République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Aout 1955-Skikda
Faculté de Science
Département des Sciences Agronomiques

Spécialité : production animale et nutrition



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master
Thème :

Effet d'une supplémentation énergétique à base de ressources locales sur les performances zootechniques Des agneaux Ouled Djellal

Réalisé par :

- *Baiche Amani*
- *Bouhzam Lamia*
- *Laouacheria Boutaina*

Encadré par : Bouhedja Nadia MAA *Université 20 Aout 1955 SKIKDA*

Présidente : Djeffal Samia Professeur *Université 20 Aout 1955 SKIKDA*

Examinatrice : Oudjane Faiza MCA *Université 20 Aout 1955 SKIKDA*

Année universitaire : 2025-2026

Remerciement

Au nom d'Allah, nous commençons par Le remercier pour nous avoir donné la force, la patience et la guidance nécessaires à l'accomplissement de ce travail. Nous Le remercions pour cette expérience enrichissante, pour les moments de force comme de faiblesse, et pour avoir rendu tout cela possible.

Nous remercions notre encadrante, Mme Bouhedja Nadia, pour ses précieux conseils, sa patience et son soutien tout au long de cette recherche.

Nous remercions sincèrement M. Le Directeur de la ferme Qadri Ibrahim ainsi que toute l'équipe de la ferme UAP Kadri Ibrahim pour leur accueil, leur confiance et les conditions idéales qu'ils nous ont offertes pour réaliser notre expérimentation.

Nous remercions nos camarades, Baiche Amani, Laouacheria Boutaina et Bouhzam Lamia, pour leur soutien, leur esprit d'équipe et les moments inoubliables partagés.

Enfin, notre profonde gratitude va à nos familles et à nos parents pour leur amour inconditionnel, leur soutien sans faille et leur confiance en nous.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À moi-même, pour avoir cru en moi, pour avoir persévéré malgré tout, et pour avoir choisi les bonnes personnes avec qui mener ce projet jusqu'au bout.

À mes parents, pour leur soutien sans faille, pour avoir été là dans les bons comme dans les mauvais moments, et pour ne jamais avoir cessé de croire en moi.

À ma sœur Amel et mes frères Aymen et Assil, je vous souhaite tout le succès du monde.

À tous mes cousins et cousines, pour l'amour et la bienveillance que vous m'avez toujours offert.

À ma Ray, d'être restée là, à mes côtés, à travers tout. Je te souhaite tout le bonheur et la réussite dans ta vie. Je t'aime.

À mes amis rencontrés au cours de ce beau parcours, pour les souvenirs partagés et pour être restés.

À ma Nagham, d'avoir toujours été présente, pour être là, quoi qu'il arrive. Je te souhaite tout le bonheur et la réussite dans ta vie.

Et à cette personne si spéciale, où qu'elle soit.

Merci à tous. Merci à moi-même, à ma famille, à mes cousins, à mes amis, à ma personne. Et surtout, merci à Allah pour tout.

AMANI

Dédicaces

Avant tout, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant, qui m'a accordé la force, la patience et la persévérance pour mener ce travail à son terme. Louange à Lui pour Ses innombrables bienfaits.

À moi-même, pour avoir persévéré, affronté les difficultés et surmonté les épreuves jusqu'à l'aboutissement de ce travail. Merci de n'avoir jamais abandonné.

À mes très chers parents, qui sont la raison de mon existence et mon plus grand soutien après Allah, je dédie le fruit de tous mes efforts avec toute ma gratitude et mon affection. Qu'Allah vous récompense de la meilleure des récompenses.

À ma chère sœur, à mon frère, ainsi qu'à mes amies et compagnes de route, pour leur présence, leur soutien et leurs encouragements tout au long de ce parcours.

À mes honorables enseignants, ainsi qu'à toutes les personnes qui m'ont transmis un savoir ou m'ont apporté leur aide.

Enfin, à toutes les personnes qui m'ont portée dans leurs prières sincères, je dédie ce travail avec toute ma reconnaissance et mon profond respect.

BOUTAINA

Dédicaces

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Louange à Allah, par la grâce de qui les bonnes œuvres s'accomplissent et grâce à qui les souhaits se réalisent.

