACCARD, Pierre et PONSART, Claire, 2010. Vers une cohérence des pratiques de détection des chaleurs : intégrer la vache, l'éleveur et le système d'élevage. In : *17èmes Rencontres Recherches Ruminants* [en ligne]. Paris, France : Institut de l'Élevage. 8 décembre 2010. pp. 113. [Consulté le 5 août 2021]. Disponible à l'adresse : <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/hal-00729650>.

DISENHAUS, C., CUTULLIC, E., BLANC, F., GATIEN, J., AGABRIEL, J., HETREAU, T., MICHEL, G., PACCARD, P., BADINAND, F., EGAL, D. et PONSART, C., 2008. Caractéristiques comparées de la cyclicité après vêlage de différentes races bovines. In : [en ligne]. 2008. [Consulté le 21 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : http://164.177.30.208/IMG/pdf/2008_12_reproduction_02_Disenhaus.pdf.

DRION et ET AL., 1996. Régulation de la croissance folliculaire et lutéale : 2. Ovulation, corps jaune et lutéolyse. In : . 1996. Vol. 28, n° spécial « Reproduction des ruminants », pp. 8.

FUKUOKA, Masanobu, 1975. *La révolution d'un seul brin de paille*.

GARMO, Randi T., WAAGE, Steinar, SVILAND, Ståle, HENRIKSEN, Britt IF, OSTERAS, Olav et REKSEN, Olav, 2010. Reproductive Performance, Udder Health, and Antibiotic Resistance in Mastitis Bacteria isolated from Norwegian Red cows in Conventional and Organic Farming. In : *Acta Veterinaria Scandinavica*. 8 février 2010. Vol. 52, n° 1, pp. 11. DOI 10.1186/1751-0147-52-11.

GRIMARD, B., HUMBLLOT, P., PONTER, A. A., CHASTANT, S., CONSTANT, F. et MIALOT, J. P., 2003. Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. In : *INRAE Productions Animales*. 11 juin 2003. Vol. 16, n° 3, pp. 211-227. DOI 10.20870/productions-animales.2003.16.3.3661.

HANZEN, Christian, 2005. L'infertilité bovine : approche individuelle ou de troupeau ? In : . 2005. n° 36, pp. 84-89.

HANZEN, Christian, LAURENT, Yves et ECTORS, Francis, 1990. Etude épidémiologique de l'infécondité bovine. 2. L'évaluation des performances de reproduction. In : [en ligne]. 1990. [Consulté le 18 mai 2021]. Disponible à l'adresse : <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BE2014113660>.

HOPPER, RM, 2015. *Bovine Reproduction* [en ligne]. 1. S.l. : John Wiley & Sons, Ltd. [Consulté le 27 mars 2020]. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118833971>.

HUET, H et DE MOUSTIER, V, 2009. Propédeutique médicale des bovins. In : [en ligne]. 2009. [Consulté le 3 avril 2020]. Disponible à l'adresse : http://theses.vet-alfort.fr/Th_multimedia/prope-bovine/index.php?rub=7&page=3.

IFOAM, 2021. IFOAM. In : *IFOAM* [en ligne]. 2021. [Consulté le 25 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.ifoam.bio/>.

JUDLIN, T., 2017. Développement d'une offre de service-conseil en clientèle vétérinaire rurale. Application d'une démarche marketing. In : [en ligne]. 2017. [Consulté le 30 mai 2021]. Disponible à l'adresse : <http://alex.vetagro-sup.fr/Record.htm?idlist=1&record=19432146124912503289>.

LACERTE, GUY, 2003. La détection des chaleurs et le moment de l'insémination. In : . 2003. pp. 13.

LE COZLER, Yannick, 2015. Reproduction chez la génisse laitière. In : *Repromag*. 2015. Vol. 2015, pp. 12-23.

LÖF, E., GUSTAFSSON, H. et EMANUELSON, U., 2007. Associations Between Herd Characteristics and Reproductive Efficiency in Dairy Herds. In : *Journal of Dairy Science*. 1 octobre 2007. Vol. 90, n° 10, pp. 4897-4907. DOI 10.3168/jds.2006-819.

LÜDECKE, Daniel, BARTEL, Alexander, SCHWEMMEN, Carsten, POWELL, Chuck, DJALOVSKI, Amir et TITZ, Johannes, 2021. *sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science* [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>.

MAHEY, Nicolas, 2019. *Livre blanc de la reproduction des bovins*.

MCCULLOCH, Charles E et SEARLE, Shayle R, 2000. Generalized Linear Mixed Models (GLMMs). In : *Generalized, Linear, and Mixed Models* [en ligne]. S.l. : John Wiley & Sons, Ltd. pp. 220-246. [Consulté le 31 juillet 2021]. ISBN 978-0-471-72207-6. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/0471722073.ch8>.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORET, 2017. *Arrêté du 14 mars 2017 portant homologation de l'avenant n°3 au cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et portant application du règlement (CE) n°834/2007 modifié du Conseil et du règlement (CE) n°889/2008 modifié de la Commission et les complétant* [en ligne]. 21 mars 2017. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=B8252F9B8D0CCD7450F4BC1DFB53B396.tplgfr43s_1?cidTexte=JORFTEXT000034228339&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000034228034.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE, DE LA RURALITE ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, 2011. *Arrêté du 28 novembre 2011 portant homologation du cahier des charges relatif à la restauration hors foyer à caractère commercial en agriculture biologique* [en ligne]. 10 décembre 2011. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=B8252F9B8D0CCD7450F4BC1DFB53B396.tplgfr43s_1?cidTexte=JORFTEXT000024940531&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000024940169.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DES AFFAIRES RURALES, 2004. *Arrêté du 16 février 2004 portant homologation du cahier des charges « aliments pour animaux de compagnie » à base de matières premières issues du mode de production biologique* [en ligne]. 25 février 2004. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=B8252F9B8D0CCD7450F4BC1DFB5>

3B396.tplgr43s_1?cidTexte=JORFTEXT000000616074&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000000002463.

MORIN, JM, 2010. L'agriculture biologique : « de la naissance aux évolutions actuelles ». In : . 10 novembre 2010. pp. 13.

PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE, 2018. *Règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil du 30 mai 2018 relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) n°834/2007 du Conseil* [en ligne]. 14 juin 2018. [Consulté le 21 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj/fra>.

PARLEMENT EUROPEEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE, 2020. Journal officiel L 381/2020. In : *EUR-Lex* [en ligne]. 11 novembre 2020. [Consulté le 5 août 2021]. Disponible à l'adresse : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L:2020:381:FULL&from=FR>.

