

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 045

**EFFETS DU SYSTÈME D'ÉLEVAGE ET DU SEXE SUR
LE GAIN MOYEN QUOTIDIEN EN RACE AUBRAC**

THESE

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

Et soutenue publiquement le 29 septembre 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

ROUQUIER Anaïs

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 045

**EFFETS DU SYSTÈME D'ÉLEVAGE ET DU SEXE SUR
LE GAIN MOYEN QUOTIDIEN EN RACE AUBRAC**

THESE

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

Et soutenue publiquement le 29 septembre 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

ROUQUIER Anaïs

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (20-03-2023)

Pr	ABITBOL	Marie	Professeur
Dr	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Pr	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeur
Dr	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Pr	BECKER	Claire	Professeur
Dr	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Dr	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
Pr	BENOIT	Etienne	Professeur
Pr	BERNY	Philippe	Professeur
Pr	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeur
Dr	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
Dr	BRUTO	Maxime	Maître de conférences
Dr	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
Pr	BUFF	Samuel	Professeur
Pr	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
Dr	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
Pr	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Pr	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeur
Pr	CHABANNE	Luc	Professeur
Pr	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeur
Dr	CHANOIT	Gillaume	Professeur
Dr	CHETOT	Thomas	Maître de conférences
Pr	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Professeur
Pr	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeur
Pr	DJELOUADJI	Zorée	Professeur
Dr	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
Dr	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
Dr	GALIA	Wessam	Maître de conférences
Pr	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeur
Dr	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Dr	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Dr	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Dr	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	JUNOT	Stéphane	Professeur
Pr	KODJO	Angeli	Professeur
Dr	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Dr	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Dr	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Pr	LE GRAND	Dominique	Professeur
Pr	LEBLOND	Agnès	Professeur
Dr	LEDOUX	Dorothée	Maître de conférences
Dr	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Dr	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
Dr	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
Pr	LEPAGE	Olivier	Professeur
Pr	LOUZIER	Vanessa	Professeur
Dr	LURIER	Thibaut	Maître de conférences
Dr	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences
Pr	MARCHAL	Thierry	Professeur
Dr	MOSCA	Marion	Maître de conférences
Pr	MOUNIER	Luc	Professeur
Dr	PEROZ	Carole	Maître de conférences
Pr	PIN	Didier	Professeur
Pr	PONCE	Frédérique	Professeur
Pr	PORTIER	Karine	Professeur

Pr	POUZOT-NEVORET	Céline	Professeur
Pr	PROUILLAC	Caroline	Professeur
Pr	REMY	Denise	Professeur
Dr	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
Pr	ROGER	Thierry	Professeur
Dr	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
Pr	SCHRAMME	Michael	Professeur
Pr	SERGENTET	Delphine	Professeur
Dr	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Dr	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
Dr	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	Chargé d'enseignement contractuel
Pr	ZENNER	Lionel	Professeur

Remerciements au jury

A Madame le Professeur Cyrielle Causy

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de Médecine de Lyon
Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury de thèse

Mes sincères remerciements

A Monsieur le Docteur Laurent Alves De Oliveira

De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon
Pour son enseignement bienveillant, sa patience
Je tiens à vous remercier pour m'avoir fait l'honneur d'encadrer cette thèse

A Madame le Docteur Claire Becker

De VetAgro Sup, Campus Vétérinaire de Lyon
Pour sa disponibilité, son enseignement,
Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse

Table des matières

LISTE DES ANNEXES.....	9
LISTE DES FIGURES	11
LISTE DES TABLEAUX.....	13
LISTE DES ABREVIATIONS.....	15
INTRODUCTION	17
PARTIE 1 : BIBLIOGRAPHIE	19
I. LA RACE AUBRAC, UNE RACE RUSTIQUE AUX NOMBREUX ATOUTS	19
1. <i>Standard de la race</i>	19
a. Couleur de robe	19
b. Particularités de la tête.....	19
c. Caractéristiques physiques	20
2. <i>Sélection génétique</i>	21
a. Les objectifs du programme de sélection	21
b. Les outils du programme mis à disposition	22
i. Le pointage Herd-Book	22
ii. Le contrôle de performances	22
iii. L'évaluation génétique.....	23
iv. Les qualifications mâles et femelles.....	23
v. L'insémination artificielle (IA)	23
c. Les acteurs au profit de la sélection génétique	24
d. Les productions.....	24
3. <i>Les Signes d'identification de Qualité et d'Origine (SIQO)</i>	26
a. Le Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac (BFA)	26
b. L'indication Géographique Protégée (IGP) Fleur d'Aubrac.....	27
II. PRODUCTION DES BOVINS ALLAITANTS : LA CROISSANCE, ETAPE INDISPENSABLE POUR UNE BONNE QUALITE DE VIANDE.....	29
1. <i>Anatomie et physiologie de la croissance</i>	29
a. Quelques définitions.....	29
b. Structure, composition et mise en place des muscles.....	29
i. Structure et composition chimique des muscles	29
ii. Mise en place	30
c. Le tissu adipeux.....	31
d. Le contrôle endocrinien sur le tissu musculaire, adipeux et osseux.....	31
i. Les hormones somatotropes	31
ii. Les hormones thyroïdiennes.....	32
iii. Stéroïdes sexuels.....	32
iv. Autres hormones jouant un rôle mineur	32
2. <i>Croissance et développement</i>	33
a. Croissance au sens strict.....	33
b. Le développement	36
c. Les facteurs de variation	38
i. La génétique.....	38
ii. Le sexe et la castration.....	39
iii. L'individu.....	40
iv. L'âge.....	40
v. L'alimentation	41
vi. État de santé	41
vii. Conditions d'élevage.....	42
3. <i>Qualité des viandes</i>	42
a. Qualités nutritionnelles	42
b. Qualités organoleptiques.....	42
i. La couleur.....	42
ii. La flaveur.....	43

iii.	La tendreté.....	43
iv.	La jutosité.....	43
c.	Qualités technologiques et hygiéniques.....	44
i.	Qualités technologiques.....	44
ii.	Qualités hygiéniques.....	45
III.	LES SYSTEMES D'ÉLEVAGE EXTENSIF ET INTENSIF EN BOVIN ALLAITANT, LES ENJEUX FACE AU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE	47
1.	<i>Système d'élevage extensif</i>	47
a.	Avantages.....	47
b.	Inconvénients.....	48
2.	<i>Système d'élevage intensif</i>	49
a.	Avantages.....	49
b.	Inconvénients.....	50
	PARTIE 2 : ÉTUDE OBSERVATIONNELLE	53
I.	CONTEXTE	53
II.	MATERIEL ET METHODES	54
1.	<i>Mesures</i>	54
2.	<i>Animaux et élevages</i>	54
3.	<i>Le contrôle de performance VA4</i>	55
4.	<i>Matériel, récolte et traitement des données</i>	56
a.	Le matériel.....	56
b.	Récolte des données.....	56
c.	Traitement des données.....	57
5.	<i>Paramètres pris en compte et choix des modèles statistiques</i>	57
a.	Présentation des facteurs fixes, des facteurs aléatoires et des variables à expliquer.....	57
b.	Tests utilisés.....	58
III.	RESULTATS	60
1.	<i>État des lieux du GMQ dans notre étude</i>	61
a.	Moyennes des GMQ de 0 à 120jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours	61
b.	Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du sexe	62
c.	Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du système d'élevage	63
d.	Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du système d'élevage et du sexe	64
2.	<i>Résultats du GMQ de 0 à 120 jours</i>	65
3.	<i>Résultats du GMQ de 120 à 210 jours</i>	69
4.	<i>Résultats du GMQ de 0 à 210 jours</i>	73
IV.	DISCUSSION	77
1.	<i>Les biais du modèle d'étude</i>	77
a.	Biais sur l'échantillonnage des bovins	77
b.	Biais sur la conduite d'élevage.....	78
c.	Biais de mesures	78
d.	Biais liés à l'année.....	79
2.	<i>Comparaison avec les résultats dans la littérature</i>	79
a.	Comparaison à la moyenne de la race.....	79
b.	Conduite d'élevage	80
c.	Sexe.....	81
a.	Comparaison avec une autre race allaitante : la charolaise	82
	CONCLUSION	83
	BIBLIOGRAPHIE.....	85
	ANNEXES	89

Liste des annexes

ANNEXE I : VERIFICATION DU MODELE LINEAIRE MIXTE DE 0 A 120 JOURS	91
ANNEXE II : VERIFICATION DU MODELE LINEAIRE MIXTE DE 120 A 210 JOURS.....	93
ANNEXE III : VERIFICATION DU MODELE LINEAIRE MIXTE DE 0 A 210 JOURS	95

Liste des figures

Figure 1 : Standard de race d'un taureau Aubrac (source : ROUQUIER Anaïs).....	20
Figure 2 : Standard de race d'une vache Aubrac (source : ROUQUIER Anaïs)	20
Figure 3 : Organisation de la production en race Aubrac (source : d'après OS Race Aubrac, 2022).....	25
Figure 4 : Logo Bœuf Fermier Aubrac (source : Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac).....	26
Figure 5 : Logo Fleur d'Aubrac (source : Fleur d'Aubrac).....	27
Figure 6 : Représentation schématique simplifiée de la régulation hormonale de la croissance, où GC = glucocorticoïdes (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015).....	33
Figure 7 : Évolution théorique du poids vif en fonction de l'âge (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015).....	34
Figure 8 : Évolution théorique du GMQ en fonction de l'âge (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015).....	35
Figure 9 : Croissance et développement des tissus (source : d'après Hutu, Oldenbroek, Waaij 2020).....	36
Figure 10 : Croissance et développement des tissus (source : d'après Hutu, Oldenbroek, Waaij 2020).....	37
Figure 11 : Répartition des bovins mâles et femelles dans les élevages de l'étude.....	60
Figure 12 : Graphe illustrant le GMQ de 0 à 120 jours en fonction du sexe, du système d'élevage et du lot, moyennes pour chaque groupe représentées en rouge	65
Figure 13 : Graphe des intervalles de confiance à 95 % des effets fixes du modèle	67
Figure 14 : Graphe illustrant le GMQ de 120 à 210 jours en fonction du sexe, du système d'élevage et du lot, moyennes pour chaque groupe représentées en rouge	69
Figure 15 : Graphe des intervalles de confiance à 95% des effets fixes du modèle	71
Figure 16 : Graphe illustrant le GMQ de 0 à 210 jours en fonction du sexe, du système d'élevage et du lot, moyennes pour chaque groupe représentées en rouge	73
Figure 17 : Graphe des intervalles de confiance à 95 % des effets fixes du modèle	75

Liste des tableaux

Tableau I : Caractéristiques comparées des mâles entiers, des mâles castrés et des femelles d'âge égal dans l'espèce bovine : en vert, les caractéristiques favorables ; en rouge, les caractéristiques défavorables (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015).....	40
Tableau II : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours	61
Tableau III : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du sexe, avec N = nombre de bovins dans chaque groupe.....	62
Tableau IV : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours selon le système d'élevage, avec N = nombre de bovins dans chaque groupe	63
Tableau V : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours selon le système d'élevage et le sexe, avec N = nombre de bovins dans chaque groupe	64
Tableau VI : Caractéristiques du modèle linéaire mixte du GMQ moyen de 0 à 120 jours : effets du système d'élevage et du sexe.....	66
Tableau VII : Estimations, intervalles de confiance à 95 % et coefficient de corrélation intra-classes (ICC) des effets aléatoires du modèle	68
Tableau VIII : Caractéristiques du modèle linéaire mixte du GMQ de 120 à 210 jours : effet du système d'élevage et du sexe	70
Tableau IX : Estimations et intervalles de confiance à 95 % des effets aléatoires du modèle	72
Tableau X : Caractéristiques du modèle linéaire mixte du GMQ de 0 à 210 jours moyen : effet du sexe et du système d'élevage.....	74
Tableau XI : Estimations, intervalles de confiance à 95 % et ICC des effets aléatoires du modèle	76
Tableau XII : Répartition des bovins au sein de chaque élevage.....	77
Tableau XIII : Répartition des bovins en fonction de leur conduite d'élevage	78
Tableau XIV : GMQ moyens de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en race Aubrac au niveau National en 2021, figurent en rouge les résultats pour notre étude...	81
Tableau XV : GMQ moyens de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en race Charolaise au niveau National en 2021	82

Liste des abréviations

- AIC = Critères d'Informations d'Akaïké
- ATP = Adénosine triphosphate
- BEA = Bien Être Animal
- BFA = Bœuf Fermier Aubrac
- DEP = Dossier Étable Production
- DFD = Dark, Firm, Dry
- g = Gramme
- GC = Glucocorticoïdes
- GH = Growth Hormone
- GHIF = Somatostatine
- GHRF = Somatocrine
- GMQ = Gain Moyen Quotidien
- ha = Hectare
- IA = Insémination artificielle
- IC = Intervalle de confiance
- ICC = Coefficient de corrélation intra-classes
- IGFs = Insulin like growth factor
- IGP = Indication Géographique Protégée
- IVV = Intervalle vêlage-vêlage
- j = Jour
- kg = Kilogramme
- m = Mètre
- mm = millimètre
- MEC = Matrice extra-cellulaire
- OS = Organisme de sélection
- PAT = Poids Age Type

- pH = Potentiel hydrogène
- PSE = Pale, Soft, Exsudative
- REML = Méthode de Vraisemblance Restreinte
- SIQO = Signe d'identification de qualité et d'origine
- TIAC = Toxi-infection alimentaire collective
- T3 = triiodothyronine
- T4 = Thyroxine
- UPRA = Unité pour la race
- °C = degré celsius

INTRODUCTION

La race Aubrac connaît actuellement une progression de son effectif sans précédent, de huit à dix % par an, et atteint un effectif national de 249 984 vaches en 2022. Son berceau natal se situe sur le plateau de l'Aubrac, zone de moyenne montagne répartie sur les départements de l'Aveyron, de la Lozère et du Cantal. Les conditions climatiques y étant rudes, cette race s'adapte parfaitement à tout type de climat, lui permettant d'obtenir le qualificatif de race rustique.

Grace à la création de l'Union Aubrac en 1979, un programme de sélection génétique a été mis en place afin de relancer le développement de la race. Cette race qui était à finalité mixte s'éteignait à petit feu suite à l'arrêt du travail de traction par les bœufs et la fermeture des burons non rentables avec une activité lait. Les principaux critères choisis en 1979 furent notamment de bonnes qualités maternelles, facilités de vêlage et de bonnes aptitudes bouchères. La race allaitante Aubrac vit alors le jour.

De nos jours, les sécheresses et conditions climatiques extrêmes nous poussent à revoir nos systèmes agricoles. La race Aubrac pourrait bien être un élément de réponse à la production de viande durable, grâce notamment à sa capacité d'adaptabilité aux chaleurs d'été et aux froids rudes de l'hiver, mais aussi grâce à ses capacités maternelles et bouchères lui permettant d'être la vache allaitante très rentable.

L'objectif de notre étude est d'évaluer si le système d'élevage et le sexe, peuvent avoir un effet significatif sur le gain moyen quotidien des broutards de race Aubrac. Nous aborderons dans un premier temps des notions sur la rusticité de la race Aubrac, sa sélection génétique, mais aussi les caractéristiques biologiques tels que la croissance et le développement des bovins ainsi que leurs facteurs de variation, et les différents systèmes d'élevage. Le second temps sera consacré à l'étude observationnelle, en resituant le contexte, les matériels et méthodes ainsi que les résultats et la discussion.

PARTIE 1 : BIBLIOGRAPHIE

I. La race Aubrac, une race rustique aux nombreux atouts

1. Standard de la race

Un bovin de race Aubrac doit répondre à certains critères physiques et esthétiques afin de pouvoir être inscrit et certifié au Livre Généalogique de la race (Herd-Book). Les animaux de cette race sont d'ailleurs reconnaissables d'un coup d'œil parmi les autres races allaitantes françaises.

a. Couleur de robe

Concernant les critères de robe, les attentes du Herd-Book sont différentes chez le mâle et la femelle.

La vache doit présenter une robe fauve uniforme, toutefois nuancée entre la couleur froment et gris blanchâtre, et de teinte plus marquée au niveau de la croupe et des épaules (*OS Race Aubrac 2022*).

Chez le mâle, la robe est unicolore fauve mais nuancée. Le noir est plus marqué au niveau de l'avant main et de la croupe. Seuls le chanfrein et les naseaux présentent une exception à la règle, car ils sont respectivement de couleur froment et blanc (*OS Race Aubrac 2022*).

L'extrémité des pattes et les onglons sont noirs chez le mâle et la femelle.

b. Particularités de la tête

On dit de la vache Aubrac qu'elle a les yeux maquillés de khôl, du fait qu'ils sont cernés de noir et entourés d'une auréole blanche. Le mufle est large et court, noir en son centre et blanc sur les extrémités. Les cornes sont noires aux extrémités, blanches au niveau de la base. Chez les vaches, elles sont longues en forme de lyre, alors que chez les taureaux, elles sont plus courtes et droites. Les oreilles sont petites, droites et entourées de poils noirs (*OS Race Aubrac 2022*).



Figure 1 : Standard de race d'un taureau Aubrac (source : ROUQUIER Anaïs)

c. Caractéristiques physiques

Les aplombs sont puissants et solides, les pattes sont courtes et l'attache des grassetts basse, totalement en lien avec un système d'élevage extensif, basé sur des estives en grandes prairies, et un passage en bâtiment d'élevage bien supporté l'hiver. Les hanches sont arrondies, le bassin est large, plat dans le but de perpétuer les facilités de vêlage et la longévité de la race. Le poitrail est large permettant une grande capacité d'ingestion, un volume important et donc une bonne valorisation des fourrages grossiers à la base de son alimentation (OS Race Aubrac 2022).



Figure 2 : Standard de race d'une vache Aubrac (source : ROUQUIER Anaïs)

2. Sélection génétique

Autrefois, la race Aubrac était exploitée pour ses qualités laitières dans les burons, où de la tomme fraîche était fabriquée en vue de préparer l'Aligot, mais aussi pour la fabrication du fromage Laguiole. Les bœufs étaient quant à eux utilisés pour la traction des machines agricoles afin de réaliser le travail de la terre.

Suite aux nombreuses guerres qu'a traversé le pays, la race a été laissée à l'abandon et les burons ont été nombreux à fermer. Seuls le travail du croisement et la vente à l'export de broutards mâles réussissaient. Le déclin de la race a alors été tel que le nombre limité de femelles devenait inquiétant.

C'est alors qu'a été créée l'Union Aubrac, une association d'éleveurs. Ils reprirent la gestion du Livre Généalogique et mirent tout en œuvre pour la race : programme de relance, programme d'amélioration, programme de développement.

Aujourd'hui, la sélection génétique est gérée par l'Organisme de Sélection (OS) Aubrac.

a. Les objectifs du programme de sélection

Actuellement, l'élevage de bovins Aubrac s'oriente vers un outil économiquement et socialement durable.

Son autonomie alimentaire dès la naissance, ses bonnes qualités laitières permettant de diminuer le coût des concentrés pour l'élevage des veaux en font une race efficace dans l'économie de la production de viande. Une vache capable de produire trois litres de lait supplémentaires équivaut à un distributeur automatique de concentrés pour le veau. Des animaux ayant de bons aplombs et une bonne profondeur de poitrine sont recherchés dans le but de valoriser les fourrages grossiers, matière première du territoire sur lequel ils sont élevés. Cela diminue le prix d'achat des matières premières (intrants) pour l'exploitation, ce qui favorise l'autonomie de l'élevage.

La longévité de la race Aubrac (âge moyen au vêlage de 6,3 ans) (Bovins Croissance 2021) engendre un taux de renouvellement moindre, et donc une diminution des coûts pour l'élevage de génisses (OS Race Aubrac 2022).

D'un point de vue social, la grande autonomie que procure cet élevage permet de répondre aux attentes sociétales des éleveurs, qui peuvent se dégager plus de temps libre pour leur vie privée, ou pour leur vie professionnelle : certains sont double actif (OS Race Aubrac 2022).

Ce programme de sélection met tout en œuvre pour promouvoir une race élevée en plein air, autonome, pratiquant l'agropastoralisme. Le consommateur est en quête d'une viande à prix moyen, mais une viande de qualité et au goût inimitable (OS *Race Aubrac* 2022).

Des études menées sur une comparaison de qualités de carcasses entre des races locales françaises et espagnoles ont permis de montrer que les races françaises sont de meilleure qualité, dû au fait qu'elles ont été améliorées par des programmes de sélection spécifiques, tenant compte de la demande actuelle (Piedrafita et al. 2003).

b. Les outils du programme mis à disposition

Pour répondre aux attentes du programme de sélection, l'OS Aubrac dispose de plusieurs outils.

i. Le pointage Herd-Book

Il s'agit d'une note attribuée par un technicien agréé afin de rendre compte de la morphologie de l'animal, et d'attester de sa conformité selon les critères de standard de race définis dans la partie I.1. Chez les femelles, une note est attribuée au moment du premier vêlage, puis vers l'âge de cinq ans. Chez les mâles, le pointage a généralement lieu avant les premières saillies (OS *Race Aubrac* 2022).

ii. Le contrôle de performances

Des pesées régulières sont réalisées sur les animaux jusqu'au sevrage afin de déterminer des Poids Age Type (PAT) à 120 et 210 jours, dans le but de comparer des jeunes bovins sur des tranches d'âge similaires.