Chaque parcours a une fin. Aujourd'hui, je me tiens au terme d'une étape et au début d'une nouvelle. Je remercie Allah pour Sa guidance et je dédie le fruit de ce modeste travail :

À moi-même…Parce que je n'ai jamais abandonné, que j'ai su faire face aux difficultés avec patience et détermination, et que j'ai toujours cru que tout effort finit par être récompensé. Cette réussite est la plus belle des récompenses et le premier pas vers la réalisation de rêves encore plus grands, avec la volonté d'Allah.

À mes très chers parents…Vous êtes mon soutien le plus précieux. Vous avez semé en moi l'amour du savoir et m'avez entourée de vos prières et de votre soutien inconditionnel. Qu'Allah vous récompense généreusement, vous protège et vous garde comme une bénédiction dans ma vie.

À mes chers frères et sœur (Imad, Abdel Fattah et Nawal) …Votre présence dans ma vie est une immense bénédiction, et votre affection est le soutien dont je suis la plus fière. Je prie Allah de vous préserver, de nous unir toujours dans l'amour et la bienveillance, et de vous accorder réussite et bonheur à chaque étape de votre vie.

À celui qui a partagé ce parcours avec moi (Ahmed Bousrou)…À toi qui as partagé chaque détail de cette aventure, merci d'avoir été bien plus qu'un simple soutien. Cette réussite portera toujours une part de la belle empreinte que tu as laissée dans mon parcours.

Enfin, à toutes les personnes qui m'ont soutenue par une prière sincère, une parole bienveillante ou un geste d'encouragement, je dédie ce modeste travail, en espérant qu'il soit le début d'un avenir rempli de réussite et d'épanouissement sur les plans scientifique et professionnel.

LAMIA

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des ressources locales en alimentation ovine. L'objectif est d'évaluer l'effet d'une supplémentation énergétique à base de farine de caroube (*Ceratonia siliqua* L.), en substitution partielle de l'orge, sur les performances zootechniques des agneaux de race Ouled Djellal. L'essai a porté sur 18 agneaux répartis en trois lots recevant des rations contenant 0%, 10% et 20% de farine de caroube. Les résultats montrent que l'incorporation de la caroube jusqu'à 20% n'affecte pas négativement les performances de croissance ni la qualité des carcasses, tout en réduisant les coûts alimentaires. En conclusion, la farine de caroube constitue une alternative locale et économique à l'orge importée, contribuant ainsi à l'autonomie alimentaire des élevages ovins en Algérie.

Mots-clés : Caroube, Ouled Djellal, agneau, supplémentation énergétique, performances zootechniques, engraissement.

Abstract

This work falls within the framework of valorizing local resources in sheep nutrition. The objective is to evaluate the effect of an energy supplementation based on carob meal (Ceratonia siliqua L.), as a partial substitute for barley, on the zootechnical performance of Djellal lambs. The trial involved 18 lambs divided into three groups receiving diets containing 0%, 10% and 20% carob meal. The results show that carob incorporation up to 20% does not negatively affect growth performance or carcass quality, while reducing feed costs. In conclusion, carob meal constitutes a local and economical alternative to imported barley, thus contributing to the feed autonomy of sheep farms in Algeria.

Keywords : Carob, Ouled Djellal, lamb, energy supplementation, zootechnical performance, fattening.

الملخص

يدرج هذا العمل في إطار تثمين الموارد المحلية في تغذية الأغنام. يهدف إلى تقييم تأثير مكمل طاقوي يعتمد على دقيق الخروب كبديل جزئي للشعير، على الأداء التقني للنتائج (الزرائب) من سلالة أولاد جلال. شملت التجربة 18 خروفاً وزعت على ثلاث مجموعات تلقت أعلافاً تحتوي على 0% و 10% و 20% من دقيق الخروب. أظهرت النتائج أن إدماج الخروب حتى نسبة 20% لا يؤثر سلباً على أداء النمو ولا على جودة الذبائح، مع خفض تكاليف العلف. وخلاصة القول، يشكل دقيق الخروب بديلًا محلياً واقتصادياً للشعير المستورد، مما يساهم في تحقيق الاكتفاء الغذائي لمزارع الأغنام في الجزائر .الكلمات المفتاحية: الخروب، أولاد جلال، خروف، مكمل طاقوي، أداء تقني، تسمين.

SOUMMAIRE

Liste des figures .....

Liste des tableaux .....