PARTNER AND CO, 2021. Les tourteaux biologiques - Partner et co - Semences biologiques et Alimentation animale biologique. In : *Partner and Co - Matières premières et semences biologiques* [en ligne]. 23 juillet 2021. [Consulté le 23 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.partnerandco.fr/-Tourteaux-biologiques->.

PELLICER-RUBIO, Maria-Teresa, FERCHAUD, Stéphane, FRERET, Sandrine, TOURNADRE, Hervé, FATET, Alice, BOULOT, S., PAVIE, Jérôme, LEBOEUF, Bernard et BOCQUIER, François, 2009. Les méthodes de maîtrise de la reproduction disponibles chez les mammifères d'élevage et leur intérêt en agriculture biologique. In : *INRA Productions Animales*. 2009. Vol. 22, n° 3, pp. 255.

PETERSSON, K. -J., STRANDBERG, E., GUSTAFSSON, H. et BERGLUND, B., 2006. Environmental effects on progesterone profile measures of dairy cow fertility. In : *Animal Reproduction Science*. 1 février 2006. Vol. 91, n° 3, pp. 201-214. DOI 10.1016/j.anireprosci.2005.04.010.

PRODUIRE BIO, 2021. PRODUIRE BIO. In : *PRODUIRE BIO* [en ligne]. 2021. [Consulté le 28 avril 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.produire-bio.fr/>.

R FOUNDATION, 2020. R: The R Project for Statistical Computing. In : [en ligne]. 10 octobre 2020. [Consulté le 6 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.r-project.org/>.

REKSEN, O., TVERDAL, A. et ROPSTAD, E., 1999. A Comparative Study of Reproductive Performance in Organic and Conventional Dairy Husbandry. In : *Journal of Dairy Science*. décembre 1999. Vol. 82, n° 12, pp. 2605-2610. DOI 10.3168/jds.S0022-0302(99)75515-3.

RENTA AGRICULTURE, 2021. Tourteaux de pression de SOJA Bio - Import Hors CEE. In : *RENTA Agriculture SARL* [en ligne]. 23 juillet 2021. [Consulté le 23 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.semence-renta.fr/gamme-fourragere-biologique/94-tourteaux-de-pression-de-soja-bio-import-hors-cee.html>.

REPROSCOPE, 2018. Reproscope. In : *Reproscope* [en ligne]. 2019 2018. [Consulté le 18 mai 2021]. Disponible à l'adresse : <http://idele.fr/fr/services/outils/reproscope.html>.

RODRIGUEZ-BERMUDEZ, Ruth, FOUZ, Ramiro, MIRANDA, Marta, ORJALES, Inmaculada, MINERVINO, Antonio Humberto Hamad et LÓPEZ-ALONSO, Marta, 2019. Organic or conventional dairy farming in northern Spain: Impacts on cow reproductive performance. In : *Reproduction in Domestic Animals = Zuchthygiene*. juin 2019. Vol. 54, n° 6, pp. 902-911. DOI 10.1111/rda.13446.

RODRIGUEZ-BERMUDEZ, Ruth, MIRANDA, Marta, BAUDRACCO, Javier, FOUZ, Ramiro, PEREIRA, Victor et LOPEZ-ALONSO, Marta, 2019. Breeding for organic dairy farming: what types of cows are needed? In : *The Journal of Dairy Research*. février 2019. Vol. 86, n° 1, pp. 3-12. DOI 10.1017/S0022029919000141.

SCHATTEN, H et CONSTANTINESCU, GM, 2007. *Comparative Reproductive Biology* [en ligne]. 1. S.l. : John Wiley & Sons, Ltd. [Consulté le 25 mars 2020]. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470390290>.

SCHILLO, KEITH K, HALL, JOHN B. et HILEMAN, STANLEY, 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. In : *Journal of Animal Science*. 1 décembre 1992. Vol. 70, n° 12, pp. 3994-4005. DOI 10.2527/1992.70123994x.

SEMBIO, 2021. Tourteaux de SOJA PRESS BIO - Issu de grains produits en France. In : *Sem Bio - Mélanges et semences Bio* [en ligne]. 23 juillet 2021. [Consulté le 23 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.semence-biologique.fr/alimentation-animale-bio-origine-france/452-tourteaux-de-soja-press-bio-issu-de-grains-produits-en-france-3.html>.

SERIEYS, FRANCIS, 1997. *Le tarissement des vaches laitières: une période-clé pour la santé, la production et la rentabilité du troupeau*. France Agricole Editions. ISBN 978-2-85557-034-1.

SHELDRIK, R. Christopher, CHUNG, Paul J. et JACOBSON, Robert M., 2017. Math Matters: How Misinterpretation of Odds Ratios and Risk Ratios May Influence Conclusions. In : *Academic Pediatrics*. 1 janvier 2017. Vol. 17, n° 1, pp. 1-3. DOI 10.1016/j.acap.2016.10.008.

TAJEU, Gabriel S., SEN, Bisakha, ALLISON, David B. et MENACHEMI, Nir, 2012. Misuse of Odds Ratios in Obesity Literature: An Empirical Analysis of Published Studies. In : *Obesity*. 2012. Vol. 20, n° 8, pp. 1726-1731. DOI 10.1038/oby.2012.71.

WEB-AGRI, 2021. Cotations des tourteaux (soja, colza, tournesol) - prix et analyses. In : *Web-agri.fr* [en ligne]. 23 juillet 2021. [Consulté le 23 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://www.web-agri.fr/marches-agricoles/tourteaux>.

WICKHAM, Hadley, 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. In : *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* [en ligne]. 2016. [Consulté le 2 août 2021]. Disponible à l'adresse : <https://ggplot2.tidyverse.org/>.

WICKHAM, Hadley, FRANCOIS, Romain, HENRY, Lionel, MÜLLER, Kirill et RSTUDIO, 2021. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation* [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2021]. Disponible à l'adresse : <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>.

YUSUF, Muhammad, NAKAO, Toshihiko, RANASINGHE, RMS Bimalka Kumari, GAUTAM, Gokarna, LONG, Su Thanh, YOSHIDA, Chikako, KOIKE, Kana et HAYASHI, Aki, 2010. Reproductive performance of repeat breeders in dairy herds. In : *Theriogenology*. 1 juin 2010. Vol. 73, n° 9, pp. 1220-1229. DOI 10.1016/j.theriogenology.2010.01.016.