Il y a quelques années, nous parlions encore de système VA4 pour ce type de contrôle, mais aujourd'hui, l'OS Aubrac a fait le choix de mettre en places des packs, afin que les collectes de données soient plus adaptées aux élevages. Il existe alors trois packs en race Aubrac : le pack « facilités de naissance et aptitudes à l'allaitement » (pour rendre compte du potentiel d'allaitement de la mère), le pack « croissance » (pour rendre compte du potentiel de croissance du veau), et le pack « morphologie au sevrage ». L'éleveur peut faire le choix d'adhérer à un seul, ou plusieurs de ces packs (OS *Race Aubrac* 2022).

iii. L'évaluation génétique

Elle est en général réalisée par le même technicien réalisant le contrôle de performances, car cette évaluation nécessite des informations issues du contrôle de performances, des données déclarées par l'éleveur, et de la généalogie. L'évaluation génétique permet alors de calculer des valeurs, couramment appelés des « index » afin de connaître la valeur génétique d'un animal, et de pouvoir le comparer à d'autres animaux et élevages. Les index couramment utilisés en race Aubrac découlent finalement des données du contrôle de performances : facilités de naissance, aptitudes maternelles à l'allaitement, capacité de croissance avant sevrage, développement squelettique au sevrage, développement musculaire au sevrage. Il en découle alors deux index synthétiques : un index de synthèse au sevrage, et un index de valeur maternelle (*OS Race Aubrac 2022*).

iv. Les qualifications mâles et femelles

Chez les femelles, elles prennent en compte les index et les notes Herd-Book (nécessite que les éleveurs soient adhérents et que les animaux soient conformes au standard) pour classer les femelles au niveau de la race et au niveau de l'élevage, et orienter l'utilisation de chacune d'elles au moment de la reproduction. Chez les mâles, seuls les taureaux entrant en station d'évaluation peuvent prétendre aux qualifications, car ce sont les seuls taureaux utilisés pour l'insémination artificielle (IA) (*OS Race Aubrac 2022*).

v. L'insémination artificielle (IA)

Elle est l'outil incontournable pour la diffusion du progrès génétique, puisque les taureaux participants sont ceux ayant subi les qualifications dans la station d'évaluation.

c. Les acteurs au profit de la sélection génétique

Les différents acteurs participant et améliorant la sélection génétique de la race sont les suivants (*OS Race Aubrac 2022*) :

- L'OS Aubrac, anciennement UPRA Aubrac (Unité Pour la RAce). C'est une association Loi 1901, créée en 1996 à laquelle adhèrent les organismes participant à la promotion, à la diffusion et à la sélection de la race Aubrac.
- L'Union Aubrac : c'est également une association Loi 1901, créée en 1979 par des éleveurs voulant relancer la race qui était en déclin profond. Les éleveurs adhèrent à l'Union Aubrac, qui lui-même adhère à l'OS Aubrac. L'Union Aubrac est chargée du maintien du Livre Généalogique de la race, et du recueil de la morphologie des animaux. Les techniciens agrées se chargent du conseil en élevage sur la reproduction, l'alimentation, les génisses de renouvellement, réalisent des pointages et confirmations au standard des bovins,
- La station d'évaluation des taureaux : permet la diffusion du progrès génétique par l'évaluation et la qualification des 130 meilleurs mâles chaque année.

d. Les productions

Trois voies de production principales existent en race Aubrac (*OS Race Aubrac 2022*) :

- La production de mâles : en pure race Aubrac, on distingue :
 - Les mâles « au sevrage », sevrés mais non engraisés, âgés de huit à dix mois pour un poids vif compris entre 350 et 400 kilogrammes (kg), appelé broutards.
 - Les mâles « repoussés » qui après le sevrage, ont été nourris avec des fourrages grossiers, âgés de 13 à 15 mois pour un poids vif avoisinant les 500 kg.
 - Les mâles « croisés », issus d'un père Charolais et d'une mère Aubrac, le plus souvent destinés à l'export car ces broutards bénéficient d'une meilleure conformation et d'un poids plus lourd à âge égal comparé aux broutards pure race.

Un faible pourcentage de mâles pure race servira à la reproduction.

- La production de femelles : la moitié des femelles, qui sont de pure race, serviront au renouvellement et à la reproduction dans un but de diffusion du progrès génétique. L'autre moitié se compose :
 - De femelles pure race ou croisées, dont une partie sera exportée vers l'âge de huit à dix mois, sevrées mais non repoussées pour un poids vif compris entre 250 et 340 kg.
 - Une partie sera destinée à l'alimentation française, via la production de femelles engraisées, âgées de deux à trois ans pour un poids carcasse variant de 300 à 450 kg.
- La production de femelles de réforme : ces vaches sont soit vendues à l'export en étant non engraisées (représente environ 25 % de la production), soit elles sont valorisées sur le territoire français, après avoir été engraisées pour atteindre un poids carcasse de 350 à 400 kg environ (représente 75 % de la production).

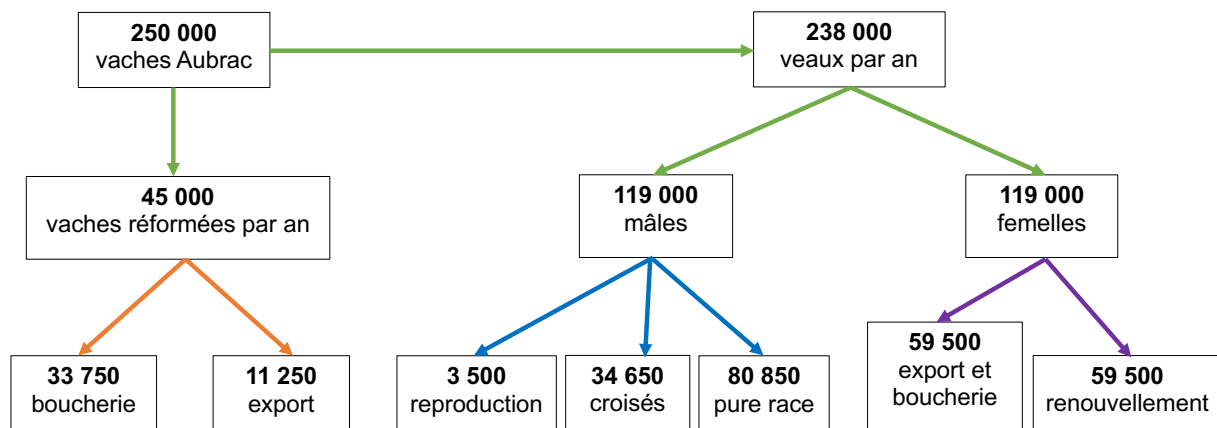


Figure 3 : Organisation de la production en race Aubrac (source : d'après OS Race Aubrac, 2022)

3. Les Signes d'Identification de Qualité et d'Origine (SIQO)

Deux SIQO mettent à l'honneur la viande et le territoire de l'Aubrac.

a. Le Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac (BFA)

Le Label Rouge BFA a été créé en 1996, dans le but de regagner la confiance du consommateur à la suite de la crise de la vache folle. L'objectif est de produire une viande de qualité supérieure sur le plan organoleptique principalement : c'est-à-dire une viande tendre, persillée, rouge et respectant au maximum le Bien Être Animal (*Viande de bœuf race Aubrac : Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac 2023*).

Un cahier des charges strict répertorie toutes les conditions nécessaires pour produire ce produit. Les grandes lignes sont les suivantes :

- Le produit est une viande de génisses, bœufs et vaches pure race Aubrac, âgés de 30 mois à dix ans.
- L'appellation « fermier » permet d'assurer que les animaux sont nés, élevés et engraisés dans le même élevage. Il faut que 70% de l'alimentation des bovins soit produite sur l'exploitation, et les achats d'aliments autorisés sont référencés par l'association BFA.
- Les bovins transhument au minimum quatre mois à plus de 800 mètres (m) d'altitude, selon un modèle d'élevage extensif.

La finition est longue (quatre mois au minimum) et les aliments fermentés ainsi que le maïs sont interdits durant cette période.



Figure 4 : Logo Bœuf Fermier Aubrac (source : Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac)

b. L'indication Géographique Protégée (IGP) Fleur d'Aubrac

Il s'agit d'une génisse née d'un croisement entre une mère pure race Aubrac et un père pure race Charolaise, âgée de 24 à 42 mois. L'IGP certifie que les génisses sont nées, élevées, engraisées et abattues sur le territoire défini par l'IGP. Le cahier des charges demande quelques particularités, notamment au niveau de l'abattoir : les carcasses doivent être classées E, U ou R selon l'échelle EUROPA, le poids carcasse doit être de 280 kg minimum, le potentiel hydrogène (pH) de la viande doit être descendu en dessous de six, 24 heures après abattage, et l'état d'engraissement doit être de deux ou trois selon une échelle allant de un à cinq (*Fleur d'Aubrac - Viande bovine française, élevée en Aubrac 2022*)



Figure 5 : Logo Fleur d'Aubrac (source : Fleur d'Aubrac)

Bilan du I :

- Vache Aubrac = race autonome via une sélection génétique tournée vers :
 - Des aplombs puissants, solides et des pattes courtes afin de parcourir de longues distances pour s'alimenter.
 - Une grande profondeur de poitrine pour une capacité d'ingestion maximale.
 - Un bassin arrondi pour des vêlages faciles.
- Objectifs de la sélection génétique : la race Aubrac vue comme un outil socialement et économiquement durable. Pour cela, plusieurs actions mises en place :
 - Pointage herd book : pour définir des caractéristiques physiques uniques de la race.
 - Contrôle de performance : afin d'établir des PAT à 120 et 210 jours et de comparer les animaux sur des tranches d'âges similaires.
 - Évaluation génétique : connaître la valeur génétique d'un animal via des notes données appelées « index ».
 - Qualifications mâles et femelles : pour classer les meilleurs bovins selon leurs notes d'index.
 - Insémination artificielle : diffusion du progrès génétique.
- 2 SIQO afin de mettre en valeur le produit issu de la race Aubrac : Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac, et Indication Géographique Protégée Fleur d'Aubrac

II. Production des bovins allaitants : la croissance, étape indispensable pour une bonne qualité de viande

1. Anatomie et physiologie de la croissance

a. Quelques définitions

La croissance est un phénomène physiologique faisant intervenir deux grandes notions distinctes, cependant inséparables :

- La croissance au sens strict se définit comme étant une augmentation de masse corporelle, de hauteur, de longueur et de circonférence en fonction du temps. Elle commence dès le stade embryonnaire et se poursuit également durant la période post-embryonnaire. Elle fait intervenir deux grands processus : l'hyperplasie, augmentation du nombre de cellules, et l'hypertrophie, augmentation de la taille des cellules (Hutu, et al 2020).
- Le développement, c'est une acquisition de fonctions (comme la fonction de reproduction par exemple), une évolution de la morphologie, de la composition des tissus. Elle attaque dès la période prénatale et se poursuit aussi pendant la période post-natale (Hutu, et al 2020).

b. Structure, composition et mise en place des muscles

i. Structure et composition chimique des muscles

Nous ne traiterons que des muscles squelettiques dans cette partie, les plus nombreux chez les mammifères. Ils représentent jusqu'à 60% du poids vif. Leurs caractéristiques influencent la qualité de la viande. Les muscles sont constitués de plusieurs tissus :

- Le tissu musculaire : d'un point de vue macroscopique, le muscle squelettique est composé de fibres musculaires, parallèles les unes aux autres, chacune enveloppées par l'endomysium, sorte de gaine conjonctive. Un ensemble de fibres musculaires forme un faisceau de fibres musculaires, lui-même enveloppé par le périmysium. Enfin, plusieurs faisceaux de fibres musculaires forment le muscle, entouré également par une gaine conjonctive appelée épimysium. D'un point de vue microscopique, les fibres musculaires sont des cellules plurinucléées, délimitées par le sarcolemme, membrane plasmique de la cellule. Le sarcoplasme (cytoplasme de la cellule) est majoritairement occupé par les myofibrilles, disposées parallèlement les unes aux autres, et composées d'une alternance de bandes sombres anisotropes (A), et de bandes claires

isotropes (I). Au centre de chaque bande claire I, se trouve une strie Z. Le sarcomère est l'unité répétitive et fonctionnelle compris entre deux stries Z. Les phénomènes de contraction musculaire sont permis par le glissement de myofilaments fins d'actine sur des myofilaments épais de myosine (Listrat et al. 2015).

- Le tissu conjonctif : il entoure les fibres et faisceaux musculaires via le périmysium, l'épimysium et l'endomysium. Il est constitué de fibres et d'une matrice extracellulaire (MEC), dans laquelle nous retrouvons essentiellement du collagène, protéine complexe à faible valeur nutritive et d'effet néfaste pour la tendreté de la viande. La teneur en collagène dépend du muscle considéré, de l'espèce, de la race (les races à viande ont des taux de collagène plus faibles), du sexe (les femelles ont moins de collagène que les mâles, donc des viandes plus tendres), de l'âge (un animal âgé présentera un taux de collagène plus élevé), et de l'exercice physique (Jussiau, Papet 2015).
- En quantités moins importantes, les muscles sont aussi composés de tissus adipeux, nerveux et vasculaire.

D'un point de vue chimique, un muscle est constitué, en moyenne :

- De 75 % d'eau, dont 70 % d'eau libre.
- 19 % de protéines, dont 10 % de protéines myofibrillaires de très bonne valeur nutritionnelle, 6 % de protéines sarcoplasmiques responsables de la coloration de la viande, et 3 % de protéines du tissu conjonctif responsables de la tendreté de la viande selon la quantité de collagène (Jussiau, Papet 2015).
- 2,5 % de lipides.
- 1,2 % de glucides.
- 2,3 % de sels minéraux.

ii. Mise en place

La mise en place et le développement musculaire débute dès la vie embryonnaire chez les mammifères. Chez les bovins, le nombre de fibres totales est fixé au sixième mois de gestation. Durant les trois derniers mois a lieu la différenciation contractile et métabolique des fibres musculaires, via des synthèses protéiques et des phénomènes d'hyperplasie intenses (Jussiau, Papet 2015).

La croissance postnatale se caractérise principalement par des phénomènes d'hypertrophie cellulaire, et des synthèses protéiques. La différenciation du type de fibres dépend de plusieurs facteurs, tels que le type de muscle, mais aussi le type génétique : les bovins allaitants acquièrent plus rapidement que les races laitières les phénomènes d'hyperplasie et de synthèse protéique.

c. Le tissu adipeux

Le tissu adipeux se met également en place durant la période prénatale, et poursuit sa croissance durant la période postnatale grâce aux phénomènes d'hyperplasie et d'hypertrophie. Le tissu adipeux est l'organe principal de stockage de l'énergie, et est constitué essentiellement de cellules nommées les adipocytes. La qualité organoleptique d'une viande dépend notamment du tissu adipeux, à savoir le dépôt de gras intra-musculaire, participant à la flaveur (voir paragraphe II.3.b.ii).

d. Le contrôle endocrinien sur le tissu musculaire, adipeux et osseux

Le contrôle endocrinien intervient durant la période postnatale, via des stimulations et inhibitions des tissus musculaires, adipeux et osseux. Cela va donc avoir des conséquences sur la croissance. Les principales hormones intervenant dans ce contrôle sont :

i. Les hormones somatotropes

Elles sont sécrétées par l'adénohypophyse. Elles agissent soit directement par l'implication de la Growth Hormone (GH), soit indirectement via des facteurs de croissance insulino-mimétiques (IGFs), qui viennent se fixer sur des récepteurs spécifiques. La sécrétion de GH est contrôlée soit par un facteur activateur, la somatocrine (GHRF), soit par un facteur inhibiteur, la somatostatine (GHIF) (Jussiau, Papet 2015).

La GH va : stimuler la croissance osseuse (hypertrophie et épaississement des régions osseuses), engendrer une action tissulaire (augmentation de la taille et des fonctions de tous les types cellulaires hormis les cellules cérébrales), avoir des effets métaboliques (effet anabolisant, hyperglycémiant, lipolytique).

ii. Les hormones thyroïdiennes

La triiodothyronine (T3) et le thyroxine (T4) ont une action en synergie avec la GH. Elles interviennent sur le contrôle de l'axe somatotrope, via un effet inducteur sur la GHRF et la GH. Leur action synergique va entraîner une hypertrophie et une hyperplasie des fibres musculaires. A elles seules, T3 et T4 favorisent le déroulement normal de l'ossification, et stimulent la lipolyse.

iii. Stéroïdes sexuels

Les hormones sexuelles interviennent principalement à partir de la puberté, et ont un rôle important dans la croissance et le développement des muscles, mais aussi dans l'arrêt de la croissance des os. Les androgènes stimulent la synthèse protéique des fibres musculaires, la testostérone engendre une augmentation de taille des muscles. Les œstrogènes génèrent une accrétion protéique et minérale, indispensable au maintien de la gestation. Via le rôle des hormones sexuelles, nous comprenons alors que les mâles ont une meilleure conformation musculaire que les femelles, et que les mâles castrés déposent plus de gras que les mâles entiers, mais moins que les femelles. Ils présentent une conformation intermédiaire (Jussiau, Papet 2015).

iv. Autres hormones jouant un rôle mineur

L'insuline, les catécholamines ou encore les glucocorticoïdes ont une action sur le tissu musculaire, adipeux et osseux.

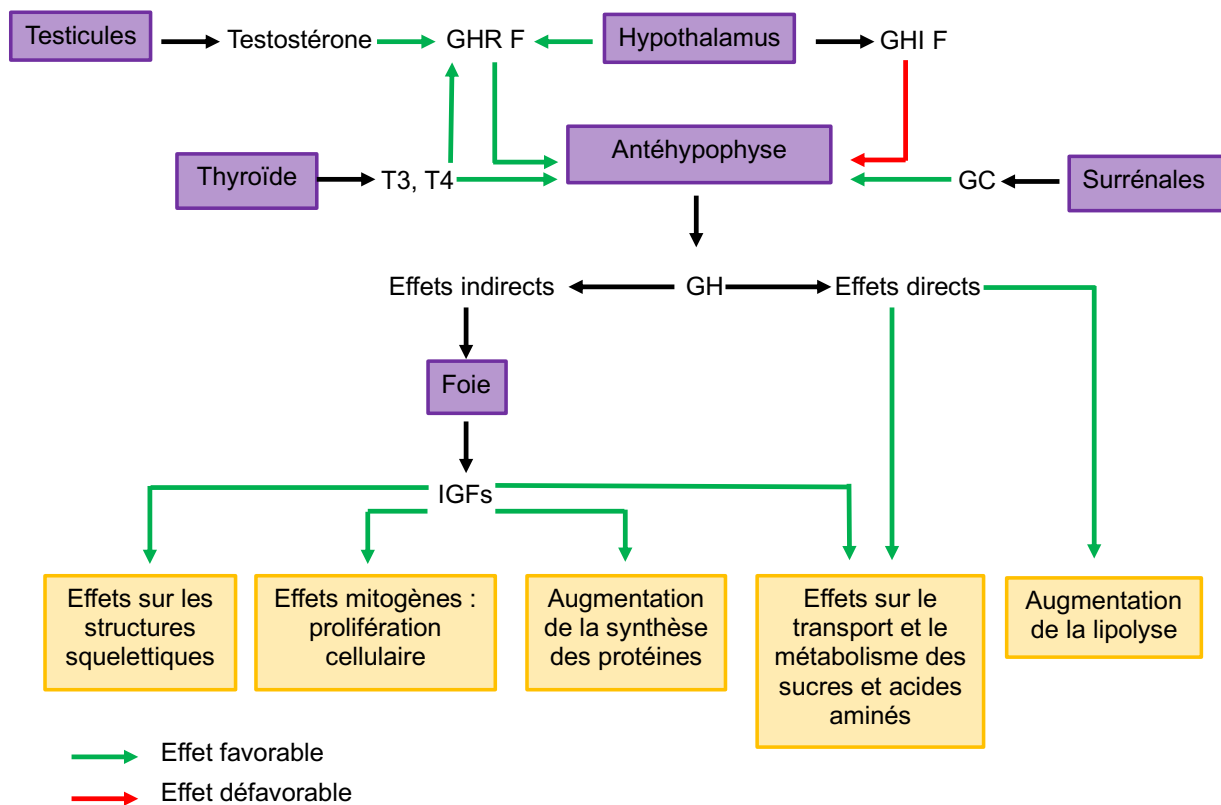


Figure 6 : Représentation schématique simplifiée de la régulation hormonale de la croissance, où GC = glucocorticoïdes (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015)

2. Croissance et développement

a. Croissance au sens strict

La croissance au sens strict est un accroissement de la masse corporelle et une augmentation de taille en fonction du temps. C'est une étape primordiale autant pendant la vie fœtale qu'après la naissance. La masse corporelle a tendance à suivre théoriquement une courbe sigmoïde au cours du temps (figure 7 ci-après) :

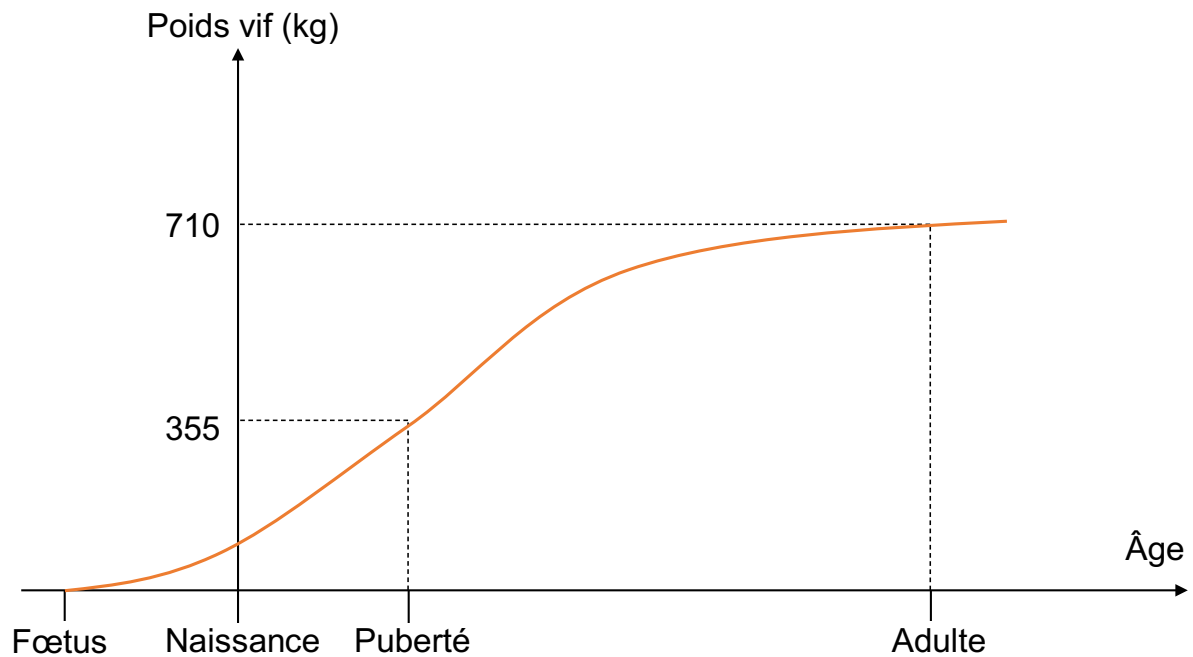


Figure 7 : Évolution théorique du poids vif en fonction de l'âge (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015)

Nous distinguons alors trois phases durant la croissance :

- Une phase de croissance accélérée : de la naissance à la puberté. L'animal atteint théoriquement 50 % de son poids adulte.
- Un point d'inflexion, à la puberté, où la vitesse de croissance est maximale.
- Une phase de croissance ralentie, après la puberté, et qui tend vers une limite : le poids adulte.