ANNEXES

Annexe 1 : Règlementation chiffrée des élevages bovins laitiers biologiques

(COMMISSION EUROPEENNE 2020)

1- Densité de population des bovins laitiers dans les pâturages

Le principal élément à prendre en compte est le fait que la quantité d'azote générée ne doit pas dépasser **170 kg d'azote par an et par hectare de terres agricoles**. En termes de nombre d'animaux par hectare (hors vaches laitières), cela signifie qu'on ne doit pas avoir plus de :

- 2,5 génisses par hectare,
- Ou 5 bovins de moins d'un an par hectare,
- Ou 2 bovins mâles de deux ans ou plus.

En ce qui concerne les vaches laitières, la densité est variable en fonction du temps passé à l'extérieur et de la production laitière. Dans le cas où ces densités sont dépassées, les effluents présents en trop grande quantité doivent être exportés.

Tableau XIII : Densité de population de vaches laitières à ne pas dépasser pour ne pas générer plus de 170 kg d'azote par an et par hectare (en nombre de vaches par hectare) en fonction du temps passé à l'extérieur de la production laitière

Production laitière (kg lait/vache/an)	Temps passé à l'extérieur		
	< 6000 kg	6000 à 8000 kg	> 8000 kg
< 4 mois	2.26	2.04	1.86
4 à 7 mois	1.84	1.68	1.53
> 7 mois	1.63	1.47	1.34

2- Taille des aires d'exercice intérieure et extérieure adaptée aux différentes catégories d'animaux

Tableau XIV : Taille des aires d'exercice intérieures et extérieures en fonction de la catégorie et du poids de l'animal

	Espace intérieur (superficie nette dont disposent les animaux)		Espace extérieur (aire d'exercice à l'exclusion des pâturages)
	Poids vif minimal (kg)	m ² /tête	m ² /tête
Bovins d'engraissement	Jusqu'à 100	1,5	1,1
	Jusqu'à 200	2,5	1,9
	Jusqu'à 350	4	3
	Plus de 350	5 avec un minimum de 1 m ² /100kg	3,7 avec un minimum de 0,75 m ² /100kg
Vaches laitières		6	4,5
Taureaux pour la reproduction		10	30

Annexe 2 : Valeurs des paramètres de performances pour les Prim'Holstein, Montbéliardes et Croisées dans la région Auvergne Rhône-Alpes

(REPROSCOPE 2018)

Tableau XV : Valeurs des différents paramètres de performance de reproduction pour les Prim'Holstein, Montbéliardes et Croisées de la région Auvergne Rhône-Alpes

	Prim'Holstein	Montbéliarde	Croisées	
Paramètres de fécondité	Age au premier vêlage (mois)	31	34	34
	IVV (jours)	429	408	410
	IVIA1 (jours)	103	89	94
	IVIAf (jours)	147	121	125
	IA1-IAf (jours)	44	31	32
	Taux de vaches improductives (%)	29	19	21
Paramètres de fertilité	Taux de réussite à l'IA1 (%)	51	59	60
	Taux de réussite aux IA1 et IA2 (%)	76	83	84
	Taux de vaches à 3 IA ou plus (%)	24	17	16
	Nombre d'IA par vache	1,91	1,69	1,66
	Nombre d'IA par génisse	1,6	1,62	1,48
	Taux de réussite à l'IA1 pour les génisses (%)	61	62	67
	Taux de génisses à 3 IA ou plus (%)	14	14	11
	Taux de Non-Retour en chaleurs à 90 jours (%)	58	65	67
	Pourcentage de primipares (%)	32	25	27

Annexe 3 : Questionnaire soumis aux éleveurs de bovins biologiques en région Auvergne Rhône-Alpes

QUESTIONNAIRE DE VISITE

Dans le cadre de ma thèse, j'ai voulu m'intéresser à l'impact que pouvaient avoir les contraintes de l'agriculture biologique sur les performances de reproduction chez les vaches laitières et comment les traitements/pratiques des élevages conventionnels non autorisés en élevage biologique pouvaient être remplacés. Je me permets de vous adresser ce questionnaire pour tenter de répondre à ces questions et savoir comment la reproduction est gérée.

Afin de simplifier au maximum le questionnaire et de vous permettre de ne pas y passer trop de temps, pourriez-vous me transmettre le B TTL ainsi que le bilan de reproduction de l'année dernière (ou des trois dernières années si cela est possible) ?

I- Caractéristiques générales de l'exploitation :

- **Nom de la structure :**
- **Noms des propriétaires/exploitants/éleveurs :**
- **Adresse :**

- **Numéro de téléphone :**
- **Adresse mail :**

1- Bovins

- **Nombre de vaches laitières :**
- **Race(s) (préciser le nombre)**
 - Montbéliarde :
 - Prim'Holstein
 - Abondance
 - Tarentaise
 - Autres (lesquelles) :

- **Pourquoi cette/ces race(s) : cette/ces race(s) a-t-elle/ont-elles été choisie(s) pour être adaptée(s) à l'élevage biologique ? :**

- **Taux de renouvellement :**
- **Nombre de vaches réformées :**
- **Nombre de vaches réformées pour problème de reproduction :**
- **Principaux motifs de réforme (les classer par ordre d'importance et préciser le motif le plus important pour votre exploitation) :**
 - Troubles de la reproduction
 - Boiterie
 - Mammites/cellules
 - Age

- Autres (préciser : *production insuffisante, morphologie, ...*) :
- **Années de conversion à l'élevage biologique si vous n'avez pas commencé directement dans ce domaine (si <10ans) :**

2- Autres activités de l'exploitation :

Y a-t-il d'autres activités sur l'exploitation ? Mettre une estimation du pourcentage en termes de temps que l'activité représente dans l'exploitation :

- Bovins allaitants :
- Veaux de lait :
- Porcs :
- Volailles :
- Ovins :
- Caprins :
- Cultures fourragères :
- Cultures maraichères :
- Fruits :
- Atelier de transformation (préciser le type de transformation) :
- Autres :

II- Gestion de la reproduction :

- **Méthode de détection des chaleurs :**
 - ✓ Nombre d'observations par jour :
 - ✓ Temps consacré à chaque observation :
 - ✓ Signes observés lors de ces surveillances :

- **La conversion en élevage biologique a-t-elle modifiée le temps d'observation des vaches pour la détection des chaleurs ? Si oui, l'a-t-elle augmenté ou diminué ? Quelle en est la raison ?**

- **Utilisez-vous la synchronisation des chaleurs avant la conversion ? synchro de troupeau ? synchro individuel ? continuez-vous au cas par cas des protocoles ?**
 - Oui
 - Non

- **Quels outils de détection des chaleurs utilisez-vous ?**
 - Podomètre/accéléromètre
 - Détecteur d'acceptation de chevauchement
 - Système de détection intégré au système de traite
 - Caméras
 - (Taureau)