Si nous nous intéressons à présent à la courbe théorique du GMQ en fonction du temps, il en ressort une tendance de courbe en cloche (figure 8 ci-après) :

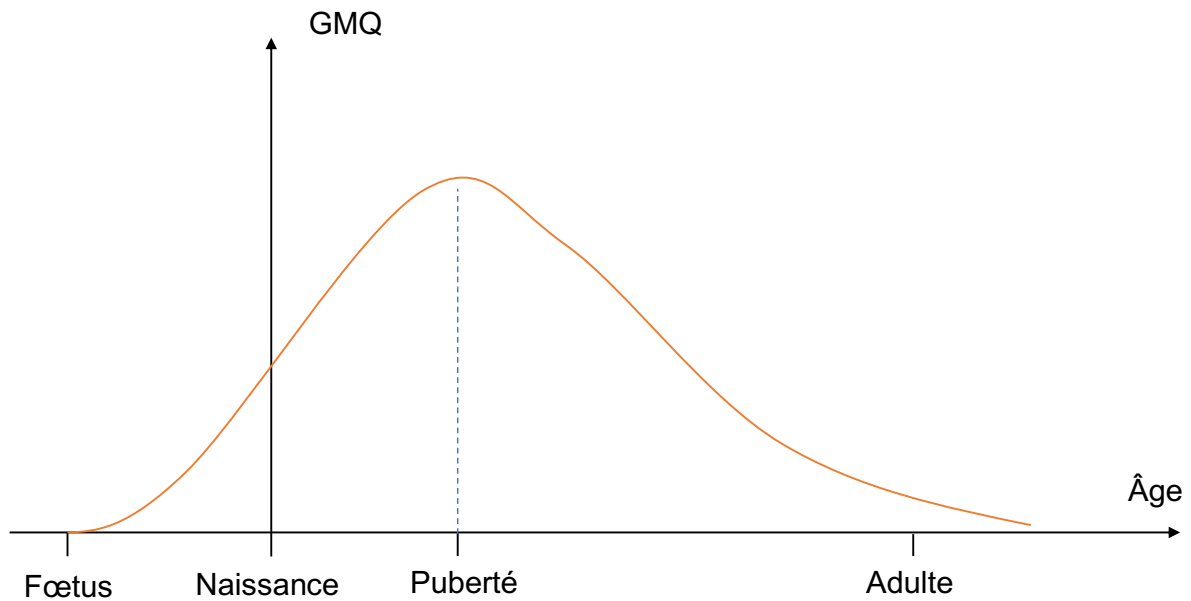


Figure 8 : Évolution théorique du GMQ en fonction de l'âge (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015)

Le GMQ suit trois phases en fonction de l'âge :

- Une phase de la naissance à la puberté, où le GMQ est de plus en plus grand.
- Un point d'inflexion, à la puberté, où le GMQ est maximal.
- Une phase de la fin de la puberté à l'âge adulte, où le GMQ diminue jusqu'à tendre vers une limite.

Ainsi, le GMQ et le poids vif sont deux paramètres liés : tant que le GMQ augmente, l'animal prend rapidement du poids. A la puberté, point d'inflexion de chacune des courbes, nous obtenons les meilleurs GMQ pour des poids vifs relativement élevés en fonction de l'âge. Enfin, après la puberté, le GMQ diminue jusqu'à tendre vers une valeur proche de zéro, et la courbe de poids vif tend elle aussi vers une limite.

b. Le développement

Le développement, c'est l'acquisition de nouvelles fonctions, l'évolution de la morphologie, s'accompagnant d'une modification de la composition tissulaire.

Concernant le développement des tissus, ceux-ci démarrent au niveau des membres, puis remontent avant de se terminer vers l'arrière-main, zone où la viande est de meilleure qualité.

Les différents types de tissus se développent à tous les âges, mais à des vitesses différentes (Jussiau 2017). Le tissu nerveux se développe en premier, principalement avant la naissance, donc soumis à des conditions environnementales constantes. Puis, le tissu osseux se développe entre la naissance et la puberté. A ce stade, le développement des tissus sera soumis à des conditions environnementales inconstantes, qui pourront avoir des répercussions sur le bon développement des tissus. Enfin, les tissus musculaires et adipeux sont les derniers à se développer, d'une période s'étendant de la puberté à l'âge adulte (figure 9 ci-dessous).

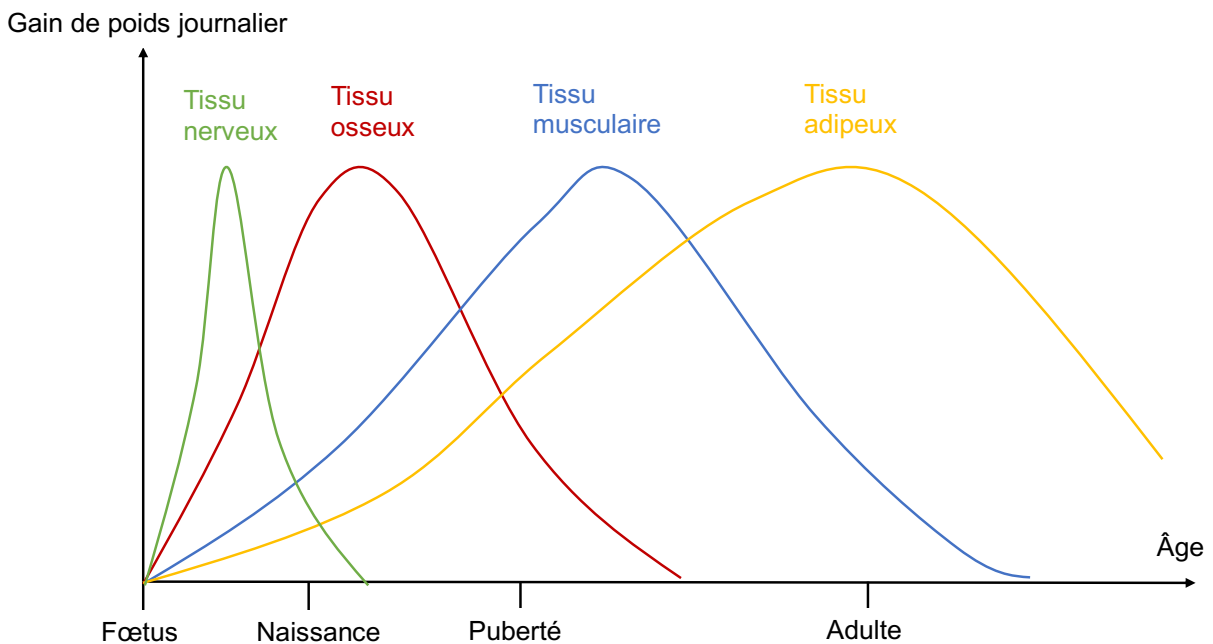


Figure 9 : Croissance et développement des tissus (source : d'après Hutu, Oldenbroek, Waaij 2020)

En fonction de l'âge d'abattage, la composition de la carcasse ne sera pas la même. Par exemple, un veau présentera une carcasse avec une certaine quantité de muscles, cependant il n'aura pas encore déposé de gras. Le bœuf, lui, présentera à la fois du muscle, mais aura également eu le temps de déposer suffisamment de graisse pour une qualité de viande bien supérieure au veau. D'ailleurs, les différents types de dépôts graisseux n'ont pas tous la même fonction (figure 10 ci-après) :

- La graisse interne sert à recouvrir les cavités, et se dépose en premier.
- La graisse intermusculaire se dépose entre les faisceaux musculaires.
- La graisse sous-cutanée sert notamment à évaluer la note d'état corporel d'un animal.
- La graisse intramusculaire se dépose en dernier, entre les fibres musculaires et elle est responsable de la flaveur d'une viande, notamment du « persillé ».

Le dépôt des différentes graisses est très dépendant de la précocité de l'animal, en lien direct avec la race et le sexe.

Gain de poids journalier

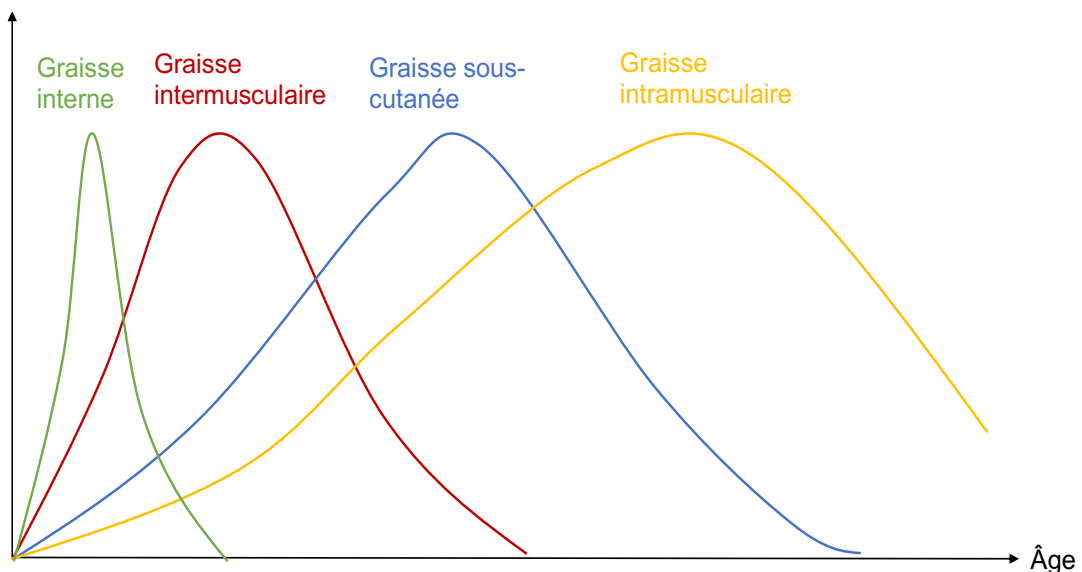


Figure 10 : Croissance et développement des tissus (source : d'après Hutu, Oldenbroek, Waaij 2020)

Une injection de vitamine A à la naissance entraîne une meilleure qualité des viandes : l'expression des gènes angiogéniques, lipogéniques et adipogéniques est stimulée, et permet donc une augmentation du gras intra-musculaire (Maciel et al. 2021).

c. Les facteurs de variation

La croissance et le développement sont soumis à des variations, qui peuvent avoir un impact soit durant la phase prénatale, soit après la naissance, ou bien sur les deux phases.

i. La génétique

C'est un facteur ayant un effet à la fois sur la phase fœtale, mais aussi de la naissance jusqu'à l'âge adulte. Durant la phase fœtale, les veaux issus de races bouchères ont des croissances intra-utérines plus élevées que les veaux laitiers. Par exemple, un veau de race Charolaise pèsera, en moyenne à la naissance, 46,5 kg (45,2 +/- 6 kg pour les femelles, et 47,8 +/- 6,7 kg pour les mâles) (Malaval, Leudet 2022) contre 41 +/- 5kg kg pour un veau laitier (Plouzin, Jurquet 2020).

Certains micro-organismes du rumen sont responsables d'une production de propionate, permettant d'améliorer les performances de croissance des bovins. Or, le microbiome n'est pas le même d'une race à l'autre, donc les performances de croissance varient en fonction de la génétique (Daghio et al. 2021). Une étude menée sur des bovins de races différentes a permis de mettre en évidence que la génétique avait un effet dans la régulation du métabolisme du rumen (Conte et al. 2022). Une grande diversité de bactéries au sein du tube digestif des bovins existe, et certaines familles bactériennes jouent un rôle important dans le gain de poids. Le jéjunum est un site particulier, un grand nombre de bactéries qui s'y développent sont associées au gain de poids. D'autres familles bactériennes situées dans le caecum ont été associées à une augmentation de GMQ (Freetly et al. 2020).

La génétique a également permis de sélectionner des génotypes à maturation précoce, permettant d'atteindre une adiposité des carcasses plus rapidement, point très recherché sur des systèmes viande à base d'herbe et de fourrages (Doyle et al. 2021).

ii. Le sexe et la castration

Le sexe est un facteur de variation de la croissance et du développement, à la fois durant la phase prénatale, mais aussi après la naissance.

Les veaux mâles ont des poids à la naissance 110 % plus élevés que celui des femelles (Jussiau, Papet 2015).

Concernant l'effet du sexe après la naissance, les hormones de croissance stimulent la croissance et le développement (paragraphe II.1.d). Un mâle entier, grâce à la stimulation de la testostérone et des androgènes, présentera une plus forte teneur en muscles et en protéines qu'une femelle. Une étude menée sur des bovins au Bangladesh a prouvé que les mâles avaient un poids naissance significativement plus lourd que les femelles, notamment via l'effet de la race, de la pression de sélection plus forte sur les mâles, mais aussi d'une imprégnation hormonale plus importante pour les mâles durant la gestation (Mahbubul, Hoque 2020).

La castration des mâles est pratiquée dans le but d'obtenir des individus intermédiaires entre le mâle entier et la femelle. La castration limite la stimulation de la croissance par une diminution de la concentration sanguine en testostérone, ce qui a un effet anabolisant moins marqué. D'après (Bretschneider 2005), le GMQ des mâles entiers est jusqu'à 19% plus élevé que celui des mâles castrés. Cependant, la castration est responsable d'un stress, qui d'après l'étude, est plus important lorsqu'il est réalisé après la puberté, à tel point que la perte de poids associée à la castration augmente avec l'âge. Ainsi, il est plus intéressant de castrer les animaux dès la naissance, afin de limiter le stress et la perte de poids associée.

De même, la stérilisation des femelles tend à se répandre de plus en plus, et d'après (Hobday 1899), une vache stérilisée s'engraisse plus rapidement, sa viande est de meilleure qualité, et le rendement en viande est alors supérieur de 6% environ par rapport à une vache non stérilisée. Chez les vaches laitières, la lactation est maintenue de façon constante durant 20 à 24 mois. Le dépôt de graisse est responsable du goût persillé d'une viande, aussi ce dépôt est régulé par différentes voies telles que l'adipogenèse, la lipogenèse ou encore la B-oxydation (Baik et al. 2014). Ils ont ainsi démontré que la castration amène à une augmentation de taille des cellules adipeuses, via notamment un accroissement de l'adipogenèse, et une diminution de la B-oxydation des acides gras. Il en découle également une différence de taille des cellules adipeuses au niveau de l'abdomen (où les cellules sont plus grandes) et au niveau intra-musculaire.

Tableau I : Caractéristiques comparées des mâles entiers, des mâles castrés et des femelles d'âge égal dans l'espèce bovine : en vert, les caractéristiques favorables ; en rouge, les caractéristiques défavorables (source : D'après JUSSIAU, PAPET, 2015)

	Mâles entiers	Mâles castrés	Femelles
Vitesse de croissance journalière	+	=	-
Poids de carcasse	+	=	-
Composition tissulaire			
- Muscles	+	=	-
- Gras	-	=	+
Composition chimique			
- Protéines	+	=	-
- Lipides	-	=	+
Valeur calorifique du gain de poids vif	-	=	+
Couleur des viandes	+	=	-
Tendreté des viandes	-	=	+

iii. L'individu

La sélection génétique a un impact sur la croissance et le développement. Pour une même race et un même sexe, des différences de croissance et développement sont visibles, dues à la sélection sur l'ascendance : les parents. Le but est de faire naître un produit ayant la meilleure génétique, via le croisement de lignées se complétant. L'environnement dans lequel l'animal évoluera joue aussi sur l'expression des caractères.

iv. L'âge

La croissance et le développement sont au maximum au moment de la puberté (paragraphe II.2.a et b). En ce qui concerne le dépôt de gras, il vaudra mieux attendre que l'animal ait atteint l'âge adulte afin de garantir à la viande un certain degré de persillé. Pour les animaux de réforme, l'âge a une importance pour l'engraissement : des vaches âgées (14 ans et plus) auront plus de difficultés à s'engraisser que des vaches de réforme plus jeunes (Cabaraux et al. 2005).

v. L'alimentation

La ration doit être équilibrée tout au long de la vie de l'animal, afin qu'aucune carence ne soit préjudiciable à sa croissance et son développement. En plus des besoins d'entretien, la croissance et le développement nécessitent de couvrir d'autres besoins, appelés besoins de croissance. Avec une ration équilibrée, le bovin pourra gagner rapidement en poids vif. De même, la mère du veau devra couvrir ses besoins d'entretien et ses besoins de lactation. Pour cela, elle doit avoir accès à une quantité d'aliments suffisante, ou présenter des réserves lipidiques sur lesquelles elle pourra puiser.

La prise de colostrum après la naissance est primordiale, car elle apporte des immunoglobulines, des cellules immunitaires, des graisses, des protéines, des minéraux et vitamines essentiels à la mise en place d'une immunité et à sa nutrition. Si la prise colostrale est trop tardive, le veau ne bénéficiera pas des avantages du colostrum, le rendant moins vigoureux et engendrant un risque de mortalité plus élevé ainsi qu'une faible prise de poids.

L'apport énergétique est un facteur important affectant le taux de croissance des bovins de boucherie. De nombreux systèmes ont par ailleurs tendance à sous-estimer les besoins énergétiques à l'entretien des bovins en croissance (Cabezas-Garcia, et al 2021).

Une restriction alimentaire énergétique engendrera une diminution de la vitesse de croissance, favorisant moins le gras comparé aux muscles, et moins les lipides comparé aux protéines (Jussiau 2017).

vi. État de santé

Un bovin malade présentera systématiquement un retard de croissance, quasiment jamais rattrapable. Les conditions d'ambiance telles que le surpeuplement, ou encore une mauvaise ventilation d'un bâtiment entraîneront des problèmes de comportements et maladies respiratoires, d'où l'intérêt de vérifier que les conditions d'ambiance d'un bâtiment soient correctes.

Les indicateurs du bien-être animal sont pluridisciplinaires et comprennent des facteurs liés au logement, à la santé et au confort de chacun des animaux. Une étude a montré que lors d'une période d'adaptation après un changement de bâtiment, des bovins présentaient une augmentation des lésions cutanées, plus de boiteries, une augmentation de l'incidence des maladies respiratoires et une augmentation des leucocytes et des plaquettes à la numération formule sanguine (Masebo et al. 2023).

vii. Conditions d'élevage

Les bovins élevés en système extensif auront tendance à présenter des vitesses de croissance plus faibles que les bovins élevés en système intensif. En effet, la conduite d'élevage extensive nécessite des besoins d'entretien plus élevés, notamment dus à la marche, nécessaire pour avoir accès à l'alimentation et l'eau ainsi qu'aux conditions climatiques.

3. Qualité des viandes

La qualité des viandes regroupe différents critères permettant de satisfaire les besoins des consommateurs.

a. Qualités nutritionnelles

La viande est une source d'alimentation pour l'Homme, afin de couvrir ses besoins nutritionnels. Elle est une source d'apports en protéines, acides-aminés essentiels, minéraux (fer, magnésium, sélénium, ...), et vitamines (Lebret et al. 2015).

Le collagène est responsable d'une baisse de la qualité nutritionnelle d'une viande, comme énoncé dans le paragraphe II.1.b.i. En effet, le collagène est une protéine complexe riche en hydroxyproline considéré comme un acide-aminé non-essentiel (Listrat et al. 2015).

Les muscles riches en myoglobine, reconnaissables par leur couleur rouge, sont riches en fer, essentiel au transport de l'oxygène par les globules rouges, donc essentiel à l'organisme. De plus ce fer est sous une forme hautement absorbable par l'homme.

b. Qualités organoleptiques

Quatre grandes caractéristiques définissent la qualité organoleptique de la viande.

i. La couleur

Nous classons les viandes selon une note allant de zéro (viande blanche) à cinq (viande rouge). La couleur dépend principalement de la quantité de myoglobine dans les muscles, qui elle-même dépend de plusieurs facteurs tels que l'espèce, la race, ou encore l'âge (les veaux ont une teneur en myoglobines moindre comparé aux adultes). Le pH influe également sur la couleur de la viande. D'ailleurs, la couleur d'une viande est la première caractéristique qu'un consommateur prend en compte au moment du choix du morceau (García-Torres, et al 2015).

ii. La flaveur

C'est l'ensemble des sensations olfactives, gustatives et tactiles perçues par l'odorat (arôme) et le goût (saveur) au moment de la consommation d'un aliment. Elle dépend notamment de la race, de l'alimentation et de l'âge (dépôt de persillé). C'est surtout la présence de composés volatils et non volatils dans la viande qui va permettre de déterminer la flaveur. Les composés volatils sont responsables de l'arôme perçu par l'odorat : l'arôme est issu de produits des réactions de Maillard, réaction entre des acides aminés et des sucres. Les composés non volatils sont responsables des saveurs perçues par le goût via la dégradation des lipides (Cassignol 2018).

iii. La tendreté

Elle se caractérise par la facilité à désorganiser la structure d'une viande au cours de la mastication.

Elle dépend de la teneur en collagène du tissu musculaire : comme énoncé dans le paragraphe II.1.b.i, plus une viande est riche en collagène, moins elle est tendre. Le sexe, le type génétique, l'âge ou encore le type de muscle sont des facteurs de variation. Elle dépend également du type de fibres musculaires : les fibres de gros diamètre ont tendance à être moins tendres. De plus, la réfrigération des carcasses et la maturation de la viande vont jouer un rôle. Une viande ne doit pas être refroidie trop rapidement au risque d'engendrer un raccourcissement trop rapide des sarcomères et donc de nuire à sa tendreté. Une viande doit maturer un certain nombre de jours avant de pouvoir être consommée afin de la rendre plus tendre (Cassignol 2018).

iv. La jutosité

Elle se définit comme l'aptitude d'une viande à rendre du jus (ou suc musculaire) au début de la mastication. Elle dépend de la jutosité dite initiale, liée au pouvoir de rétention en eau d'un morceau de viande, et de la jutosité prolongée, liée à la stimulation de la salivation, via la présence de gras intramusculaire. Or, le pouvoir de rétention en eau diminue au cours de la transformation d'une carcasse en viande. Plus une viande est riche en gras intramusculaire, plus elle aura tendance à mieux retenir l'eau.