- **Quels outils de suivi des chaleurs utilisez-vous ?**

- Planning rotatif
- Planning linéaire
- Application sur Smartphone
- **Quelle méthode de reproduction utilisez-vous ?**
 - Insémination animale (IA)
 - Monte naturelle (MN)
 - Les deux
 - ⇒ IA (%) :
 - ⇒ MN (%) :
- **Dans les cas d'IA, utilisez-vous des semences sexées (préciser le pourcentage de semences sexées utilisées le cas échéant et la raison de leur utilisation) :**
- **Comment organisez-vous vos vêlages ?**
 - Vêlages sur toute l'année
 - Vêlages sur une période donnée :
 - Quels sont le/les mois principaux de vêlage ?
 - Pourquoi regrouper les vêlages ?
- **Faites-vous du suivi de reproduction ?**
- **Par qui est-il réalisé ?**

III- Gestion sanitaire :

- **Quelles méthodes de tarissement utilisez-vous ?**
- **Quels traitements non allopathiques utilisez-vous pour les affections suivantes ?**
 - Endométrite :
 - Mammite :
 - Anœstrus, vaches non vues en chaleur :
 - Vache Repeat Breeder (vache à plus de 3 IA) :

V- Votre avis

Avez-vous eu des résultats de reproduction différents plus faibles ou meilleurs depuis votre passage en élevage biologique ?

**Quels sont les motifs d'amélioration que vous souhaitez apporter à votre élevage ?
(Orientez-vous votre élevage plutôt sur les performances de reproduction ou sur la production de lait ?)**

Pensez-vous qu'il puisse exister des différences de performances de reproduction entre élevage conventionnel et élevage biologique ?

Annexe 4 : Principe du calcul des RR

En utilisant un modèle GLMM avec la fonction de lien logit, la probabilité de l'évènement d'intérêt peut être écrite de la manière suivante :

$$p_{i,j} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_{1i} + \beta_{2j}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_{1i} + \beta_{2j}}}$$

Avec β_0 l'intercept, β_{1i} les coefficients définissant l'effet du type d'élevage ($i = 1$ à 2), β_{2j} les coefficients définissant l'effet de la race ($j = 1$ à 3). Comme l'intercept correspond aux deux modalités de référence, ici PH et CONVENTIONNEL, β_{1_1} et β_{2_1} sont nuls.

A partir de cette formule, les probabilités de succès pour chacun des croisements des deux et trois modalités des deux facteurs (soit les six groupes) peuvent être calculées. Lorsque l'on veut calculer un rapport de risque (RR) entre deux modalités d'un des facteurs (par exemple le facteur *type d'élevage* possédant deux modalités : biologique et conventionnel), il convient de faire le rapport des probabilités théoriques de succès pour ces deux modalités, mais ce rapport va dépendre de la modalité de l'autre facteur (la race dans notre étude). On peut donc calculer les probabilités de succès pour toutes les modalités de l'autre facteur (dans notre étude : toutes les races PH, MTB et AUTRE).

Par exemple, si l'on veut calculer le RR entre les deux modalités du *type d'élevage* (BIOLOGIQUE et CONVENTIONNEL) pour les animaux de *race* AUTRE pour la variable RIA1, le calcul sera le suivant :

Probabilité de succès de RIA1 pour les vaches de race AUTRE en NON BIO :

$$p_{1,3} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_{2_3}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_{2_3}}}$$

Probabilité de succès de RIA1 pour les vaches de race AUTRE en BIO :

$$p_{2,3} = \frac{e^{\beta_0 + \beta_{1_2} + \beta_{2_3}}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_{1_2} + \beta_{2_3}}}$$

Avec β_0 l'intercept (réunissant les deux modalités de référence : vaches PH CONVENTIONNELLES), β_{1_2} le coefficient des élevages biologiques et β_{2_3} le coefficient des vaches de race AUTRE.

Le RR est obtenu par le rapport suivant :

$$RR = \frac{p_{1,3}}{p_{2,3}}$$

Annexe 5 : Effets additifs du type d'élevage et de la race des animaux sur les variables IVIAP et IVIAf

Tableau XVI : Effets additifs et multiplicatifs du type d'élevage et de la race sur l'IVIAP avec leurs intervalles de confiance à 95 % et les p-value ; l'effet aléatoire est l'élevage

Variables explicatives	Coefficients du modèle (effets additifs sur le log)	IC 95	Effets multiplicatifs	IC 95	p-value
(Intercept)*	4.60	4.55 – 4.64			<0.001
Elevages biologiques	0.028	-0.016 – 0.073	1.03	0.98 – 1.076	0.214
Vaches MTB	-0.12	-0.15 – -0.085	0.89	0.86 – 0.92	<0.001
Vaches AUTRE	-0.13	-0.16 – -0.094	0.88	0.85 – 0.91	<0.001

*Intercept correspond aux vaches PH en élevage CONVNTIONNEL ; IC 95 correspond à l'intervalle de confiance à 95 %

Tableau XVII : Effets additifs et multiplicatifs du type d'élevage et de la race sur l'IVIAf avec leurs intervalles de confiance à 95 % et les p-value ; l'effet aléatoire est l'élevage

Variables explicatives	Coefficients du modèle (effets additifs sur le log)	95 CI	Effets multiplicatifs	95 CI	p-value
(Intercept)*	4.82	4.78 – 4.86			<0.001
Elevages biologiques	0.0096	-0.033 – 0.052	1.01	0.97 – 1.053	0.657
Vaches MTB	-0.16	-0.20 – -0.13	0.85	0.82 – 0.88	<0.001
Vaches AUTRE	-0.18	-0.21 – -0.14	0.84	0.81 – 0.87	<0.001

*Intercept correspond aux vaches PH en élevage CONVNTIONNEL ; IC 95 correspond à l'intervalle de confiance à 95 %

Annexe 6 : OR et RR des variables RIA1, R25j et RgIA1

Tableau XVIII : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RIA1 en termes d'ORs avec les RRs correspondant à chaque modalité des variables explicatives ; l'effet aléatoire est l'élevage

Variables explicatives	OR	95 CI	p-value	RR	
(Intercept)*	1.39	1.25 – 1.55	<0.001		
Elevages biologiques	1.12	1.018 – 1.22	0.019	RR bio*** / conv** for PH	1.046
				RR bio / conv pour MTB	1.038
				RR bio / conv pour AUTRE	1.037
Vaches MTB	1.32	1.18 – 1.48	<0.001	RR MTB / PH pour conv	1.11
				RR MTB / PH pour bio	1.106
Vaches AUTRE	1.40	1.23 – 1.61	<0.001	RR AUTRE / PH pour conv	1.14
				RR AUTRE / PH pour bio	1.13

*Intercept correspond aux vaches PH en élevage CONVNTIONNEL ; ** conv correspond aux élevages conventionnels ; *** correspond aux élevages biologiques ; IC 95 correspond à l'intervalle de confiance à 95 %

Tableau XIX : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur R25j en termes d'ORs avec les RRs correspondant à chaque modalité des variables explicatives ; l'effet aléatoire est l'élevage

Variables explicatives	OR	95 CI	p-value	RR	
(Intercept)*	4.57	3.54 – 5.90	<0.001		
Elevages biologiques	0.88	0.70 – 1.10	0.247	RR bio*** / conv** for PH	0.975
				RR bio / conv pour MTB	0.978
				RR bio / conv pour AUTRE	0.98
Génisses MTB	1.19	0.92 – 1.55	0.188	RR MTB / PH pour conv	1.03
				RR MTB / PH pour bio	1.03
Génisses AUTRE	1.74	1.27 – 2.38	<0.001	RR AUTRE / PH pour conv	1.08
				RR AUTRE / PH pour bio	1.09

*Intercept correspond aux vaches PH en élevage CONVNTIONNEL ; ** conv correspond aux élevages conventionnels ; *** correspond aux élevages biologiques ; IC 95 correspond à l'intervalle de confiance à 95 %

Tableau XX : Effets du type d'élevage et de la race de l'animal sur RgIA1 en termes d'ORs avec les RRs correspondant à chaque modalité des variables explicatives ; l'effet aléatoire est l'élevage

Variables explicatives	OR	95 CI	p-value	RR	
(Intercept)*	2.53	2.06 – 3.10	<0.001		
Elevages biologiques	0.93	0.78 – 1.11	0.439	RR bio*** / conv** for PH	0.98
				RR bio / conv pour MTB	0.98
				RR bio / conv pour AUTRE	0.985
Génisses MTB	1.11	0.89 – 1.37	0.351	RR MTB / PH pour conv	1.028
				RR MTB / PH pour bio	1.03
Génisses AUTRE	1.47	1.14 – 1.89	0.003	RR AUTRE / PH pour conv	1.099
				RR AUTRE / PH pour bio	1.105

*Intercept correspond aux vaches PH en élevage CONVNTIONNEL ; ** conv correspond aux élevages conventionnels ; *** correspond aux élevages biologiques ; IC 95 correspond à l'intervalle de confiance à 95 %

Annexe 7 : Vérification des hypothèses de distribution de normalité des résidus des modèles LMM

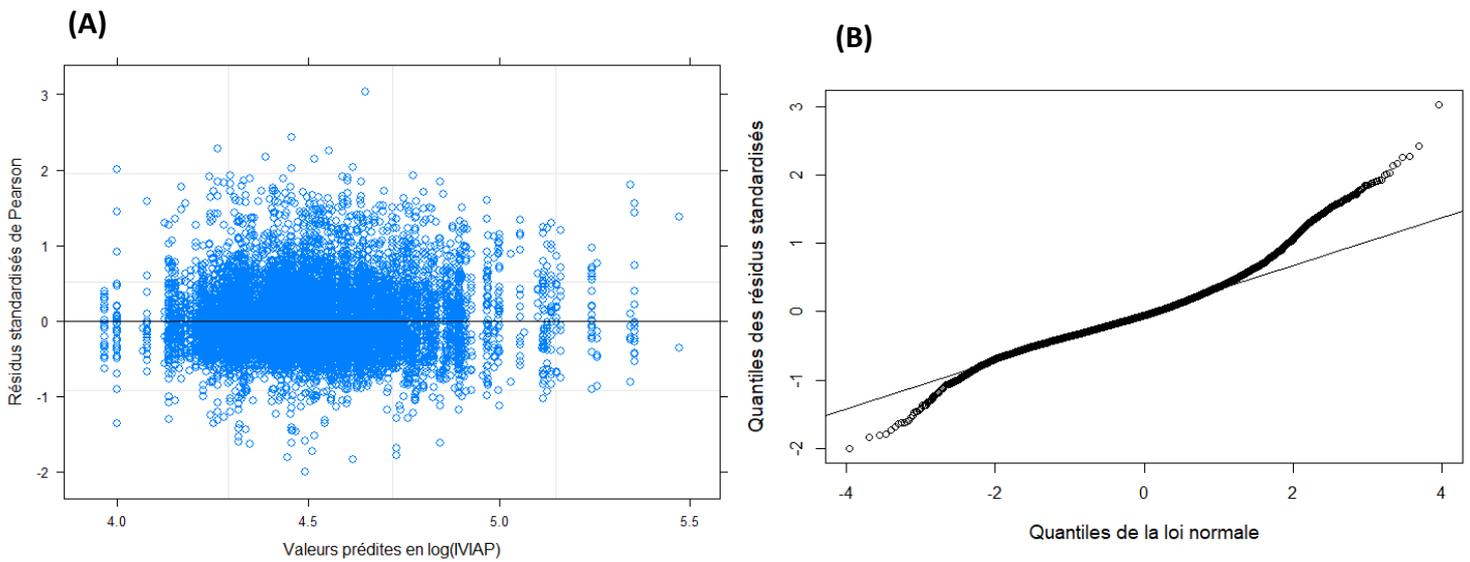


Figure 22 : Graphiques des résidus standardisés de Pearson (A) et des quantiles des résidus standardisés (B) pour le modèle de la variable IViAP