La cuisson de la viande a alors un rôle primordial : une viande cuite trop longtemps et/ou à température trop haute sera moins juteuse (Cassignol 2018).

c. Qualités technologiques et hygiéniques

i. Qualités technologiques

La qualité technologique traduit l'aptitude de la viande à répondre aux besoins des transformateurs, donc la transformation du muscle en viande. Au moment de l'abattage, les réserves en adénosine-triphosphate (ATP) ne sont pas épuisées, et des fibrillations musculaires seront observables jusqu'à plusieurs heures après la mort de l'animal. Puis vient la rigidité cadavérique, lorsque les réserves en ATP musculaire sont épuisées, c'est à partir de cette étape que la maturation commence. Elle permet l'amélioration de la tendreté et des propriétés gustatives de la viande. Les fibres musculaires vont se rétrécir via un phénomène d'expulsion de l'eau du secteur intracellulaire vers les espaces extracellulaires. La maturation prend effet dès que le pH post-mortem est suffisamment bas (proche de 5,6 à 5,8), et ne fait intervenir aucune intervention bactérienne, qui remettrait en cause la qualité hygiénique de la viande.

La diminution du pH post-mortem est une étape clef, qui peut parfois être responsable de problèmes de maturation des viandes tels que :

- Les viandes Dark, Firm and Dry (DFD) : ce sont les viandes dites « surmenées », car les réserves en glycogène sont insuffisantes, causées par un stress ou un effort physique intense avant l'abattage. Le peu de glycogène est responsable d'un manque d'acidification de la viande, avec un pH qui descend aux alentours de 6,5 maximum. Les protéases acides ne peuvent plus agir, et la maturation de la viande sera par conséquent mauvaise, le muscle va retenir l'eau sans la libérer au moment de la cuisson.
- Les viandes Pale, Soft, Exsudative (PSE) : l'animal subit un stress aigu juste avant l'abattage, et transforme son glycogène en acide lactique. Le pH va descendre trop rapidement alors que la carcasse est encore chaude. Les protéines vont se dénaturer, et l'eau n'est plus retenue.
- Les viandes acides : cette fois-ci, les réserves en glycogène sont trop importantes, souvent dû à un non-respect de la diète hydrique avant abattage. La vitesse de chute du pH est normale, mais le pH ultime est relativement bas (inférieur à 5,5). Une origine génétique en est notamment la cause

ii. Qualités hygiéniques

Une viande ne doit pas présenter de dangers pour le consommateur, qui pourraient rendre ce dernier malade. Les dangers sont divers :

- Dangers biologiques : tels que des bactéries, virus, parasites, prions, toxines
- Dangers chimiques : résidus de médicaments vétérinaires, pesticides,
- Dangers physiques : corps étranger notamment

L'ensemble de ces dangers peut être responsable de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), présentant une importance sur le plan médical, économique et commercial. Ainsi, le rôle des services vétérinaires est primordial afin de déceler chacun de ces dangers au moment de l'inspection ante-mortem et post-mortem.

Bilan du II :

- Croissance et développement soumis au contrôle endocrinien via :
 - Les hormones somatotropes : Effets favorables et défavorables sur la croissance.
 - Les hormones thyroïdiennes : Effets favorables sur la croissance.
 - Les stéroïdes sexuels : effets favorables sur la croissance.
 - Autres hormones : insuline, glucocorticoïdes, ...
- Croissance au sens strict en trois phases : une phase de croissance accélérée, un point d'inflexion et une phase de croissance ralentie. Les facteurs de variation entrant en compte sont :
 - La génétique : veaux de race bouchères ayant une croissance plus rapide que les veaux de race laitières.
 - Le sexe et la castration : Les mâles ont une croissance plus rapide que les femelles, et la castration limite cette croissance via une diminution des stéroïdes sexuels.
 - L'individu : croissances différentes d'un individu à l'autre de même race, notamment soumis aux conditions d'environnement.
 - L'âge : croissance accélérée de la naissance à la puberté.
 - L'alimentation : ration équilibrée pour une croissance maximale et éviter des carences néfastes pour la croissance.
 - L'état de santé : un animal malade présentera un retard de croissance.
 - Les conditions d'élevage : besoins énergétiques des bovins en système extensif plus élevés que ceux élevés en système intensif, donc croissance moins rapide.
- Qualité des viandes définies selon :
 - Les qualités nutritionnelles : source d'alimentation pour l'humain, la viande doit apporter certains nutriments essentiels.
 - Les qualités organoleptiques : la couleur (note allant de 0 à 4 selon la quantité de myoglobines), la flaveur (autrement dit le persillé d'une viande), la tendreté (facilité à désorganiser la structure d'une viande lors de la mastication), la jutosité (aptitude d'une viande à rendre du jus lors de la mastication).
 - Les qualités technologiques : définir les viandes de moins bonnes qualités telles que les viandes acides, DFD et PSE.
 - Les qualités hygiéniques : afin d'écartier de la consommation des dangers physiques, chimiques ou biologiques retrouvés dans une viande.

III. Les systèmes d'élevage extensif et intensif en bovin allaitant, les enjeux face au réchauffement climatique

Aujourd'hui, l'augmentation de la démographie et le changement climatique ne cessent d'évoluer, et les conséquences sur le bétail sont nombreuses : questionnements sur l'approvisionnement et la production des aliments, ressources en eau, événements météorologiques extrêmes (canicules, précipitations irrégulières) responsables de stress thermique, (ré)émergence de maladies, baisse inéluctable de la biodiversité.

Chacun des systèmes d'élevage extensif et intensif présente des points forts et des points faibles face aux questions sur le futur planétaire.

1. Système d'élevage extensif

Un système d'élevage extensif est un système généralement auto-suffisant, ou presque, en ressources naturelles telles que l'eau et l'alimentation. Le taux de charge est faible à modéré, et nécessite de grands espaces verts pour nourrir le bétail. Nous distinguons alors deux grands systèmes (Landais, Balent 1993) :

- Les systèmes pastoraux qui utilisent des parcours, surfaces peu productives où, comme son nom l'indique, les animaux doivent parcourir de longues distances pour se nourrir.
- Les systèmes herbagers, réalisent une culture d'herbe, et les surfaces pâturées nécessitent une marche moindre qu'en parcours.

Les systèmes extensifs sont alors très dépendants de l'environnement, où aucune marge de manœuvre ne peut être établie en cas de problèmes majeurs (Blanc et al. 2010).

a. Avantages

L'élevage utilise 8 % des ressources en eau à l'échelle mondiale, et ce chiffre pourrait être multiplié par deux ou trois d'ici quelques années face au réchauffement climatique (Rodríguez-Hernández et al. 2023). Face à une ressource en eau de moins en moins disponible, les besoins des bovins sont largement inférieurs en élevage extensif : 22 litres par animal et par jour en système extensif contre 38 en système intensif. (Chapagin, Hoekstra 2003).

L'élevage extensif permet la conservation des paysages : alors que les ruminants pâturent et préservent la biodiversité, les prairies permettent aux bovins de se nourrir, à l'image d'une symbiose. Les prairies représentent 3,2 milliards d'hectares (ha) dans le monde, et abritent par conséquent un nombre important d'espèces végétales (Hamidi et al. 2021). La plantation de haies pour apporter de l'ombre au bétail sert de couloirs écologiques.

Une étude a montré que sur des systèmes d'élevages extensifs à base d'herbe et de fourrages, le pâturage de résidus d'herbe plus hauts engendre une augmentation du gain de poids vif (Doyle et al. 2021).

L'achat de concentrés est en général faible voire inexistant, permettant de diminuer les coûts d'alimentation (Wetlesen et al. 2020).

Même si les carcasses sont plus légères à l'abattoir, la qualité de viande est similaire à un système d'élevage intensif (McGee et al. 2022).

b. Inconvénients

Réaliser un pâturage sur des résidus d'herbe plus hauts demande automatiquement un besoin en surfaces de pâturage plus important, qui ne cadre pas forcément avec le présent, où les surfaces agricoles sont de moins en moins nombreuses (Doyle et al. 2021).

La nécessité de se déplacer pour trouver les ressources alimentaires augmente les besoins énergétiques à l'entretien et donc représente un gaspillage de ressources alimentaires.

Le réchauffement climatique est responsable d'une augmentation moyenne des températures, qui pourrait atteindre +0,3 à +4,8°C d'ici 2100. Or, la zone de confort thermique des bovins est comprise entre -5°C et +20°C. En dehors de cette zone, l'animal est alors en stress thermique, et devra s'acclimater via diverses solutions telle qu'une diminution de la consommation d'aliments, une augmentation de la consommation en eau, une modification des fonctions physiologiques (mise à la reproduction plus difficile), engendrant de grosses pertes économiques pour l'éleveur (Rodríguez-Hernández et al. 2023) ou des changements plus radicaux tels que changer des races pour élever des zébus ou d'espèce pour élever des chèvres.

L'élevage à l'extérieur autorise des contacts entre bovins et faune sauvage. Par ailleurs, l'augmentation des températures est également responsable des proliférations bactériennes, des maladies (ré)émergentes apparaissent, et pour certaines elles sont transmissibles entre différentes espèces animales voire à l'homme. C'est le cas de la Brucellose dans les Alpes, portée par les troupeaux de

bouquetins, et ayant contaminé les troupeaux de bovins en estive en France l'été 2022, nécessitant l'abattage total des bovins avec pour conséquences des pertes économiques énormes pour les éleveurs.

2. Système d'élevage intensif

Un système d'élevage intensif n'est pas auto-suffisant, ce qui nécessite l'achat d'intrants afin de pouvoir nourrir correctement l'ensemble du bétail. Le taux de charge est relativement élevé, les animaux passent majoritairement leur temps à l'intérieur de bâtiments, ou sortent sur de petites parcelles autour du bâtiment la journée. Ainsi, les quelques pâtures servent à la réalisation de fourrages qui seront stockés ou vendus.

A la fin de la seconde guerre mondiale, le développement de la mécanisation et l'expansion de la population mondiale a mené à revoir nos systèmes d'élevage vers un modèle d'élevage intensif afin de produire plus, plus rapidement et sur des surfaces moindres.

Un système semi-intensif a recours moins souvent aux bâtiments d'élevage par rapport à un élevage intensif, mais l'achat d'intrants est nécessaire par rapport à des systèmes d'élevage extensifs.

a. Avantages

Au vu du réchauffement climatique et de l'augmentation des températures, les modèles d'élevages intensifs permettent aux bovins de ne jamais être en acclimatation à la suite d'un stress thermique parce que les bâtiments sont adaptés à des hivers rigoureux et bientôt à des étés chauds. Les bâtiments devraient être étudiés afin de fournir une ventilation suffisante sans laisser passer les courants d'air. Certains bâtiments d'élevage sont équipés de ventilateurs, de brumisateurs afin de faire face aux fortes chaleurs.

La population mondiale ne cesse d'augmenter, et pour répondre à une demande croissante en produits carnés, le modèle d'élevage intensif pourrait être une alternative afin de répondre aux besoins.

Les animaux ne sont pas en contact avec d'autres troupeaux ou des espèces différentes, donc la transmission de maladies est limitée à l'échelle de l'élevage.

b. Inconvénients

L'intensification de l'élevage a laissé à l'abandon des agrosystèmes, ce qui est responsable d'une expansion des forêts et garrigues, qui dans un contexte de réchauffement climatique, engendrent des incendies plus fréquents, donc une déforestation non contrôlée à laquelle s'ajoute une diminution de la biodiversité (Rodríguez-Hernández et al. 2023).

L'intensification, du fait d'un taux de charge relativement élevé, nécessite une consommation d'aliments par le bétail importante, et notamment via l'achat d'intrants (maïs, colza, soja) qui sont également une ressource alimentaire humaine. Nous délaissions les agrosystèmes qui pourraient être une alternative à une ressource alimentaire de plus en plus problématique (Rodríguez-Hernández et al. 2023).

Les systèmes d'engraissement intensifs semblent moins respecter le bien-être animal (BEA), notamment au moment des périodes d'adaptation. Les bovins présentent des lésions cutanées, des boiteries, et l'incidence de maladies respiratoires augmente. La numération formule sanguine a permis de mettre en évidence une augmentation des leucocytes et des plaquettes, laissant sous-entendre une réaction du système immunitaire face à des animaux malades. Ces systèmes utilisent une alimentation riche en concentrés, responsables de problèmes tels qu'une acidose ruminale, et le surpeuplement peut être la conséquence de problèmes comportementaux ainsi que de problèmes de dominance avec un accès à l'alimentation plus difficile pour les bovins les plus dominés (Masebo et al. 2023).

Bilan du III :

- Système extensif = auto-suffisant en ressources naturelles, taux de charge faible à modéré, nécessite de grands espaces verts pour nourrir le bétail.
 - Avantages : besoins en eau des bovins inférieur comparé aux systèmes intensifs, entretien et conservation des paysages, diminution de l'achat de concentrés, qualités de viandes similaires aux systèmes intensifs.
 - Inconvénients : demande beaucoup d'hectares par tête de bétail, besoin énergétique des bovins augmenté pour avoir accès à l'alimentation, stress thermique non contrôlé, maladies en lien avec la faune sauvage (brucellose).

- Système intensif = non-auto-suffisant, achat d'intrants nécessaires, taux de charge élevé, animaux quasi-exclusivement en bâtiments d'élevage.
 - Avantages : stress thermique contrôlé via l'adaptation des bâtiments aux conditions climatiques, modèle le plus à même de pouvoir répondre aux besoins nutritionnels d'une population mondiale en constante évolution, limite la transmission de maladies entre élevages et vers la faune sauvage.
 - Inconvénients : expansion des forêts et garrigues engendrant des feux de forêt de taille importante, achat d'intrants obligatoire pour répondre aux besoins des animaux, questionnements quant au respect du bien-être animal.

PARTIE 2 : ÉTUDE OBSERVATIONNELLE

I. Contexte

La race Aubrac est réputée pour être une race à viande autonome, élevée de façon extensive sur de grandes surfaces de prairies naturelles.

Il existe deux grands systèmes d'élevage dans le berceau de la race Aubrac.

Les élevages extensifs réalisent des vêlages sur la période automne-hiver, lorsque les vaches sont rentrées en stabulation, et les sortent en estive (pâturage d'été en montagne) généralement de fin avril à fin octobre. L'achat d'intrants est limité voire nul. En effet, d'une part la fertilisation des sols est quasi nulle car plus de 90% des terres du plateau de l'Aubrac sont considérées comme des prairies naturelles, et d'autre part l'achat de minéraux ou céréales pour les animaux est très limité. Ces systèmes sont donc très dépendants de la croissance de l'herbe et n'ont que peu de possibilités pour compenser en cas de problème climatique.

Les élevages semi-intensifs réalisent également des vêlages sur la période automne-hiver, mais au printemps, les vaches et leurs veaux ne montent pas en estive sur le plateau de l'Aubrac, et restent sur des prairies situées en plaine, dont l'herbe est riche, et bénéficient très généralement d'apport d'aliments complémentaires à l'aide de nourrisseurs (distributeurs de concentrés directement au pré). L'achat d'intrants est relativement important comparé aux systèmes extensifs (achat d'engrais pour la fertilisation des sols, achat de céréales pour mettre à disposition dans les nourrisseurs en plaine).

Le but de notre étude était de déterminer si le système d'élevage (extensif ou semi-intensif) pouvait avoir un effet significatif sur les performances des animaux (GMQ des jeunes). Chez les bovins, les mâles présentent très généralement des GMQ plus élevés que les femelles, il était donc intéressant de déterminer si le sexe avait une interaction avec le système d'élevage.

II. Matériel et méthodes

Cette étude a été réalisée dans les départements de l'Aveyron et de la Lozère, durant l'année 2021.

1. Mesures

Les performances de jeunes bovins ont été évaluées à partir des mesures de Gain Moyen Quotidien (GMQ). Plusieurs GMQ ont été pris en compte : le GMQ entre 0 et 120 jours (période servant à indexer la qualité laitière de la mère), entre 120 et 210 jours (période servant à indexer la croissance du veau) ou sur l'ensemble de la période entre 0 et 210 jours.

2. Animaux et élevages

Dans notre étude, nous avons recueilli les poids et calculé les GMQ de 632 bovins de pure race Aubrac. Ces données ont été récoltées par les chambres d'agriculture de la Lozère et de l'Aveyron, dans le cadre des contrôles de performance qu'ils proposent aux éleveurs via le service Bovins Croissance.

Les vêlages ont préférentiellement eu lieu en fin d'automne, début d'hiver lorsque les vaches sont en bâtiment, afin de permettre à l'éleveur une surveillance plus aisée des mises-bas, même si la race Aubrac est réputée pour sa facilité de vêlage. Quelques exceptions étaient possibles pour certains élevages (un seul dans notre étude), qui possédait des lots dont les vêlages ont eu lieu au printemps. Les bâtiments d'élevage étaient soit des étables entravées, soit des stabulations libres sur paille.

A la naissance, les veaux ont été pesés, puis n'ont reçu que le lait de leur mère durant toute la période hivernale. Ils ont été à nouveau pesés vers 120 jours, pour les deux types de systèmes étudiés. Un premier GMQ entre 0 et 120 jours a alors été établi, servant à indexer la qualité laitière de la mère.

Pour les systèmes d'élevages extensifs, le début de la transhumance (montée en estive, sur des prairies en montagne) eut lieu au printemps, les veaux ont profité d'une herbe jeune et riche, en plus du lait. Ils sont restés en estive jusqu'à fin octobre, début novembre avant de redescendre dans les bâtiments d'élevage. La seconde pesée a généralement lieu une fois les broutards à nouveau au bâtiment, afin de déterminer le poids à 210 jours (voir II.3).

Pour les élevages semi-intensifs, les troupeaux ne sont pas montés en estive, mais ont pu profiter d'une herbe de plaine, et les veaux et/ou les mères étaient

complémentés avec de l'aliment concentré via un nourrisseur. Les veaux ont une nouvelle fois été pesés pour établir le poids à 210 jours et le GMQ entre 120 et 210 jours, servant à établir le potentiel de croissance du veau.

Enfin, quel que soit le système d'élevage, les veaux ont soit été vendus pour l'export, soit été engraisés quelques mois avant d'être abattus sous un SIQO.

Les critères d'inclusion pour cette étude étaient donc les suivants :

- Veaux de pure race Aubrac.
- Élevages adhérents au contrôle de performance de type VA4 (voir II.3)
- Bovins ayant des résultats de pesées à 0, 120 et 210 jours.
- Pour les élevages en conduite extensive, estive sur le plateau de l'Aubrac.
- Pour les élevages en conduite semi-intensive, mise en place ou non d'un nourrisseur.

3. Le contrôle de performance VA4

Tous les élevages de l'étude étaient adhérents au contrôle de performance VA4. Les objectifs de ce système sont d'établir un contrôle officiel des performances pour évaluer la génétique des troupeaux. Le but est de disposer des performances individuelles des bovins, d'évaluer leur génétique afin de choisir les meilleurs reproducteurs et de pouvoir, à terme, augmenter les performances pour chaque race.

Ce système prévoit des pesées régulières des veaux avant le sevrage, pesées à 0 jour, autour de 120 jours et autour de 210 jours, et le pointage des veaux entre 4 et 12 mois d'âge par un technicien formé et agréé pour une race donnée. Le technicien calcule alors des résultats après chaque pesée, les Poids Age Type (PAT) à 120 et 210 jours (voir partie II.3) afin de comparer les animaux sur des tranches d'âge similaires.

Le contrôle de performance VA4 existait encore en 2021, mais a été remplacé aujourd'hui par des « Packs », qui correspond toujours à la collecte de données en ferme, mais dans l'espoir de séduire plus d'éleveurs car ils sont moins contraignants.

4. Matériel, récolte et traitement des données

a. Le matériel

Les pesées ont été réalisées soit par des techniciens agréés de la chambre d'agriculture, soit par les éleveurs ayant suivi une formation au préalable.

Concernant la réalisation des pesées, une des possibilités était le fait que l'éleveur possédait une balance dans son élevage, dont la conformité avait été vérifiée au préalable, et réalisait ses pesées lui-même ou avec l'aide d'un technicien. Sinon, le technicien se déplaçait sur l'élevage avec une balance dont la conformité avait également été vérifiée, et réalisait les pesées seul.

Le PAT permet d'expliquer la croissance d'un animal, via des pesées réalisées à des âges donnés. En général, on souhaite connaître le PAT à 120 jours, servant à indexer la croissance pré-sevrage du veau et notamment la qualité laitière de la mère, et le PAT 210 jours, afin de connaître la croissance avant sevrage du veau.

De façon générale, les pesées ne sont que très rarement réalisées aux âges souhaités, mais plutôt faites à des âges connus et des calculs sont faits pour obtenir le poids aux âges voulus avec la plus grande précision possible.

Nous utilisons deux pesées pour calculer un poids à un âge voulu : une pesée proche de l'âge voulu sera corrigée par une seconde pesée. Pour que ces valeurs soient le plus juste possible, la période entre les pesées ne doit pas être trop longue ni trop courte.