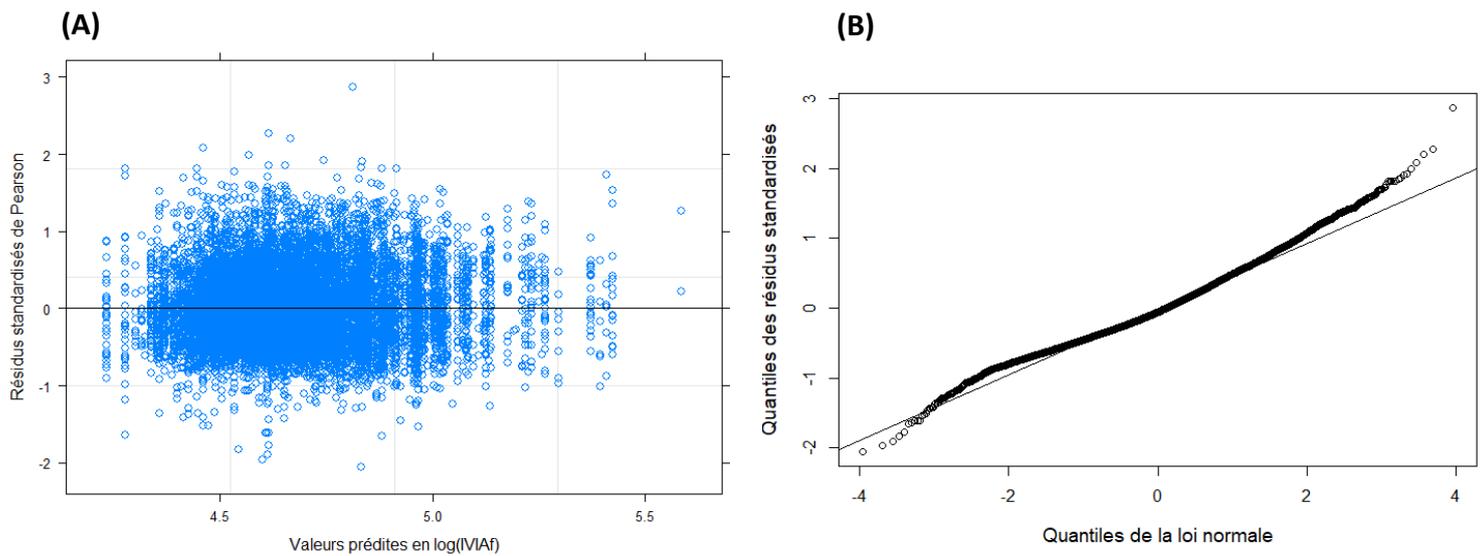


Figure 23 : Graphiques des résidus standardisés de Pearson (A) et des quantiles des résidus standardisés (B) pour le modèle de la variable IViAf

Annexe 8 : Vérification des hypothèses de distribution normale des effets aléatoires pour tous les modèles