Aujourd'hui, nous pouvons nous passer de réaliser une pesée pour tous les veaux à la naissance, et privilégier le tour de poitrine qui est moins contraignant à réaliser (Jussiau, Papet 2015).

b. Récolte des données

Les données se présentaient sous la forme d'un document d'élevage, nommé Dossier Étable Production (DEP), issu d'un travail commun entre les chambres d'agriculture et les services Bovins croissance de la Lozère et de l'Aveyron. Figuraient sur ces résultats et pour chaque bovin les GMQ et PAT à 120 et 210 jours, le sexe, la filiation, le pointage des veaux.

c. Traitement des données

Le tri des élevages a été effectué par les chambres d'agriculture de l'Aveyron et de la Lozère, pour lesquels nous avons demandé des élevages estivant sur le plateau de l'Aubrac en système extensif, et des bovins avec ou sans nourrisseur mais ne montant pas en estive pour les élevages en système semi-intensif. Les données ayant été anonymisées dès leur réception, nous n'avons pas pu interroger les éleveurs sur le fonctionnement et l'organisation du travail sur l'exploitation. Il figurait seulement sur les DEP, le système dans lequel ils appartenaient. Après réception des documents d'élevage par les chambres d'agriculture, un nouveau tri a été réalisé selon les critères d'inclusion cités au-dessus. Grâce aux codes race, tous les bovins non-issus de pères et mères race Aubrac (code 14) n'ont pas été gardés pour l'étude. De même, nous avons sélectionné seulement les bovins pour lesquels des pesées à 0, 120 et 210 jours avaient été effectuées.

5. Paramètres pris en compte et choix des modèles statistiques

a. Présentation des facteurs fixes, des facteurs aléatoires et des variables à expliquer

Toutes les données récoltées ont été entrées dans un fichier Excel, et traitées à l'aide du logiciel RStudio. Le fichier Excel a permis de créer la table, dans laquelle sept variables ont été enregistrées. Ensuite, un export a été réalisé sur Rstudio afin de pouvoir réaliser les calculs de moyennes et intervalles de confiance, les tests de comparaison de moyennes, et les modèles statistiques adéquats.

Les variables utilisées sont les suivantes :

- Les facteurs fixes : toutes les modalités étudiées sont testées dans l'expérimentation. Les effets de ces facteurs sont supposés prévisibles d'une expérience à une autre. Dans notre étude, les facteurs fixes étaient :
 - « sexe » : variable qualitative à deux modalités : Mâle ou Femelle.
 - « système d'élevage » : variable qualitative à deux modalités : Intensif ou Extensif.

- Les facteurs aléatoires : seulement un échantillon aléatoire des modalités du facteur est testé dans l'étude. Les effets de ce facteur sont supposés imprévisibles d'une expérience à une autre. Dans notre étude, les effets aléatoires étaient les suivants :
 - « élevage » : variable qualitative à 11 modalités : de E01 à E11.
 - « lot » : variable qualitative à 15 modalités, imbriquée dans la variable « élevage » : de L01 à L15.
- Les variables à expliquer, qui étaient :
 - « gmq_120 » : variable quantitative correspondant au GMQ de 0 à 120 jours.
 - « gmq_210 » : variable quantitative correspondant au GMQ de 120 à 210 jours.
 - « gmq_tot » : variable quantitative correspondant au GMQ de 0 à 210 jours.

b. Tests utilisés

Tout d'abord, nous avons commencé par faire un état des lieux de nos variables à expliquer, à savoir le GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours. Des moyennes et intervalles de confiance ont été calculés, et des tests de Student ont permis de déterminer si un effet significatif se dégageait.

Puis, nous nous sommes intéressés à nos variables à expliquer en tenant compte des effets fixes et aléatoires à l'aide de modèles linéaires mixtes. Les trois modèles étaient les suivants :

- $M1 \leftarrow \text{lmer}(\text{gmq_120} \sim \text{systeme} * \text{sexe} + (1 | \text{lot}))$
- $M2 \leftarrow \text{lmer}(\text{gmq_210} \sim \text{systeme} * \text{sexe} + (1 | \text{lot}))$
- $M3 \leftarrow \text{lmer}(\text{gmq_tot} \sim \text{systeme} * \text{sexe} + (1 | \text{lot}))$

Ce choix de modèle linéaire mixte a été fait sur la présence de facteurs aléatoires que sont la variable « élevage » et la variable « lot ».

Le choix des modèles a été permis via la méthode de vraisemblance restreinte (REML) et des critères d'informations d'Akaike (AIC). Cela permet de déterminer le modèle le plus simple à partir de la formule de départ (Stefaniak 2018).

Le graphique des résidus ainsi que le diagramme quantile-quantile de chacun des modèles ont été réalisés afin de vérifier nos hypothèses.

Les graphiques ont été réalisés via le package « ggplot2 » et « sjplot » de RStudio.

Pour chaque modèle, nous avons vérifié que les résidus étaient distribués aléatoirement suivant une loi normale de variance constante, et que les effets aléatoires suivaient également une loi normale.

III. Résultats

La répartition des mâles et femelles dans chaque élevage est représentée dans la figure 11 ci-dessous :

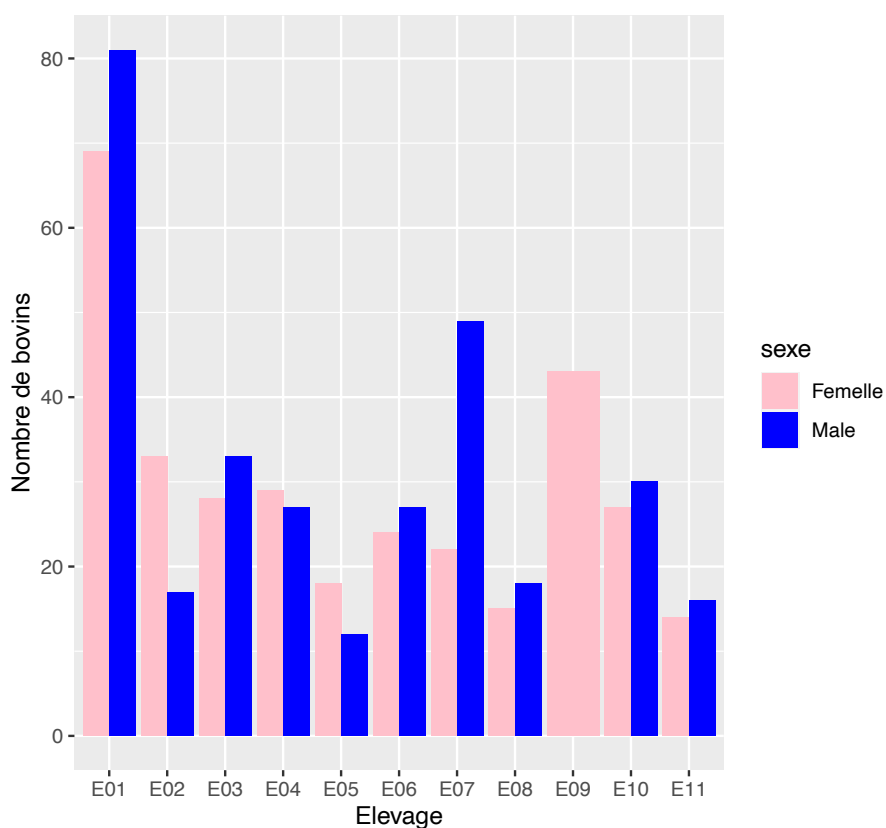


Figure 11 : Répartition des bovins mâles et femelles dans les élevages de l'étude

1. État des lieux du GMQ dans notre étude

a. Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours

Nous avons réalisé le calcul des moyennes et des intervalles de confiance (IC) autour des moyennes, qui donnent les résultats présentés dans le tableau II ci-dessous :

Tableau II : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours

	GMQ de 0 à 120 jours	GMQ de 120 à 210 jours	GMG de 0 à 210 jours
Moyennes et IC	987,5 g/j IC = [974,5 ; 1000,4]	1032,0 g/j IC = [1020,2 ; 1043,4]	1009,8 g/j IC = [998,1 ; 1021,4]

La normalité des données du GMQ a été vérifiée. Le test de comparaison de moyennes a permis de démontrer que les valeurs du GMQ de 0 à 120 jours sont significativement différentes des valeurs du GMQ de 120 à 210 jours et de 0 à 210 jours ($p\text{-value} = 2.2e-16 < 0,05$). Ainsi, les valeurs du GMQ augmentent entre 0 à 120 jours et 120 à 210 jours.

b. Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du sexe

Les moyennes et IC des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du sexe ont été reportés dans le tableau III ci-dessous :

Tableau III : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du sexe, avec N = nombre de bovins dans chaque groupe

	GMQ de 0 à 120 jours	GMQ de 120 à 210 jours	GMQ de 0 à 210 jours
Mâles	1022,9 g/j IC = [851,6 ; 1194,2] (N = 310)	1098,3 g/j IC = [950,2 ; 1246,4] (N = 310)	1060,9 g/j IC = [908,6 ; 1213,2] (N = 310)
Femelles	953,3 g/j IC = [799,8 ; 1106,8] (N = 322)	967,7 g/j IC = [851,2 ; 1084,2] (N = 322)	960,5 g/j IC = [831,5 ; 1089,5] (N = 322)

La normalité des données a été vérifiée. Le test de Student a permis de montrer qu'une différence significative existe entre les mâles et femelles concernant le GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours (p -value = < 0,05). Les femelles présentent toujours des GMQ plus faibles.

c. Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du système d'élevage

Les moyennes et IC des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du système d'élevage ont été reportés dans le tableau IV ci-dessous.

Tableau IV : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours selon le système d'élevage, avec N = nombre de bovins dans chaque groupe

	GMQ de 0 à 120 jours	GMQ de 120 à 210 jours	GMQ de 0 à 210 jours
Semi-intensif	962,2 g/j IC = [779,3 ; 1145,1] (N = 218)	1025,9 g/j IC = [863,9 ; 1187,9] (N = 218)	994,4 g/j IC = [830,1 ; 1158,7] (N = 218)
Extensif	1000,7 g/j IC = [845,7 ; 1155,7] (N = 414)	1034,9 g/j IC = [894,6 ; 1175,2] (N = 414)	1017,9 g/j IC = [877,3 ; 1158,5] (N = 414)

La normalité des données a été vérifiée. D'après le test de Student, il n'y a pas de différence significative entre les différents systèmes d'élevage concernant les GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours (p-value > 0,05).

d. Moyennes des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du système d'élevage et du sexe

Les moyennes et IC des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en fonction du système d'élevage et du sexe ont été reportés dans le tableau V ci-dessous.

Tableau V : Moyennes et intervalles de confiance à 95 % des GMQ de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours selon le système d'élevage et le sexe, avec N = nombre de bovins dans chaque groupe

	GMQ de 0 à 120 jours	GMQ de 120 à 210 jours	GMQ de 0 à 210 jours
Femelles en système extensif	978,0 g/j IC = [832,2 ; 1123,8] (N = 236)	981,8 g/j IC = [868,2 ; 1095,4] (N = 236)	979,7 g/j IC = [855,1 ; 1104,3] (N = 236)
Femelles en système semi-intensif	885,5 g/j IC = [731,1 ; 1039,9] (N = 86)	929,4 g/j IC = [812,8 ; 1046,0] (N = 86)	907,8 g/j IC = [781,0 ; 1034,6] (N = 86)
Mâles en système extensif	1030,9 g/j IC = [868,9 ; 1192,9] (N = 178)	1105,4 g/j IC = [963,9 ; 1246,9] (N = 178)	1068,4 g/j IC = [923,4 ; 1213,4] (N = 178)
Mâles en système semi-intensif	1012,2 g/j IC = [829,0 ; 1195,4] (N = 132)	1088,8 g/j IC = [932,1 ; 1230,3] (N = 132)	1050,8 g/j IC = [889,0 ; 1212,6] (N = 132)

2. Résultats du GMQ de 0 à 120 jours

Premièrement, regardons les tendances qui se dégagent du graphe (figure 12 ci-dessous) illustrant le GMQ de 0 à 120 jours en fonction des effets fixes et aléatoires du modèle :

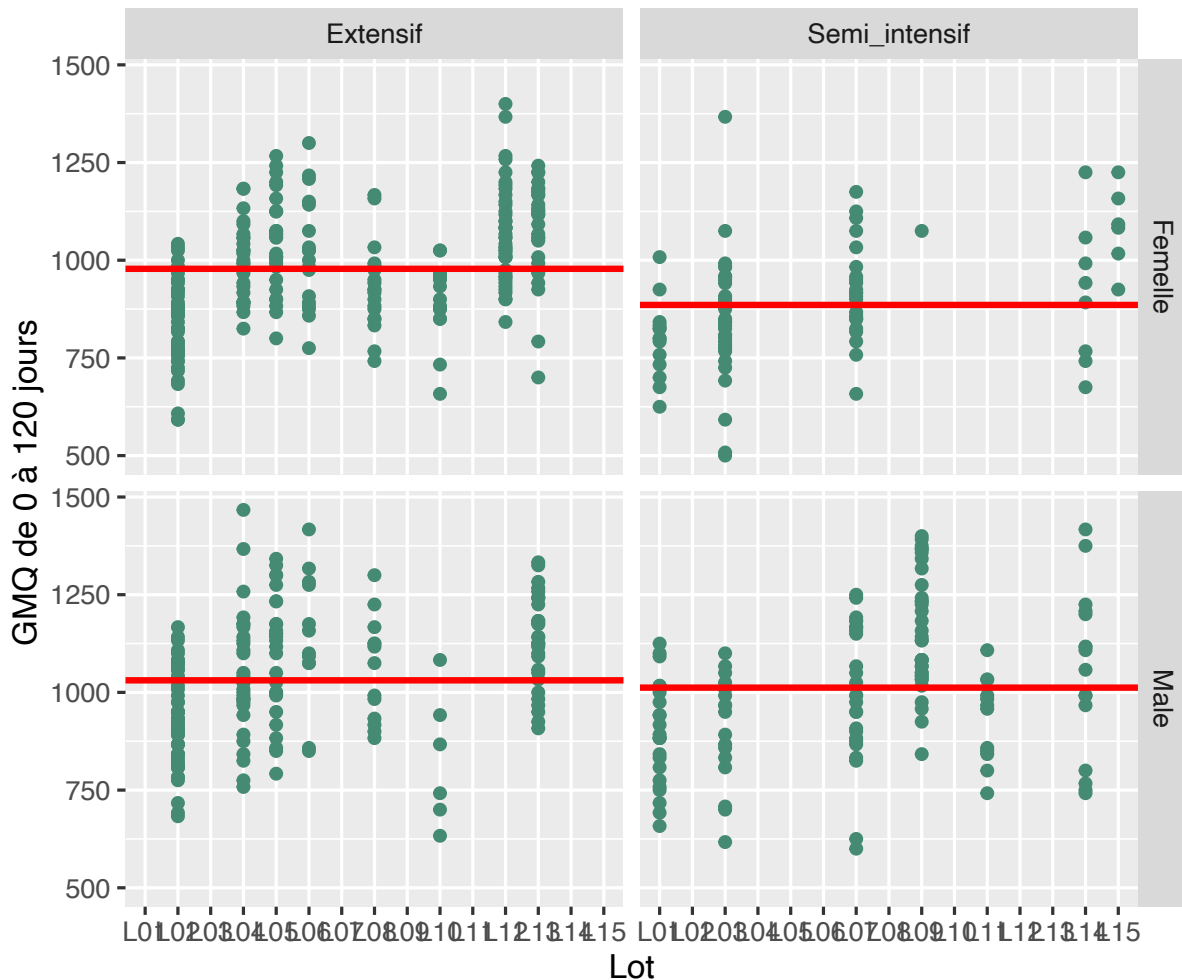


Figure 12 : Graphe illustrant le GMQ de 0 à 120 jours en fonction du sexe, du système d'élevage et du lot, moyennes pour chaque groupe représentées en rouge

Si nous regardons en détail le graphe, nous pouvons voir que les moyennes des GMQ des mâles dans les deux systèmes semblent supérieures aux moyennes des femelles, et que les moyennes en système extensif semblent supérieures aux moyennes en système semi-intensif.

Afin de déterminer si le sexe et/ou le système d'élevage ont un effet significatif sur le GMQ à 120 jours, nous avons retenu le modèle statistique suivant : « $M1 \leftarrow \text{lmer}(\text{gmq}_{120} \sim \text{systeme} * \text{sexe} + (1|\text{lot}), \text{data} = d) \right\rangle$ ».

La distribution des résidus est graphiquement vérifiée (annexe 1).

Les caractéristiques du modèle sont présentées dans le tableau VI ci-dessous :

Tableau VI : Caractéristiques du modèle linéaire mixte du GMQ moyen de 0 à 120 jours : effets du système d'élevage et du sexe

Modèle choisi	Paramètre	Estimation	Intervalle de confiance
gmq_120 ~ systeme*sexe + (1 lot)	Intercept	982,9	[915,8 ; 1049,8]
	Semi-intensif	-57,4	[-158,6 ; 44,4]
	Male	69,2	[41,6 ; 96,7]
	Intensif : Male	17,5	[-32,2 ; 67,2]

L'intercept correspond au GMQ moyen de 0 à 120 jours d'un bovin femelle en système extensif (982,9 gramme/jour).

Les bovins en système semi-intensif produisent en moyenne 57,4 g/j en moins de GMQ que ceux en système extensif, quel que soit le sexe.

Les **mâles** produisent en moyenne **69,2 g/j en plus de GMQ** (IC = [41,6 ; 96,7]) que les femelles.

L'interaction entre le sexe mâle et le système semi-intensif conduit à une augmentation moyenne de 17,5 g/j de GMQ par rapport aux femelles en système semi-intensif.

Pour qu'un résultat soit significatif, son intervalle de confiance ne doit pas contenir la valeur zéro (figure 13 ci-dessous) :

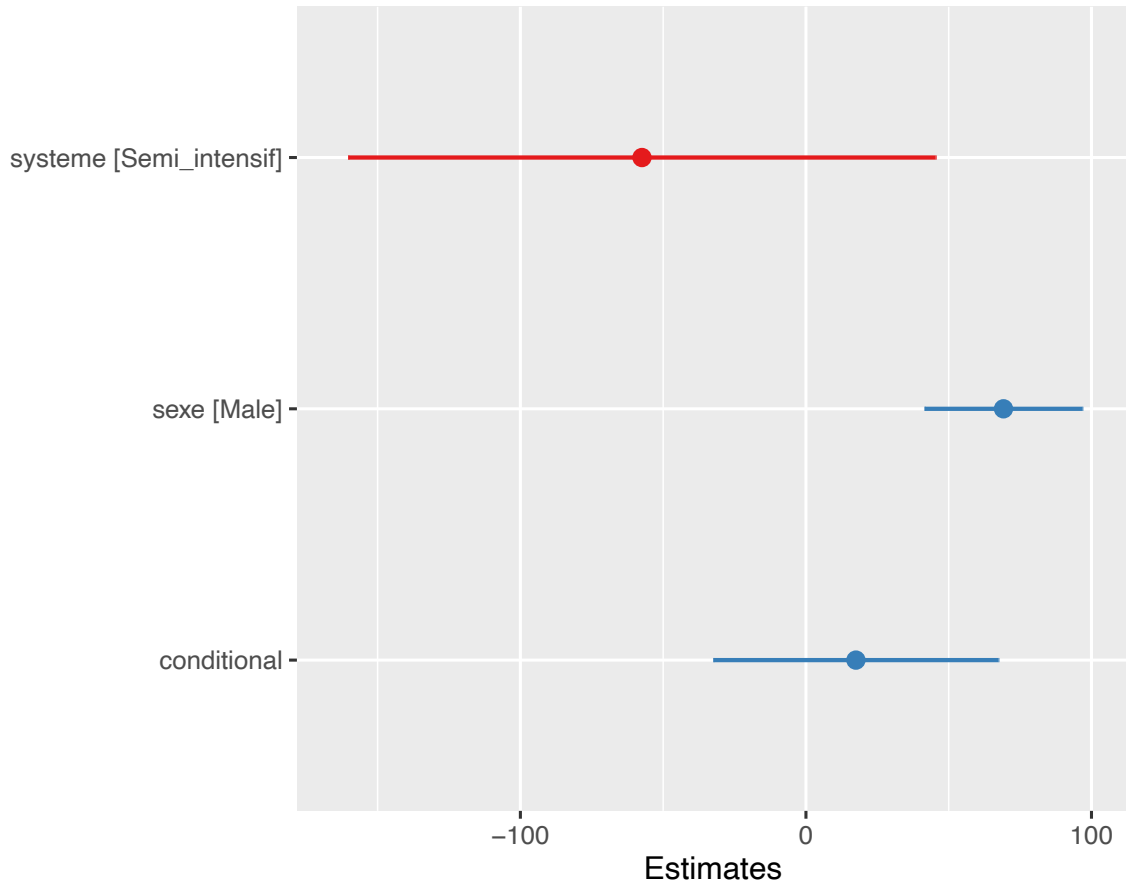


Figure 13 : Graphe des intervalles de confiance à 95 % des effets fixes du modèle

Le système d'élevage et l'interaction entre le sexe et le système n'ont pas d'effet significatif, seul le sexe a un effet significatif sur le GMQ.

Il faut également s'intéresser aux effets aléatoires du modèle (Tableau VII ci-dessous) :

Tableau VII : Estimations, intervalles de confiance à 95 % et coefficient de corrélation intra-classes (ICC) des effets aléatoires du modèle

Effets aléatoires	Estimation	Intervalle de confiance	ICC
Lot	93,9	[60,2 ; 133,8]	0,33
Résidus	134,4	[127,0 ; 142,0]	

Les écarts-types intra-lot et inter-lot sont respectivement estimés à 134,4 et à 93,9. D'après l'ICC, on peut considérer que le GMQ des bovins est plus homogène entre les lots qu'à l'intérieur des lots.

En conclusion, même si l'on n'exclut pas un effet du système d'élevage (GMQ en système semi-intensif légèrement plus faible qu'en système extensif) et une interaction entre le système d'élevage et le sexe (GMQ des mâles en système semi-intensif légèrement plus élevé que le GMQ des femelles en système semi-intensif), le seul effet qui apparaît significatif est celui du sexe : les mâles ont un GMQ plus élevé que les femelles sur la période de 0 à 120 jours.

3. Résultats du GMQ de 120 à 210 jours

Nous avons commencé par regarder les tendances qui se dégagent via le graphe (figure 14 ci-dessous) du GMQ de 120 à 210 en fonction des effets fixes et aléatoires du modèle.

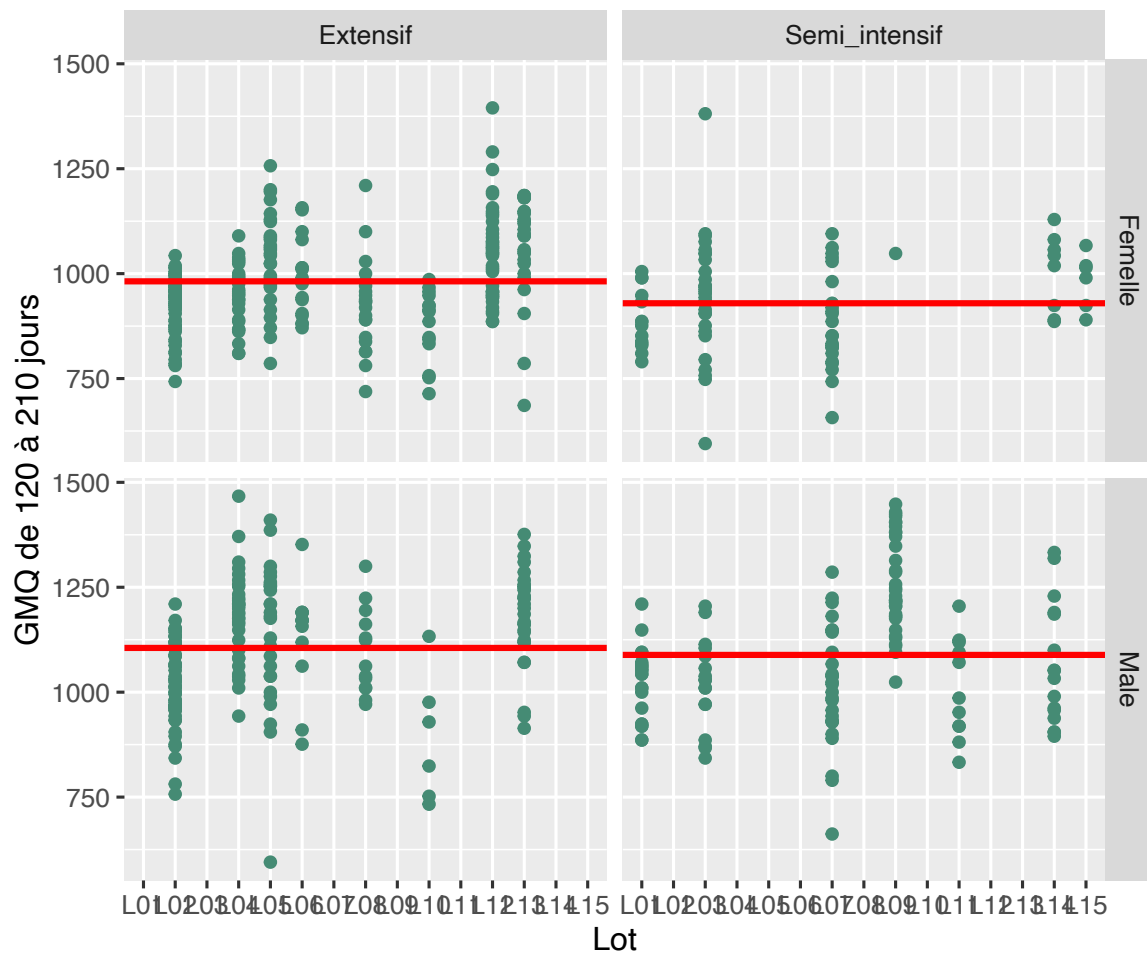


Figure 14 : Graphe illustrant le GMQ de 120 à 210 jours en fonction du sexe, du système d'élevage et du lot, moyennes pour chaque groupe représentées en rouge

Nous pouvons ainsi voir via ce graphe qu'encore une fois, les mâles semblent avoir de meilleurs GMQ de 120 à 210 jours que les femelles. Une légère tendance concernant le système d'élevage se dégage, avec un GMQ moyen qui semble meilleur en système extensif plutôt qu'en semi-intensif.

Afin de valider nos hypothèses établies via le graphe, nous avons établi le modèle linéaire mixte suivant : « $M2 \leftarrow \text{lmer}(\text{gmq_210} \sim \text{systeme} * \text{sexe} + (1 | \text{lot}), \text{data} = \text{d})$ ».

La distribution des résidus est graphiquement vérifiée (annexe 2).

Les caractéristiques du modèle sont présentées dans le tableau VIII ci-dessous :

Tableau VIII : Caractéristiques du modèle linéaire mixte du GMQ de 120 à 210 jours : effet du système d'élevage et du sexe

Modèle choisi	Paramètre	Estimation	Intervalle de confiance
Gmq_210~ systeme*sexe + (1 lot)	Intercept	978,0	[922,0 ; 1033,9]
	Semi-intensif	-14,2	[-98,6 ; 70,8]
	Male	130,4	[107,4 ; 153,4]
	Intensif : Male	-22,4	[-63,6 ; 19,6]

L'intercept correspond au GMQ moyen de 120 à 210 jours d'un bovin femelle en système extensif (978,0 g/j).

Les bovins en système semi-intensif produisent en moyenne 14,2 g/j en moins de GMQ que ceux qui sont élevés en système extensif.

Les **mâles** produisent en moyenne **130,4 g/j en plus** de GMQ (IC = [107,4 ; 153,4]) que les femelles.

Un mâle en système semi-intensif produit en moyenne 22,4 g/j en moins de GMQ qu'une femelle en système semi-intensif.

Observons à présent les intervalles de confiance des effets fixes du modèle (figure 15 ci-dessous) :

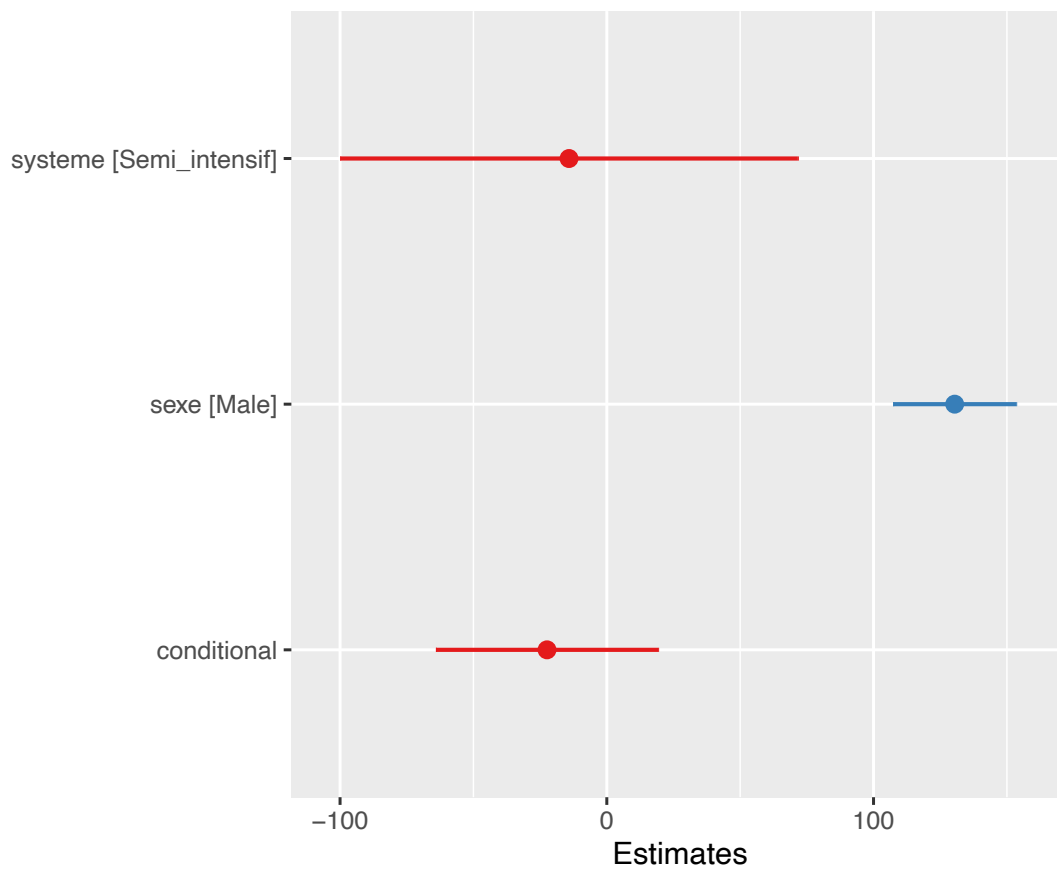


Figure 15 : Graphe des intervalles de confiance à 95% des effets fixes du modèle

Nous pouvons donc conclure qu'il existe un effet significatif du sexe mâle (GMQ des bovins mâles plus élevé que celui des femelles). Cependant, le système d'élevage et l'interaction sexe/système n'ont pas d'effet significatif sur le GMQ de 120 à 210 jours.

Observons la variabilité liée aux effets aléatoires (tableau IX ci-dessous) :

Tableau IX : Estimations et intervalles de confiance à 95 % des effets aléatoires du modèle

Effets aléatoires	Estimation	Intervalle de confiance	ICC
Lot	78,3	[50,9 ; 111,1]	0,35
Résidus	112,1	[106,0 ; 118,5]	

Les écarts-types intra-lot et inter-lot sont respectivement estimés à 112,1 et 78,3. D'après l'ICC, nous pouvons considérer que le GMQ des bovins est plus homogène entre les lots qu'à l'intérieur des lots.

4. Résultats du GMQ de 0 à 210 jours

Voici le graphe du GMQ de 0 à 210 jours en fonction des effets fixes et aléatoires du modèle (figure 16 ci-dessous) :

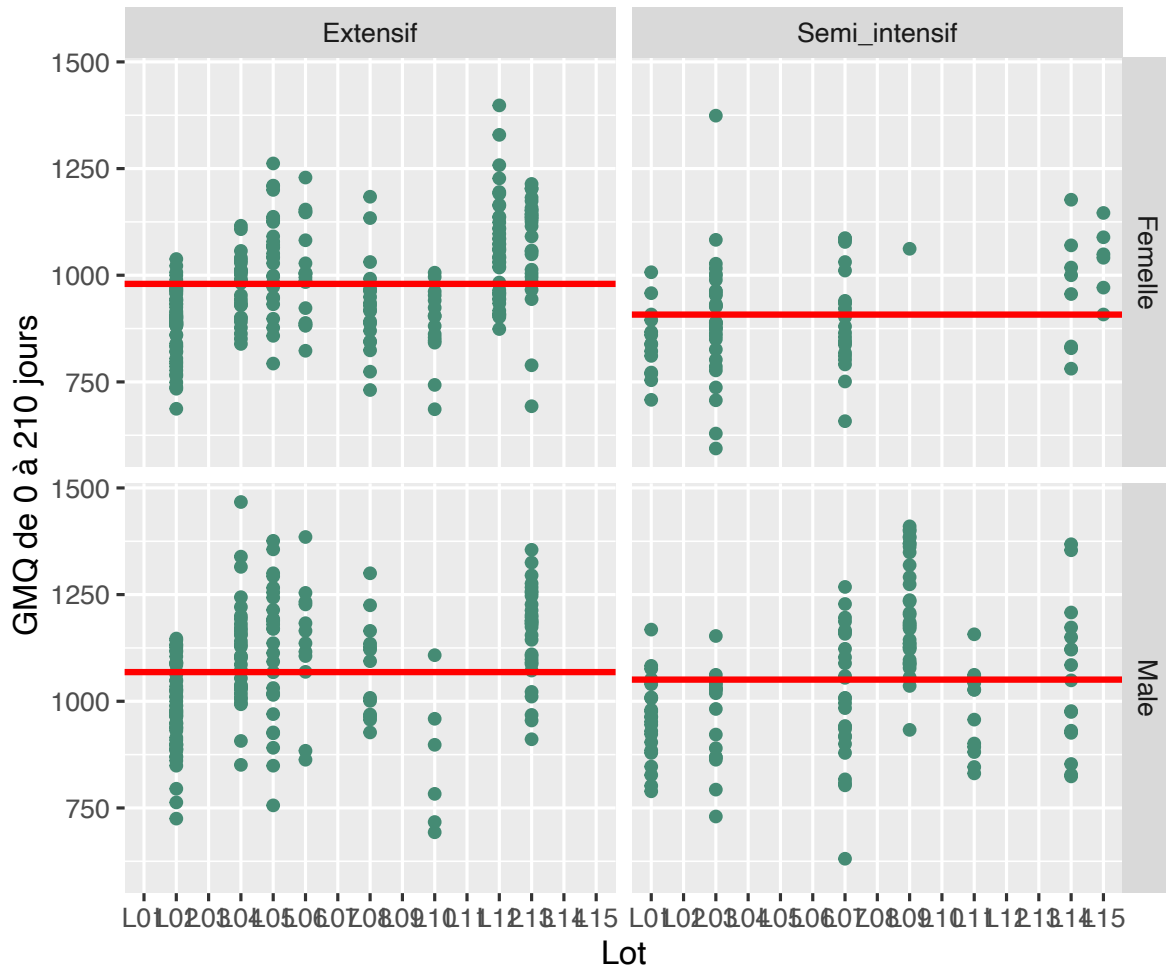


Figure 16 : Graphe illustrant le GMQ de 0 à 210 jours en fonction du sexe, du système d'élevage et du lot, moyennes pour chaque groupe représentées en rouge

Encore une fois, il semblerait que le GMQ des mâles soit supérieur à celui des femelles, et que les GMQ soient plus élevés en système extensif.

Afin de vérifier l'exactitude des observations, nous avons choisi de travailler avec le modèle linéaire mixte suivant : « M3 <- lmer(gmq_tot~ systeme*sexe + (1|lot), data = d) ».

La distribution des résidus est graphiquement vérifiée (annexe 3).

Les caractéristiques du modèle sont présentées dans le tableau X ci-dessous :

Tableau X : Caractéristiques du modèle linéaire mixte du GMQ de 0 à 210 jours moyen : effet du sexe et du système d'élevage

Modèle choisi	Paramètre	Estimation	Intervalle de confiance
gmq_tot ~ systeme*sexe + (1 lot)	Intercept	980,4	[921,2 ; 1039,5]
	Semi-intensif	-35,4	[-124,6 ; 54,3]
	Male	99,9	[75,9 ; 123,8]
	Intensif : Male	-2,6	[-45,6 ; 40,8]

L'intercept correspond au GMQ moyen de 0 à 210 jours d'un broutard femelle en système extensif (980,4 g/j).

Nous observons que les bovins en système semi-intensif produisent en moyenne 35,4 g/j en moins de GMQ que les bovins en système extensif.

Les **mâles** produisent en moyenne **99,9 g/j en plus** de GMQ que les femelles (IC = [75,9 ; 123,8]).

Enfin, les mâles en système semi-intensif produisent en moyenne 2,6 g/j en moins de GMQ que les femelles en système semi-intensif.

Observons le graphe des intervalles de confiance du modèle (figure 17 ci-dessous) :

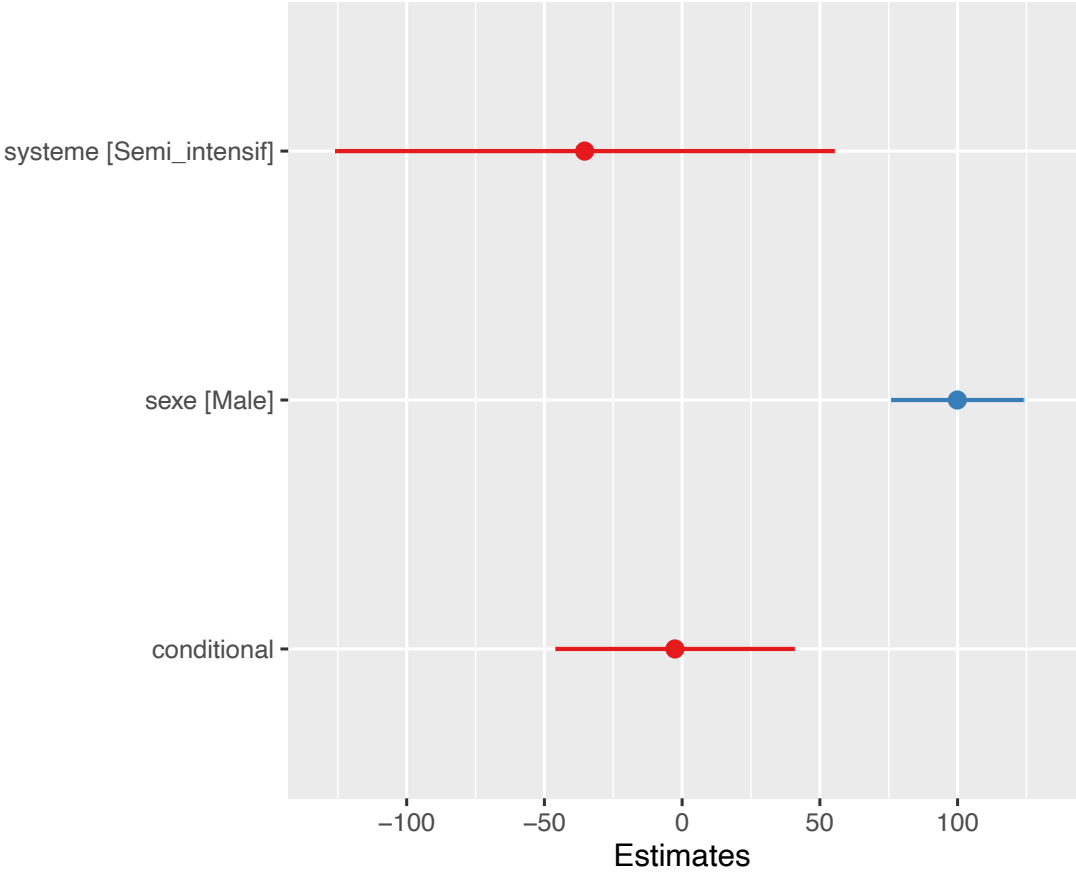


Figure 17 : Graphe des intervalles de confiance à 95 % des effets fixes du modèle

En conclusion, le sexe est le seul facteur fixe à avoir un effet significatif sur le GMQ de 0 à 210 jours.

Regardons à présent la part de variabilité liée aux effets aléatoires (tableau XI ci-dessous) :

Tableau XI : Estimations, intervalles de confiance à 95 % et ICC des effets aléatoires du modèle

Effets aléatoires	Estimation	Intervalle de confiance	ICC
Lot	82,9	[53,7 ; 117,8]	0,25
Résidus	116,7	[110,3 ; 123,3]	

Les écarts-types intra-lot et inter-lot sont respectivement estimés à 116,7 et 82,9. D'après l'ICC, nous pouvons considérer que le GMQ des bovins est plus homogène entre les lots qu'à l'intérieur des lots.

IV. Discussion

1. Les biais du modèle d'étude

a. Biais sur l'échantillonnage des bovins

Les bovins sélectionnés pour l'étude devaient être de pure race Aubrac, issus du contrôle de performance VA4 et estiver sur le plateau de l'Aubrac pour les élevages en conduite extensive. Ainsi, le choix des animaux entrant dans l'étude n'est pas aléatoire et répond à des critères particuliers.

Un des biais au sein de cet échantillonnage correspond au fait que certains élevages présentent plus d'animaux que d'autres (Tableau XII).

Afin de limiter au maximum ce biais, deux facteurs aléatoires « élevage » et « lot » ont été ajoutés au modèle statistique. Cependant, nous avons fait le choix de ne conserver que le facteur « lot » lors de l'étude des modèles car la prise en compte des deux facteurs cachait la véritable variabilité attribuée à chacun. La variable « lot » étant plus précise que la variable « élevage », nous avons pris la décision de conserver seulement ce facteur aléatoire dans le choix de nos modèles.

Tableau XII : Répartition des bovins au sein de chaque élevage

Numéro d'élevage	Nombre de bovins	Pourcentage (%)
01	150	23,7
02	50	7,9
03	61	9,7
04	56	8,9
05	30	4,7
06	51	8,1
07	71	11,2
08	33	5,2
09	43	6,8
10	57	9,1
11	30	4,7
Total	632	100

b. Biais sur la conduite d'élevage

Les élevages ont été sélectionnés aléatoirement par les techniciens des chambres d'agriculture de la Lozère et de l'Aveyron. Cependant, ces départements étant à proximité du plateau de l'Aubrac, il en ressort que les éleveurs de l'étude sont plus souvent en conduite extensive que semi-intensive pour leurs bovins (Tableau XIII).

Tableau XIII : Répartition des bovins en fonction de leur conduite d'élevage

Type de conduite	Nombre de bovins	Pourcentage (%)
Semi-intensive	218	34,5
Extensive	414	65,5
Total	632	100

De plus, au sein de chaque système, nous n'avons aucune information sur le type de concentrés utilisé en conduite semi-intensive par exemple, ou le type de prairies sur lesquelles transhumant les bovins l'été en conduite extensive. Ce biais peut donc influencer nos résultats de GMQ des bovins.

c. Biais de mesures

Des biais sur les méthodes de pesées des bovins existent. Ces biais ne sont pas dus au traitement des données, mais à la réalisation des pesées, qui impacte quand même l'étude puisqu'elle se répertorie sur les GMQ utilisés pour l'étude. Même si les techniciens et éleveurs sont formés, un biais lié à l'opérateur persiste : en effet ils ne procèdent pas de la même manière pour réaliser les pesées.

De plus, la balance pouvant être celle présente dans l'élevage ou celle apportée par le technicien, nous pouvons nous attendre à une incertitude sur la mesure de l'étalon zéro par exemple, ou encore sur la contention de l'animal dans la cage.

Concernant les calculs des GMQ et PAT, tous les bovins ne sont pas pesés aux jours 0, 120 et 210 jours. Les techniciens s'appuient sur des calculs établis via un logiciel statistique et sur les pesées de l'animal, afin d'établir les valeurs des PAT et GMQ à 120 et 210 jours. Ces résultats se rapprochent autant que possible des valeurs que nous aurions si les mesures étaient réalisées aux dates exactes, mais une incertitude persiste cependant.

d. Biais liés à l'année

L'année 2021 a été particulièrement difficile au vu de la sécheresse ayant touché une grande partie du territoire français. Sur le plateau de l'Aubrac, les précipitations moyennes ont été de 73,3 mm (contre 111,6 mm en moyenne sur 10 ans) et la température moyenne annuelle était de 9,2°C (similaire à la moyenne sur 10 ans de 9,1°C). La saison de pâturage 2021 a connu de faibles précipitations sur les mois de juin (62 mm), août (38 mm), septembre (29 mm) et octobre (32 mm) même remarque que précédemment.