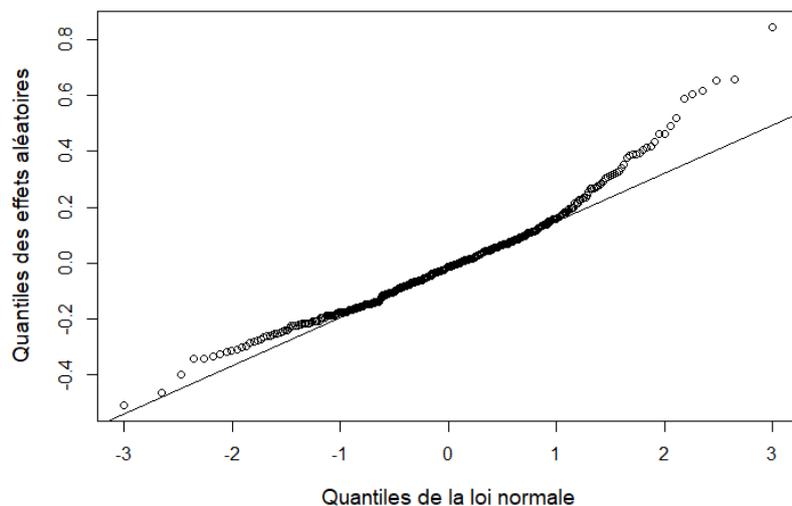


Figure 24 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable IVIAP

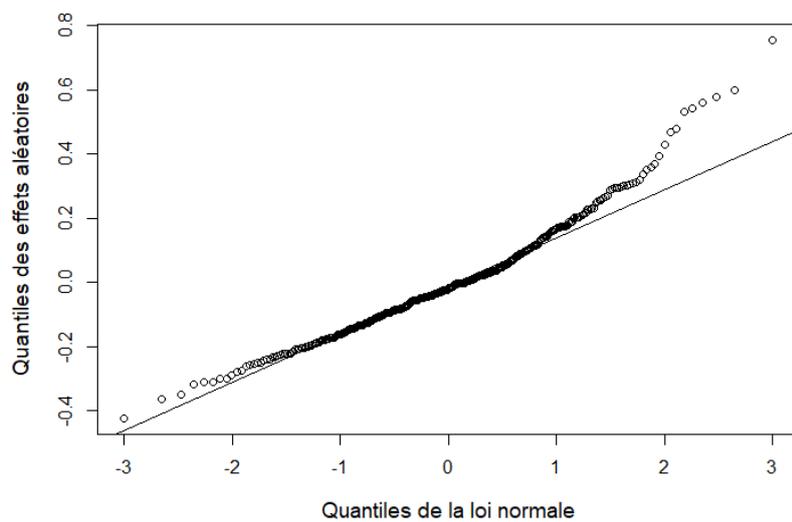


Figure 25 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable IVIAf

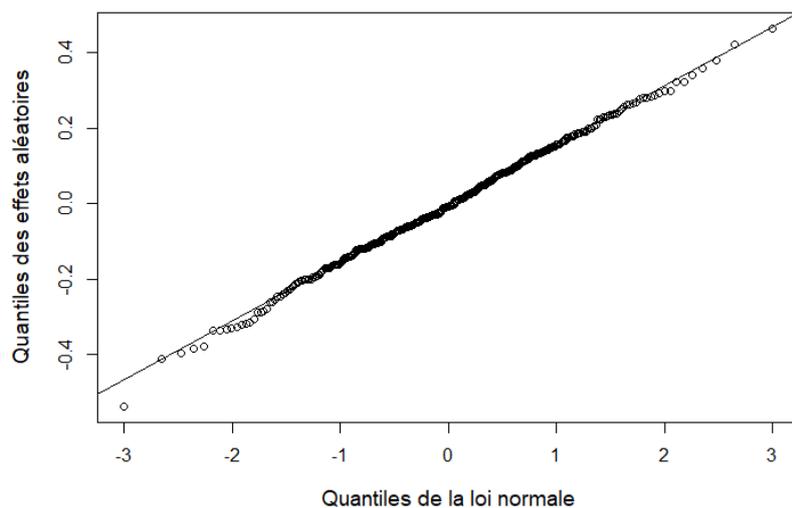


Figure 26 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable RIA1

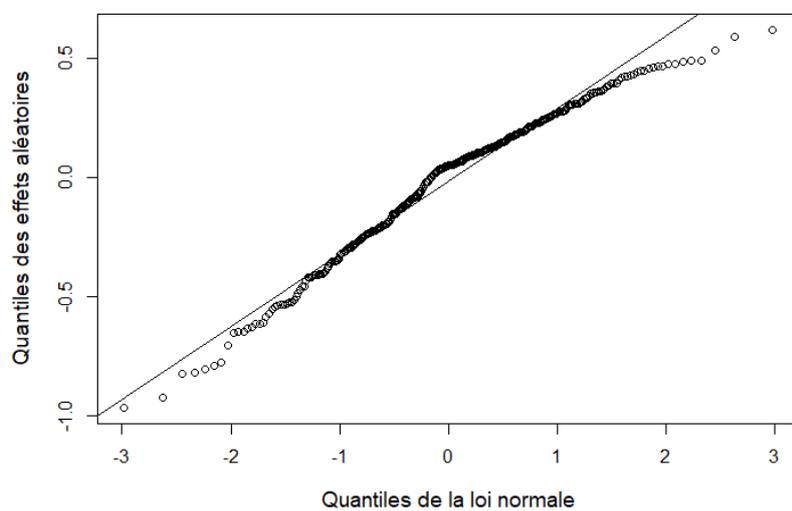


Figure 27 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable R25d

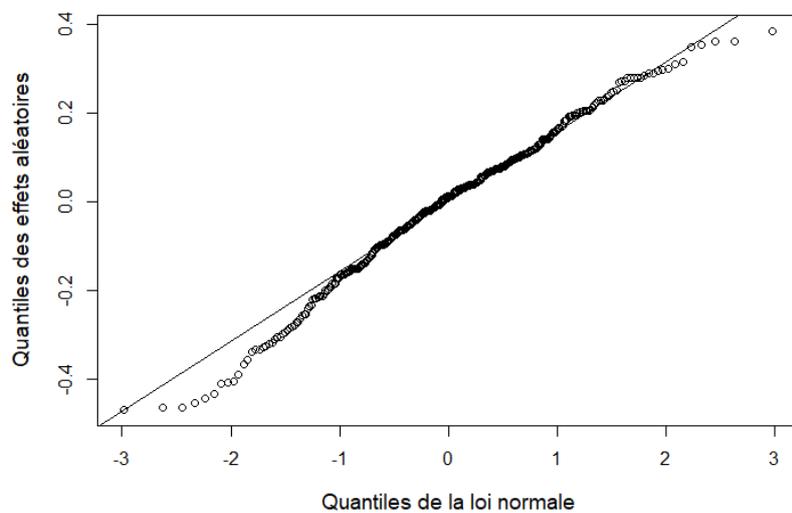


Figure 28 : Distribution normale des effets aléatoires pour le modèle de la variable RgIA1

Annexe 9 : Script R pour les variables IVIAP, IVIAf et RIA1

Importation des packages et des données

```
require(ggplot2)
require(lme4)
require(sjPlot)
library(AER)
library(tidyverse)
library(dplyr)
library(MASS)
library(DHARMA)
library(forestmodel)
library(patchwork)

dv$BNB <- factor(dv$BNB, levels = c("nonbio", "bio"))
dv$RaceElevage <- factor(dv$RaceElevage, levels = c("ph", "mtb", "autre"))
dv$RaceVache <- factor(dv$RaceVache, levels = c("ph", "mtb", "autre"))

dv <- dv[complete.cases(dv),]

# Cette dernière commande permet de supprimer les éventuelles NA

str(dv)
```

1- IVIAP

```
dv$IVIAPlog <- log(dv$IVIAP)
```

➤ *Création du modèle*

```
mm1vlog_Ind <- lmer(IVIAPlog ~ BNB + RaceVache + (1|Elevage), data=dv)
summary(mm1vlog_Ind)
```

➤ *Visualisation des effets multiplicatifs*

```
plot_model(mm1vlog_Ind, transform = "exp",
            axis.title = "Effets multiplicatifs sur IVIAP",
            title = "",
            show.values = TRUE,
            vline.color = "red", colors = c("steelblue", "red2")) + ylim(0.8, 1.1)
.1)
```

➤ *Validation des conditions d'utilisation du modèle*

```
plot(mm1vlog_Ind, xlab = "Valeurs prédites en log(jours)", ylab = "Résidus s
tandardisés de Pearson")

qqnorm(residuals(mm1vlog_Ind), main = "", xlab = "", ylab = "")
qqline(residuals(mm1vlog_Ind))
title(xlab = "Quantiles de la loi normale", cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des résidus standardisés", cex.lab = 1.2)
```

```
qqnorm(ranef(mm1vlog_Ind)$Elevage[,1],main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(ranef(mm1vlog_Ind)$Elevage[,1])
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des effets aléatoires",cex.lab = 1.2)
```

2- IVIAf

```
dv$IVIAFlog <- log(dv$IVIAF)
```

➤ Création du modèle

```
mm2vlog_Ind <- lmer(IVIAFlog ~ BNB + RaceVache + (1|Elevage),data=dv)
summary(mm2vlog_Ind)
```

➤ Visualisation des effets multiplicatifs

```
plot_model(mm2vlog_Ind,transform = "exp",
  axis.title = "Effets multiplicatifs sur IVIAf",
  title = "",
  show.values = TRUE,
  vline.color = "red",colors = c("steelblue","red2"))+ ylim(0.8,1
.1)
```

➤ Validation des conditions d'utilisation du modèle

```
plot(mm2vlog_Ind,xlab = "Valeurs prédites en log(jours)",ylab = "Résidus s
tandardisés de Pearson")
```

```
qqnorm(residuals(mm2vlog_Ind),main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(residuals(mm2vlog_Ind))
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des résidus standardisés",cex.lab = 1.2)
```

```
qqnorm(ranef(mm2vlog_Ind)$Elevage[,1],main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(ranef(mm2vlog_Ind)$Elevage[,1])
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des effets aléatoires",cex.lab = 1.2)
```

3- Pourcentage de réussite en IA1

```
dv$pvIA1 <- if_else(dv$NombreIAV < 2,1,0)
```

```
# Création des deux classes d'IA, la variable renverra 1 si l'animal a eu
1 ou 2 IAs et 0 sinon
```

➤ Création du modèle

```
glmerpvAI1_Ind <- glmer(pvIA1 ~ BNB + RaceVache + (1|Elevage),family = bin
omial,data=dv)
summary(glmerpvAI1_Ind)
```

➤ Visualisation des ORs

```
plot_model(glmerpvAI1_Ind,
```

```

axis.title = "RIA1 en termes d'OR",
title = "",
  show.values = TRUE,
vline.color = "red", colors = c("steelblue", "red2"))+ ylim(0.9,1
.65)

```

➤ **Validation des conditions d'utilisation du modèle**

```

plot(glmerpvAI1_Ind,xlab = "Valeurs prédites en log(jours)",ylab = "Résidu
s standardisés de Pearson")

```

```

qqnorm(residuals(glmerpvAI1_Ind),main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(residuals(glmerpvAI1_Ind))
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des résidus standardisés",cex.lab = 1.2)

```

```

qqnorm(ranef(glmerpvAI1_Ind)$Elevage[,1],main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(ranef(glmerpvAI1_Ind)$Elevage[,1])
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des effets aléatoires",cex.lab = 1.2)

```

Annexe 10 : Script R pour les variables R25j et RglA1

Importation des packages et des données

```
require(ggplot2)
require(lme4)
require(sjPlot)
library(AER)
library(tidyverse)
library(dplyr)
library(MASS)
library(DHARMA)
library(forestmodel)
library(patchwork)

dg$BNB <- factor(dg$BNB, levels = c("nonbio", "bio"))
dg$RaceElG <- factor(dg$RaceElG, levels = c("ph", "mtb", "autre"))
dg$RaceGen <- factor(dg$RaceGen, levels = c("ph", "mtb", "autre"))

dg <- dg[complete.cases(dg),]

# Cette dernière commande permet de supprimer les éventuelles NA

str(dg)
```

1- Réussite à l'IAf en moins de 25 jours (25 jours inclus)

```
dg$IAPIAF25 <- if_else(dg$IAFIAP < 26, 1, 0)

# Création des deux classes d'IAPIAF, la variable renverra 1 si l'animal a
# eu une insémination fécondante en moins de 25 jours et 0 sinon.
```

➤ *Création du modèle*

```
glmerpgIAPIAF25_Ind <- glmer(IAPIAF25 ~ BNB + RaceGen + (1|Elevage), family
= binomial, data=dg)

summary(glmerpgIAPIAF25_Ind)
```

➤ *Visualisation des ORs*

```
plot_model(glmerpgIAPIAF25_Ind,
  axis.title = "R25j en termes d'OR",
  title = "",
  show.values = TRUE,
  vline.color = "red", colors = c("red2", "steelblue")) + ylim(0.7,
2.5)
```

➤ *Validation des conditions d'utilisation du modèle*

```
plot(glmerpgIAPIAF25_Ind, xlab = "Valeurs prédites en log(jours)", ylab = "R
ésidus standardisés de Pearson")

qqnorm(residuals(glmerpgIAPIAF25_Ind), main = "", xlab = "", ylab = "")
qqline(residuals(glmerpgIAPIAF25_Ind))
```

```

title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des résidus standardisés",cex.lab = 1.2)

qqnorm(ranef(glmerpgIAP25_Ind)$Elevage[,1],main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(ranef(glmerpgIAP25_Ind)$Elevage[,1])
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des effets aléatoires",cex.lab = 1.2)

```

2- Réussite en IA1

```

dg$pgIA1 <- if_else(dg$NombreIAG < 2,1,0)

# Création des deux classes d'IA, la variable renverra 1 si l'animal a eu
1 ou 2 IAs et 0 sinon

```

➤ *Création du modèle*

```

glmerpgAI1_Ind <- glmer(pgIA1 ~ BNB + RaceGen + (1|Elevage),family = binomial,data=dg)

```

```

summary(glmerpgAI1_Ind)

```

➤ *Visualisation des ORs*

```

plot_model(glmerpgAI1_Ind,
  axis.title = "RgIA1 en termes d'OR",
  title = "",
  show.values = TRUE,
  vline.color = "red",colors = c("red2","steelblue"))+ ylim(0.7,2.5)

```

➤ *Validation des conditions d'utilisation du modèle*

```

plot(glmerpgAI1_Ind,xlab = "Valeurs prédites en log(jours)",ylab = "Résidus standardisés de Pearson")

```

```

qqnorm(residuals(glmerpgAI1_Ind),main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(residuals(glmerpgAI1_Ind))
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des résidus standardisés",cex.lab = 1.2)

```

```

qqnorm(ranef(glmerpgAI1_Ind)$Elevage[,1],main = "",xlab = "",ylab = "")
qqline(ranef(glmerpgAI1_Ind)$Elevage[,1])
title(xlab = "Quantiles de la loi normale",cex.lab = 1.2)
title(ylab = "Quantiles des effets aléatoires",cex.lab = 1.2)

```


Comparaison des performances de reproduction des vaches laitières entre des élevages biologiques et des élevages conventionnels en région Auvergne Rhône-Alpes

Auteur

DEKERF Mathilde

Résumé

Le mode d'élevage biologique présente de nombreuses contraintes mais est aussi à l'origine de nombreuses conversions en Auvergne Rhône-Alpes et dont les produits sont de plus en plus demandés. La reproduction est un des enjeux majeurs des élevages bovins laitiers.

Les objectifs de cette étude étaient d'estimer les différences de performances de reproduction entre élevages biologiques et conventionnels mais aussi de trouver des éléments pouvant expliquer ces différences.

Ce travail réunit une étude comparative des performances de reproduction réalisée à l'aide de modélisations linéaires mixtes et généralisées linéaires mixtes sur 13 384 vaches laitières et 3 785 génisses de 204 élevages biologiques et 178 élevages conventionnels, et une enquête auprès d'éleveurs pour décrire les pratiques en élevage biologique.

Dans notre étude, le fait d'être en élevage biologique a peu d'impact sur les performances de reproduction, contrairement au choix de la race. Par exemple, la différence observée entre élevages biologiques et conventionnels est très petite, avec une augmentation relative de l'IVIAP et de l'IVIAf estimée respectivement à 3 et 1 % et non significative alors que la différence observée entre les races est plus importante et significative (diminutions relatives estimées entre 11 et 16 % pour l'IVIAP et l'IVIAf quand on passe de la race Prim'Holstein aux autres races). Ceci suggère que la réussite de la reproduction en élevage biologique est multifactorielle et dépend de nombreux facteurs conditionnés par les objectifs et choix de l'éleveur. La prévention est un point clé d'une bonne reproduction.

Cette étude s'inscrit dans une dynamique de recherche pour l'amélioration des performances de reproduction en élevage biologique conduite par plusieurs équipes scientifiques comme l'INRAE afin d'aider les éleveurs face à un manque de traitements et dispositifs disponibles en élevage biologique.

Mots-clés

Reproduction, Vaches Laitières, Elevage Biologique

Jury

Président du jury : **Professeur COCHAT Pierre**

Directeur de thèse : **Professeur BRUYERE Pierre**

Assesseur : **Professeur DELIGNETTE-MULLER Marie-Laure**