2. Comparaison avec les résultats dans la littérature

a. Comparaison à la moyenne de la race

Comparons nos résultats à la moyenne de la race en 2021.

	GMQ de 0 à 120 jours	GMQ de 120 à 210 jours	GMQ de 0 à 210 jours
Moyenne de l'étude	987,5 g/j	1032,0 g/j	1009,8 g/j
Moyenne de la race en 2021	1532,5 g/j	1083,5 g/j	1308 g/j

La normalité des données du GMQ a été vérifiée.

Le test de comparaison de moyennes à une moyenne théorique a permis de démontrer que :

- Les valeurs du GMQ de 0 à 120 jours de notre étude sont significativement différentes des valeurs du GMQ de 0 à 120 jours de la race en 2021 ($p\text{-value} = 2.2e-16 < 0,05$).
- Les valeurs du GMQ de 120 à 210 jours de notre étude sont significativement différentes des valeurs du GMQ de 120 à 210 jours de la race en 2021 ($p\text{-value} = 2.2e-16 < 0,05$).
- Les valeurs du GMQ de 0 à 210 jours de notre étude sont significativement différentes des valeurs du GMQ de 0 à 210 jours de la race en 201 ($p\text{-value} = 2.2e-16 < 0,05$).

Alors, les valeurs des GMQ de notre étude ne sont pas représentatives des valeurs du GMQ de la race en 2021. Cependant, les valeurs de la race tiennent compte des valeurs des veaux en pure race Aubrac et des veau croisés Aubrac x Charolais.

b. Conduite d'élevage

Il ressort de notre étude que le système d'élevage n'a pas d'effet significatif sur le GMQ. En effet, d'après le programme de sélection de la race (*OS Race Aubrac 2022*), le mode d'élevage de la race Aubrac est principalement tourné vers l'autonomie, la rusticité et la facilité d'élevage, notamment grâce à la sélection génétique sur des facteurs primordiaux :

- La profondeur de poitrine afin de maximiser la capacité d'ingestion : ingestion de fourrages grossiers très bien tolérée.
- Une qualité des aplombs afin d'optimiser les déplacements à la recherche d'eau et de fourrages sur de grandes prairies l'été.
- Une bonne fécondité afin de faire profiter des estives à la fois au veau et à la mère.

Cela pourrait expliquer alors que la conduite d'élevage extensive est finalement plus adaptée à la race qu'une conduite semi-intensive ou intensive, et ce, du fait de la sélection génétique.

Ceci explique que si nous parlons aujourd'hui de race rustique, c'est parce qu'elle saura profiter sur des territoires aux conditions pédoclimatiques rudes.

Cependant, il ne faut pas oublier que l'élevage extensif engendre une augmentation des besoins énergétiques d'entretien, et les bovins doivent faire face à des écarts de température plus importants qu'en bâtiments. Alors, l'énergie restante pour couvrir les besoins de production sera plus faible (Jussiau, Papet 2015).

c. Sexe

Concernant le sexe, nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Bovins Croissance au niveau national en 2021 (Bovins Croissance 2021) (Tableau XIV ci-dessous) :

Tableau XIV : GMQ moyens de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en race Aubrac au niveau National en 2021, figurent en rouge les résultats pour notre étude

	Mâles	Femelles
GMQ moyen de 0 à 120 jours	1047 g/j 1022,9 g/j	971 g/j 953,3 g/j
GMQ moyen de 120 à 210 jours	1207 g/j 1098,3 g/j	960 g/j 967,7 g/j
GMQ moyen de 0 à 210 jours	1115 g/j 1060,9 g/j	966 g/j 960,5 g/j

Nos résultats sont légèrement inférieurs aux résultats nationaux, mais restent du même ordre de grandeur. Lors de notre étude des modèles, nous avons prouvé que le sexe mâle avait un effet significatif sur le GMQ, quelles que soient les périodes étudiées. En effet, sur n'importe quelle période, les mâles produisent de meilleurs GMQ que les femelles. Ces résultats sont extrapolables au niveau national pour 2021.

D'après (Jussiau, Papet 2015), le sexe est un facteur de variation de la croissance et du développement : à la naissance, le poids des mâles est supérieur de 110% comparé aux femelles, et pour un même type génétique. En période post-natale, cet écart est toujours vrai du fait du rôle anabolisant des androgènes. Qui plus est, la stérilisation joue également un rôle important : chez les mâles, elle permet d'obtenir une croissance intermédiaire entre une femelle et un mâle non-castré.

a. Comparaison avec une autre race allaitante : la charolaise

Nous avons également comparé nos résultats aux GMQ nationaux en race Charolaise en 2021 (Bovins Croissance 2021) (tableau XV ci-dessous).

Il s'agit de la première race à viande Française et Européenne avec 1,6 million de têtes (*Les atouts de la race Charolaise | Herd Book Charolais 2022*).

Tableau XV : GMQ moyens de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours en race Charolaise au niveau National en 2021

	Mâles	Femelles
GMQ moyen de 0 à 120 jours	1139 g/j 1022,9 g/j	1062 g/j 953,3 g/j
GMQ moyen de 120 à 210 jours	1374 g/j 1098,3 g/j	1139 g/j 967,7 g/j
GMQ moyen de 0 à 210 jours	1240 g/j 1060,9 g/j	1095 g/j 960,5 g/j

Si nous comparons nos résultats aux GMQ nationaux en race Charolaise, un écart plus important est à noter.

D'après (Jussiau, Papet 2015), le type génétique est un facteur de variation de croissance et de développement, expliquant que les races de grand format ont des vitesses de croissance plus élevées.

Aujourd'hui, la race Charolaise se distingue par ses qualités bouchères, telles qu'une capacité d'ingestion élevée, lui permettant de valoriser les fourrages grossiers (jusqu'à 100 kg d'herbe ingérée par jour). C'est aussi une vache maternelle, qui produit jusqu'à 7L de lait par jour, ce qui équivaut à 1000 g/j de GMQ pour son veau, avec un intervalle vêlage – vêlage (IVV) de 379 jours, capable donc de produire un veau par an. La sélection génétique reste cependant axée sur la facilité de vêlages (de 97% en race Aubrac), une bonne fécondité afin de diminuer l'IVV (qui est de 375 jours en race Aubrac), conserver les bonnes aptitudes bouchères des bovins et maternelles des mères (*Les atouts de la race Charolaise | Herd Book Charolais 2022*).

CONCLUSION

La race Aubrac est aujourd'hui une vache allaitante, issue du plateau de l'Aubrac, ayant conservé sa rusticité via une sélection génétique visant à conserver des aplombs puissants, des pattes courtes, une profondeur de poitrine importante dans le but de se sustenter de son environnement riche mais aux conditions climatiques rudes. L'Organisme de Sélection Aubrac travaille aujourd'hui sur des critères de sélection bien précis, pour rendre cette race socialement et économiquement rentable. La race Aubrac est une vache sélectionnée pour être élevée dans des systèmes d'élevage extensifs. Des signes d'identification de la qualité et d'origine tels que le Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac, ou l'Indication Géographique Protégée Fleur d'Aubrac garantissent un produit de grande qualité. L'élevage de ces animaux et la production de produits de qualité nécessitent des connaissances sur la croissance et le développement des bovins. Des facteurs de variation tels que la génétique, le sexe, l'âge, l'alimentation, les conditions d'élevage ou encore l'état de santé influencent sur la croissance et le développement, et par conséquent le produit final : la viande. Cette dernière peut être caractérisée en fonction de sa jutosité, de sa couleur, de sa flaveur et de sa tendreté.

L'objectif de notre étude était de rechercher quel était l'effet du système d'élevage sur les performances de croissance (gain moyen quotidien) en race Aubrac en prenant en compte l'effet connu du sexe. Des « Dossiers Étable Production » de l'année 2021 ont été récupérés dans les chambres d'agriculture de la Lozère et de l'Aveyron. 632 bovins ont été retenus pour l'étude. Pour les gains moyens quotidiens de 0 à 120 jours, de 120 à 210 jours, et de 0 à 210 jours, le sexe avait un effet significatif, avec un gain moyen quotidien chez les mâles supérieur, comparé aux femelles. Cependant, le système d'élevage n'a pas eu d'effet significatif dans notre étude. Nos résultats sont proches, donc extrapolables aux résultats nationaux obtenus par Bovins Croissance en 2021. Ainsi, les animaux de race Aubrac semblent avoir des performances équivalentes dans des systèmes extensifs et dans des systèmes semi-intensifs, ce qui tendrait à montrer que le recours aux intrants des systèmes semi-intensifs n'est pas obligatoire pour obtenir de bonnes performances. Cette race pourrait être un élément de réponse aux défis des générations futures à concilier agriculture et réchauffement climatique, et participer à une agriculture durable. C'est probablement l'un des éléments qui explique le succès actuel de la race, illustré par l'accroissement important de ses effectifs.

BIBLIOGRAPHIE

BAIK, M., JEONG, J.Y., VU, T-T.T., PIAO, M Y. et KANG, H.J., 2014. Effects of castration on the adiposity and expression of lipid metabolism genes in various fat depots of Korean cattle. *Livestock Science*. 10 août 2014. Vol. 168, pp. 168-176. DOI 10.1016/j.livsci.2014.08.013.

BLANC, F., DUMONT, B., BRUNSCHWIG, G., BOCQUIER, F. et AGABRIEL, J., 2010. Robustesse, flexibilité, plasticité : des processus adaptatifs révélés dans les systèmes d'élevage extensifs de ruminants. *INRAE Productions Animales*. 9 février 2010. Vol. 23, n° 1, pp. 65-80. DOI 10.20870/productions-animales.2010.23.1.3288.

BOVINS CROISSANCE, 2021. *Résultats 2021 des élevages bovins viande suivis par Bovins Croissance* [en ligne]. [Consulté le 9 mai 2023]. ISBN 978-2-7148-0231-6. Disponible à l'adresse : https://idele.fr/inosys-reseaux-elevage/?eID=cmis_download&oID=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fb5f8aa94-8cfb-4418-a306-877e059d9c49&cHash=72fbb1981e104c0aa1c5aa1072fdc0dc

BRETSCHNEIDER, G., 2005. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle: A review. *Livestock Production Science*. 22 avril 2005. Vol. 97, n° 2, pp. 89-100. DOI 10.1016/j.livprodsci.2005.04.006.

CABARAUX, J. F., DUFRASNE, I., ROUX, M., ISTASSE, L. et HORNICK, J. L., 2005. La production de viande bovine à partir de femelles de réforme. *INRAE Productions Animales*. 7 mars 2005. Vol. 18, n° 1, pp. 37-48. DOI 10.20870/productions-animales.2005.18.1.3508.

CABEZAS-GARCIA, E., LOWE, D. et LIVELY, F., 2021. Energy Requirements of Beef Cattle: Current Energy Systems and Factors Influencing Energy Requirements for Maintenance. *Animals*. 1 juin 2021. Vol. 11, pp. 1-22. DOI 10.3390/ani11061642.

CASSIGNOL, V., 2018. Facteurs déterminant la qualité sensorielle de la viande bovine : quelle importance de la race ? *Viandes et produits carnés*. 12 février 2018. pp. 1-10.

CHAPAGIN, A.K. et HOEKSTRA, A.Y., 2003. 13 : *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*. Value of Water Research Report Series.

CONTE, G., DIMAURO, C., DAGHIO, M., SERRA, A., MANNELLI, F., MCAMMOND, B.M., VAN HAMME, J.D., BUCCIONI, A., VITI, C., MANTINO, A. et MELE, M., 2022. Exploring the relationship between bacterial genera and lipid metabolism in bovine rumen. *animal*. 22 avril 2022. Vol. 16, n° 5, pp. 1-11. DOI 10.1016/j.animal.2022.100520.

DAGHIO, M., CIUCCI, F., BUCCIONI, A., CAPPUCCI, A., CASAROSA, L., SERRA, A., CONTE, G., VITI, C., MCAMMOND, B.M., VAN HAMME, J.D. et MELE, M., 2021. Correlation of Breed, Growth Performance, and Rumen Microbiota in Two Rustic Cattle Breeds Reared Under Different Conditions. *Frontiers in Microbiology*. 29 avril 2021. Vol. 12, pp. 1-13. DOI 10.3389/fmicb.2021.652031.

DOYLE, P.R., MCGEE, M., MOLONEY, A.P., KELLY, A.K. et O'RIORDAN, E.G., 2021. Effect of Post-Grazing Sward Height, Sire Genotype and Indoor Finishing Diet on Steer Intake, Growth and Production in Grass-Based Suckler Weanling-to-Beef Systems. *Animals*. 7 septembre 2021. Vol. 11, pp. 1-21. DOI 10.3390/ani11092623.

Fleur d'Aubrac - Viande bovine française, élevée en Aubrac, 2022. [en ligne]. [Consulté le 27 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.fleur-aubrac.fr/>

FREETLY, H.C, DICKEY, A., LINDHOLM-PERRY, A., THALLMAN, R.M., KEELE, J.W., FOOTE, A.P. et WELLS, J.E., 2020. Digestive tract microbiota of beef cattle that differed in feed efficiency. *Journal of Animal Science*. 1 février 2020. Vol. 98, n° 2, pp. 1-16. DOI 10.1093/jas/skaa008.

GARCÍA-TORRES, S., LÓPEZ-GAJARDO, A. et MESÍAS, F.J., 2015. Intensive vs. free-range organic beef. A preference study through consumer liking and conjoint analysis | Elsevier Enhanced Reader. *Meat Science*. 19 décembre 2015. Vol. 114, pp. 114-120. DOI 10.1016/j.meatsci.2015.12.019.

HAMIDI, D., KOMAINDA, M., TONN, B., HARBERS, J., GRINNELL, N.A. et ISSELSTEIN, J., 2021. The Effect of Grazing Intensity and Sward Heterogeneity on the Movement Behavior of Suckler Cows on Semi-natural Grassland. *Frontiers in Veterinary Science*. 26 mars 2021. Vol. 8, pp. 1-14. DOI 10.3389/fvets.2021.639096.

HOBDAV, F., 1899. A preliminary note on the spaying of cows. *Journal of Comparative Pathology and Therapeutics*. 1899. Vol. 12, pp. 173-176. DOI 10.1016/S0368-1742(99)80026-5.

HUTU, I., OLDENBROEK, K. et WAAIJ, L., 2020. Chapitre I.5. Croissance et développement animaux. In : *Elevage et amélioration génétique des animaux*. pp. 104-120. ISBN 978-606-785-149-6.

JUSSIAU, R., 2017. Le gras des animaux, approche zootechnique. *La revue Viandes et produits carnés, articles scientifiques* [en ligne]. 21 juillet 2017. [Consulté le 24 avril 2023]. Disponible à l'adresse : <https://viandesetproduitscarnes.fr:443/index.php/fr/851-le-gras-des-animaux-approche-zootechnique>

JUSSIAU, R. et PAPET, A., 2015. *Croissance des animaux d'élevage: Bases scientifiques, itinéraires zootechniques et qualité des viandes*. Educagri Editions. ISBN 979-10-275-0011-6.

LANDAIS, E. et BALENT, Gérard, 1993. Introduction à l'étude des pratiques d'élevage extensif. *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement*. 1 janvier 1993. Vol. 27, pp. 13-34.

LEBRET, B., PRACHE, S., BERRI, C., LEFÈVRE, F., BAUCHART, D., PICARD, B., CORRAZE, G., MÉDALE, F., FAURE, J. et ALAMI-DURANTE, H., 2015. Qualités des viandes : influences des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage. *INRA Productions Animales*. 2015. Vol. 28, n° 2, pp. 151-168.

Les atouts de la race Charolaise | Herd Book Charolais, 2022. [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://charolaise.fr/la-charolaise/les-atouts-de-la-race-charolaise/>

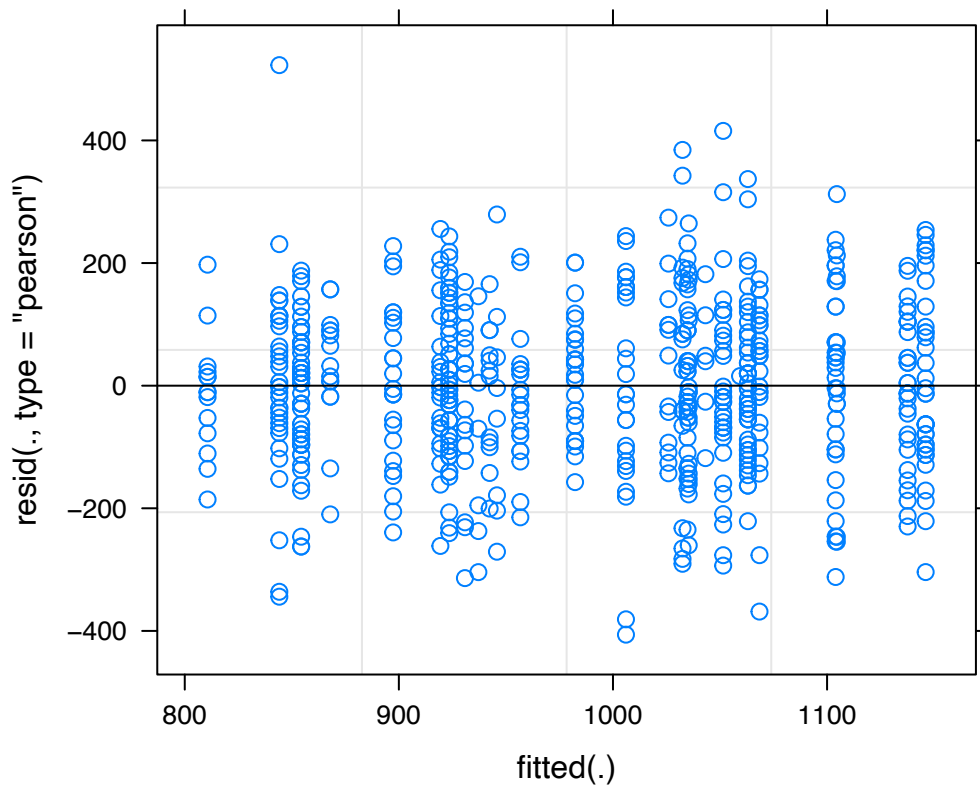
- LISTRAT, A., LEBRET, B., LOUVEAU, I., ASTRUC, T., BONNET, M., LEFAUCHEUR, L. et BUGEON, J., 2015. Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs. *INRAE Productions Animales*. 2015. Vol. 28, n° 2, pp. 125-136.
- MACIEL, F.C., MACHADO NETO, O.R., DUARTE, M.S., DU, M., LAGE, J.F., TEIXEIRA, P.D., MARTINS, C.L., DOMINGUES, E.H., FOGAÇA, L.A. et LADEIRA, M.M., 2021. Effect of vitamin A injection at birth on intramuscular fat development and meat quality in beef cattle. *Meat Science*. 17 septembre 2021. Vol. 184, pp. 1-7. DOI 10.1016/j.meatsci.2021.108676.
- MAHBUBUL, M. et HOQUE, A., 2020. Effect of non-genetic factors on growth performance of Brahman crossbred cattle of Bangladesh. *Fundamental and Applied Agriculture*. 29 septembre 2020. Vol. 5, n° 3, pp. 421-428. DOI 10.5455/faa.113271.
- MALAVAL, N. et LEUDET, O., 2022. Résultats du contrôle des performances bovins allaitants. . juillet 2022. pp. 1-126.
- MASEBO, N.T, MARLIANI, G., CAVALLINI, D., ACCORSI, P.A, DI PIETRO, M., BELTRAME, A., GENTILE, A. et JACINTO, J.G.P, 2023. Health and welfare assessment of beef cattle during the adaptation period in a specialized commercial fattening unit. *Veterinary Sciences*. 9 mars 2023. Vol. 158, pp. 50-55. DOI 10.1016/j.rvsc.2023.03.008.
- MCGEE, M., LENEHAN, C., CROSSON, P., O'RIORDAN, E. G., KELLY, A. K., MORAN, L. et MOLONEY, A. P., 2022. Performance, meat quality, profitability, and greenhouse gas emissions of suckler bulls from pasture-based compared to an indoor high-concentrate weanling-to-beef finishing system. *Agricultural Systems*. 15 avril 2022. Vol. 198, pp. 1-12. DOI 10.1016/j.agsy.2022.103379.
- OS Race Aubrac, 2022. *OS RACE AUBRAC* [en ligne]. [Consulté le 15 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://race-aubrac.com/>
- PIEDRAFITA, J., QUINTANILLA, R., SAÑUDO, C., OLLETA, J-L., CAMPO, M-M., PANEA, B., RENAND, G., TURIN, F., JABET, S., OSORO, K., OLIVÁN, M-C, NOVAL, G., GARCÍA, P., GARCÍA, M-D., OLIVER, M-A., GISPERT, M., SERRA, X., ESPEJO, M., GARCÍA, S., LÓPEZ, M. et IZQUIERDO, M., 2003. Carcass quality of 10 beef cattle breeds of the Southwest of Europe in their typical production systems. *Livestock Production Science*. 7 janvier 2003. Vol. 82, pp. 1-13. DOI 10.1016/S0301-6226(03)00006-X.
- PLOUZIN, D. et JURQUET, J., 2020. *Le poids de naissance des génisses laitières a-t-il de l'importance sur la future carrière ?* ISBN 978-2-7148-0107-4.
- RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, P., SANZ FERNÁNDEZ, S., REYES- PALOMO, C., GAONA, C., SIMÕES, J. et RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V., 2023. Climate Change Adaptation for Sustainable Extensive Livestock Farming in Southern Europe. . 1 janvier 2023. pp. 1-17. DOI <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823960-5.00067-6>.
- STEFANIAK, N., 2018. *Formation SFP 2018 : les modèles linéaires mixtes* [en ligne]. 4 septembre 2018. [Consulté le 23 mai 2023]. Disponible à l'adresse : http://regnault.perso.math.cnrs.fr/R_tuto/Intro_modeles_lineaires_mixtes.html

Viande de bœuf race Aubrac : Label Rouge Bœuf Fermier Aubrac, 2023. [en ligne].
[Consulté le 30 mars 2023]. Disponible à l'adresse :
<https://www.boeuffermieraubrac.fr/Lelabel.aspx>

WETLESEN, M.S., ÅBY, B.A., VANGEN, O. et AASS, L., 2020. Simulations of feed intake, production output, and economic result within extensive and intensive suckler cow beef production systems. *Livestock Science*. 24 août 2020. Vol. 241, pp. 1-11.
DOI 10.1016/j.livsci.2020.104229.

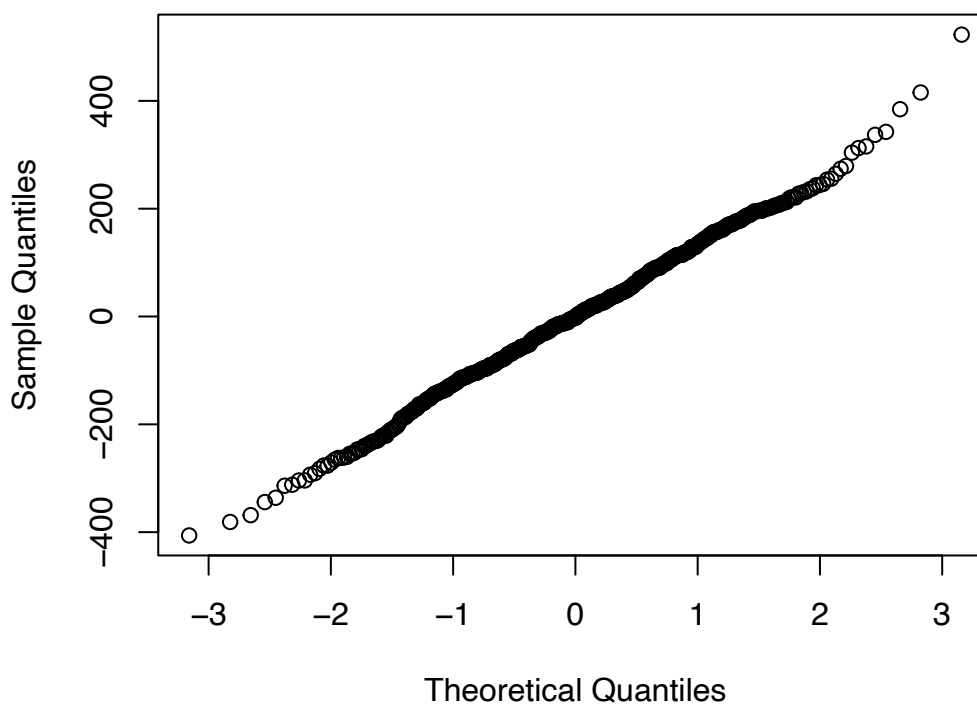
ANNEXES

Annexe I : Vérification du modèle linéaire mixte de 0 à 120 jours

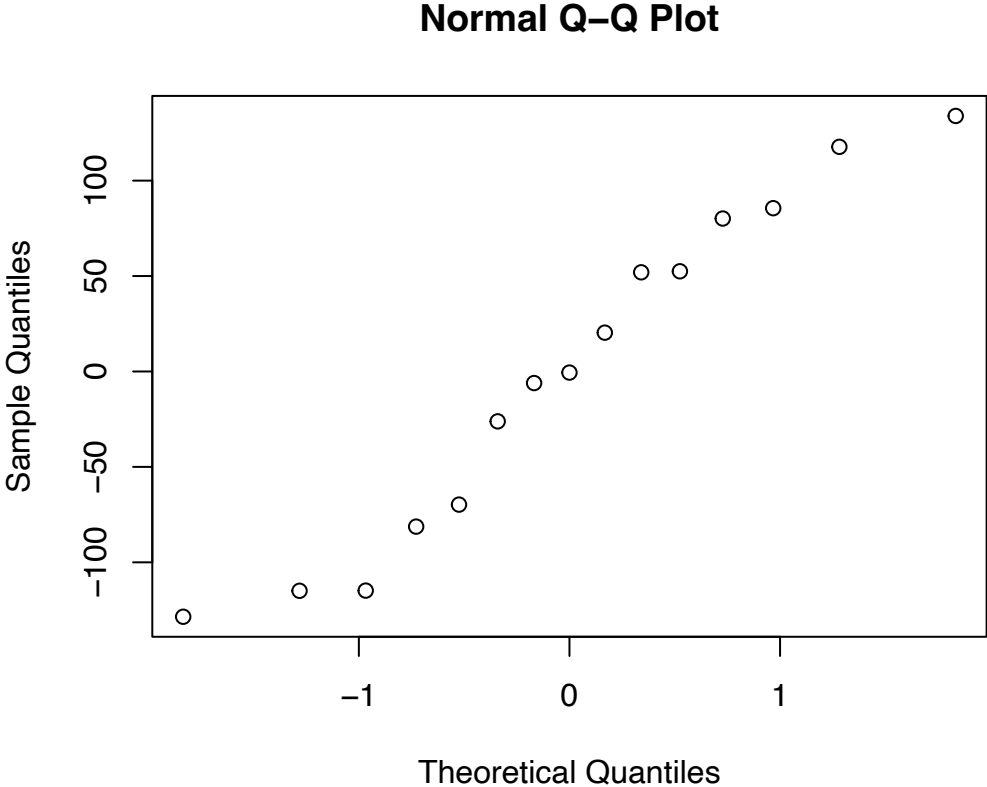


Nous avons vérifié que les résidus étaient distribués aléatoirement (graphe ci-dessus), et qu'ils suivaient une loi normale de variance constante (graphe ci-dessous).

Normal Q-Q Plot

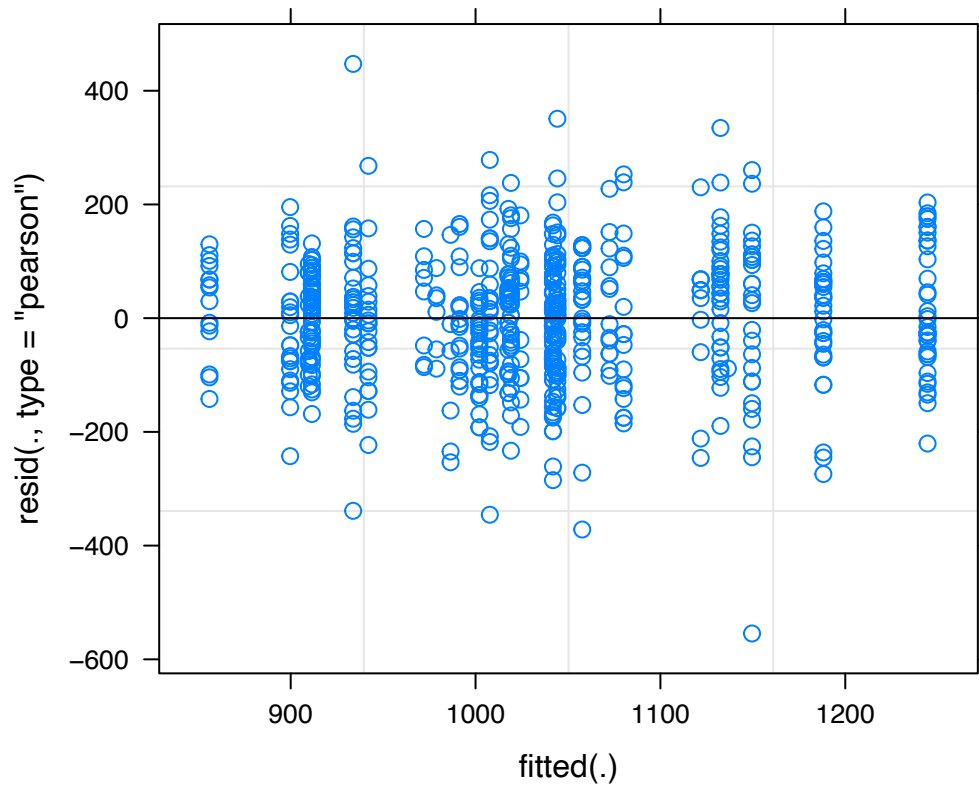


Enfin, nous avons vérifié que les effets aléatoires suivaient une loi normale.



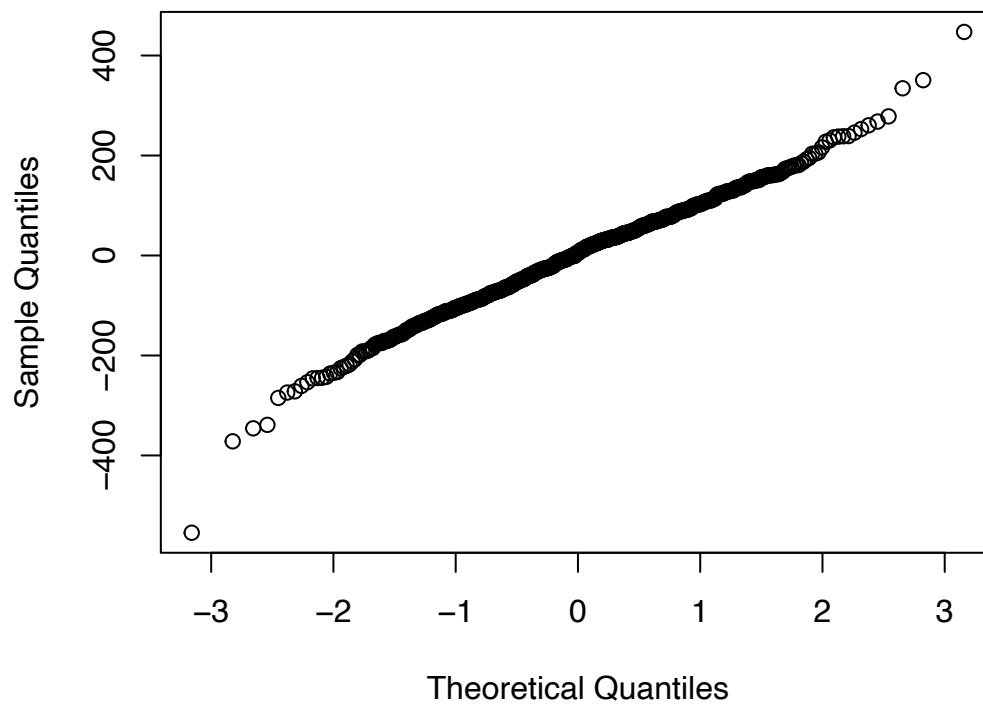
Ces trois vérifications nous ont permis de justifier l'utilisation d'un modèle aléatoire mixte.

Annexe II : vérification du modèle linéaire mixte de 120 à 210 jours



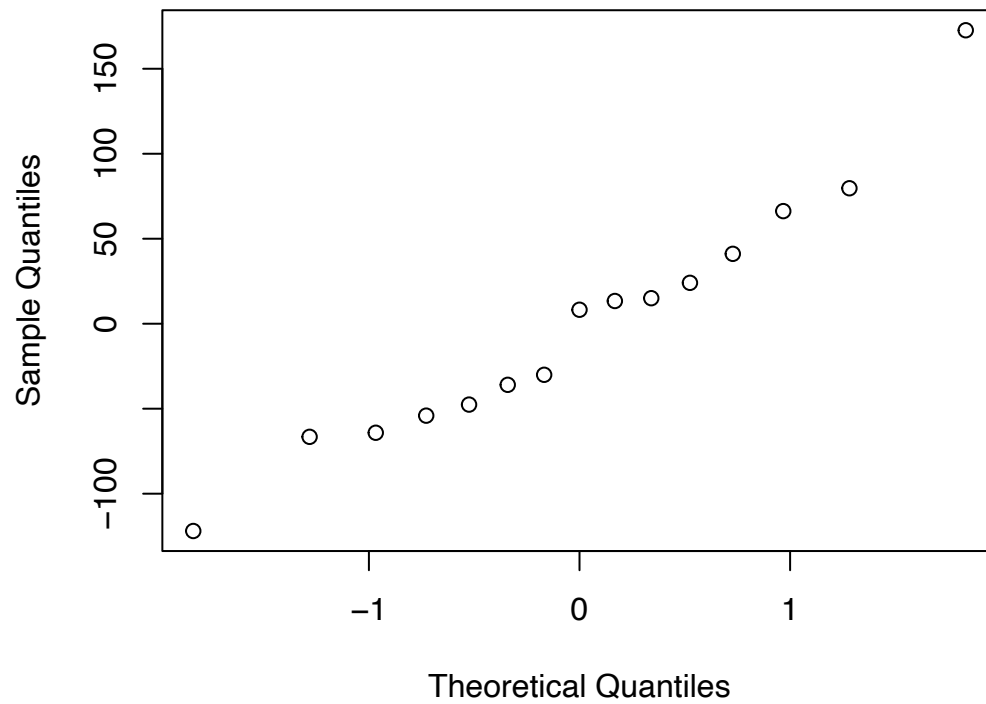
Nous avons vérifié que les résidus étaient distribués aléatoirement (graphe ci-dessus), et qu'ils suivaient une loi normale de variance constante (graphe ci-dessous).

Normal Q-Q Plot



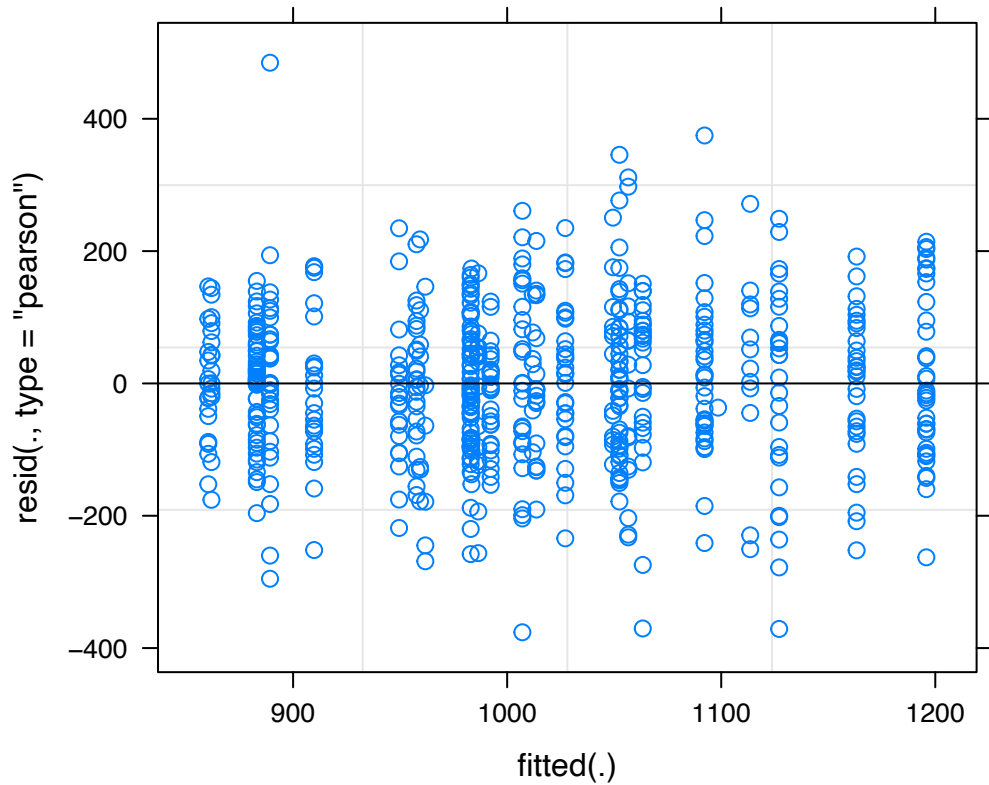
Enfin, nous avons vérifié que les effets aléatoires suivaient une loi normale.

Normal Q-Q Plot



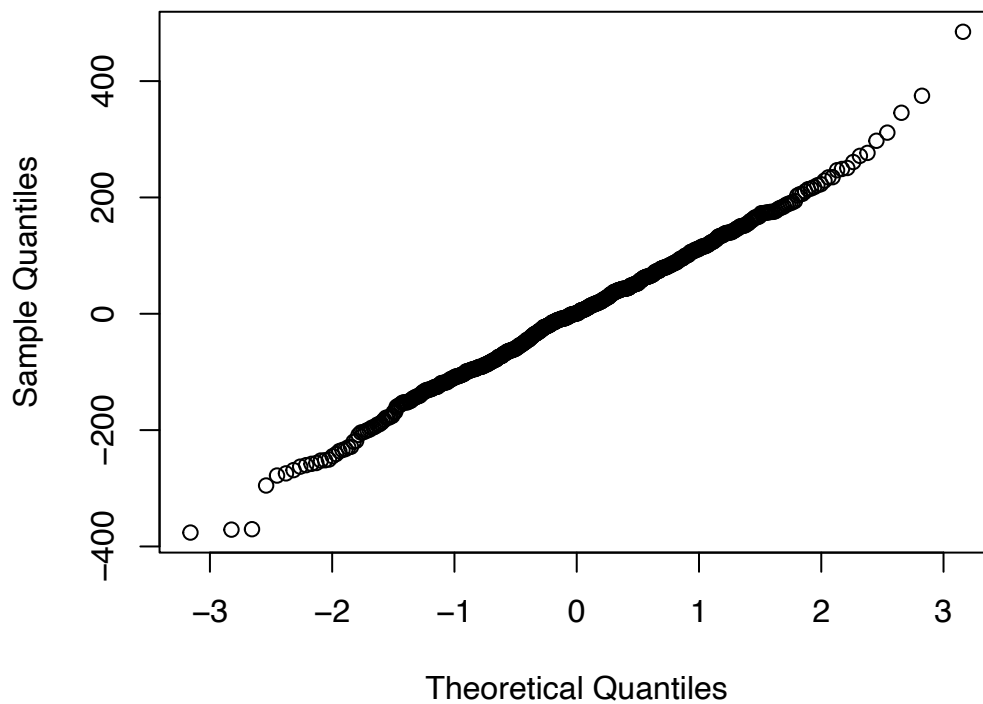
Ces trois vérifications nous ont permis de justifier l'utilisation d'un modèle aléatoire mixte.

Annexe III : vérification du modèle linéaire mixte de 0 à 210 jours



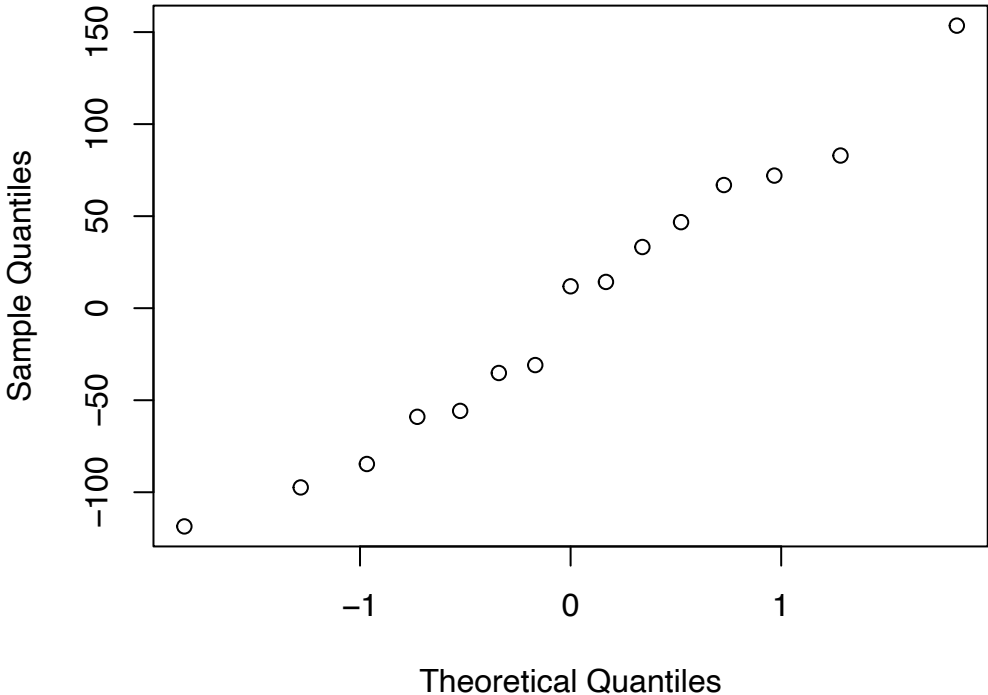
Nous avons vérifié que les résidus étaient distribués aléatoirement (graphe ci-dessus), et qu'ils suivaient une loi normale de variance constante (graphe ci-dessous).

Normal Q-Q Plot



Enfin, nous avons vérifié que les effets aléatoires suivaient une loi normale.

Normal Q-Q Plot



Ces trois vérifications nous ont permis de justifier l'utilisation d'un modèle aléatoire mixte.

TITRE

EFFETS DU SYSTEME D'ELEVAGE ET DU SEXE SUR LE GAIN MOYEN QUOTIDIEN EN RACE AUBRAC

Auteur

ROUQUIER Anaïs

Résumé

La race Aubrac est une vache allaitante autonome, sélectionnée pour ses aplombs puissants, ses pattes courtes, son poitrail large, lui permettant de vivre sur le plateau de l'Aubrac, où les conditions climatiques sont rudes. Des signes d'identification de la qualité et d'origine permettent de mettre en valeur cette race et ce territoire. La production d'une viande de qualité nécessite de bonnes connaissances en termes de croissance et de développement des bovins d'une part et en termes de qualité gustative (jutosité, couleur, flaveur et tendreté).

Ce travail de thèse propose une étude de l'effet du système d'élevage et du sexe sur la gain moyen quotidien sur cette race. L'étude du Gain Moyen Quotidien de 632 jeunes bovins Aubrac montre que les performances de production sont similaires dans les systèmes d'élevage extensifs (avec montée en estive) et les système semi-intensif. L'effet de sexe a un effet significatif sur le gain moyen quotidien dans les 2 systèmes.

L'effectif des vaches Aubrac croît de façon considérable ces dernières années : l'élevage extensif de ces vaches pourrait bien être un élément de réponse aux futurs enjeux d'agriculture durable pour faire face aux problématiques de la crise climatique actuelle.

Mots-clés

Bovin, Sexe, Performance zootechnique, Système d'élevage

Jury

Président du jury : **Professeur CAUSSY Cyrielle**

Directeur de thèse : **Docteur ALVES DE OLIVEIRA Laurent**

2ème assesseur : **Docteur BECKER Claire**