Introduction 1

..... 3

CHAPITER 1 : Le Caroubier (Ceratonia siliqua L.) 4

1 .1. Définition 4

1.1.1. Définition botanique 5

- **1.1.2. Origine** 6

1.2. Répartition du caroubier 8

1.2.1. Dans le monde 8

1.2.2. En Algérie 9

1.3.1. Composition de la gousse entière : Source spécifiée non valide 10

1.3.2. Comparaison entre pulpe et graines 10

1.3.3. Composition en acides aminés (germe de caroube) 11

1.3.4. Composés bioactifs : Tanins et polyphénols 11

1.3.5. Valeur énergétique 11

1.4. Utilisation et intérêt nutritionnel de la caroube 12

1.4.1. Les utilisations de la caroube 12

1.4.2. Les bienfaits de caroube 14

- **1.4.3. Les inconvénients de la caroube** 14

1.5. Impact sur la production animale 14

- **1.5.1. Effet sur l'ingestion et l'appétibilité** 15
- **1.5.2. Effet sur la croissance et l'engraissement** 15
- **1.5.3. Effet sur la digestibilité** 15
- **1.5.4. Effet sur la santé animale : activité anticoccidienne** 15
- **1.5.5. Limites et précautions d'utilisation** 16

..... 16

CHAPITER 2 : La race Ouled Djellal 17

2.1. Origine, Répartition et Importance de la race Ouled Djellal 17

2.1.1. Origine de la race 17

2.1.2. Répartition géographique en Algérie 18

2.1.3. Importance économique et démographique 19

2.1.4. Impact sur la diversité génétique des autres races 19
2.1.5. Importance pour l'élevage ovin Algérien 20
2.2. Caractéristique morphologique de la race Ouled Djellal..... 20
2.2.1. Description générale 20
2.2.2. Mensurations corporelles..... 20
2.2.3. Variations selon la région 22
2.2.5. Pourquoi ces caractéristiques sont importantes 22
2.3. Performances de production..... 23
2.3.1. Performances de croissance des agneaux 23
2.3.2. Indicateurs de performance reproductive 24
2.3.3. Performances bouchères (qualité de la carcasse) 26
2.3.4. Production laitière et poids des portées..... 26
2.4. Particularités digestives et nutritionnelles..... 27
2.4.1. Valeur nutritive des aliments pour les Ouled Djellal 27
2.4.2. Variation des minéraux sanguins selon le stade physiologique 27
2.4.3. Évolution de la note d'état corporel (NEC) 27
2.4.4. Glucose sanguin selon le stade physiologique..... 27
2.5. Adaptation aux conditions semi-arides..... 28
2.5.1. Adaptation générale aux zones semi-arides..... 28
2.5.2. Résistance aux températures élevées 28
2.5.3. Résistance à la restriction hydrique (soif) 28
2.5.4. Paramètres hématologiques de référence 28
2.5.5. Préférence des éleveurs 28
2.5.6. Adaptation alimentaire 29
1. Introduction 31
2. Les principaux indicateurs de croissance de la race Ouled Djellal 31
2.1. Poids vif..... 31
2.2. Longueur du corps..... 31
3. Pourquoi la race Ouled Djellal réussit-elle dans l'engraissement rapide ? 32
3.1. Capacité de croissance compensatrice..... 32
3 .2. Efficacité de conversion alimentaire..... 32
3.3. Répartition des graisses et conformation corporelle 32
3.4. Conformation corporelle adaptée..... 33

4. Effet du sur-engraissement sur la composition de la carcasse et la qualité de la viande 33
4.2. Rentabilité économique de l'engraissement chez la race Ouled Djellal 33
I. Introduction 35
Objectif du travail 36
II. MATERIEL ET METHODES 36
1. Présentation de la zone d'étude 36
2. Les animaux d'essai 37
3. Les aliments 37
4. Dispositif expérimental 38
4.1 Schéma du dispositif expérimental 40
4.2 Calcul du GMQ 41
4.3 Calcul de ICA 41
4.4 Analyse de la composition chimique des aliments et estimation de leur valeur nutritive 41
4.5 Teneurs énergétiques 42
5. Contrôles effectués. 43
5.1 Contrôles des performances 43
5.2 Caractérisation des carcasses 43
5.2.1 Rendement en carcasse 44
5.2.2. Évaluation de l'état d'engraissement 45
5.2.2.1. Évaluation du tissu adipeux 46
5.2.3. Évaluation de la conformation des carcasses 46
5.2.4. Évaluation de la fermeté du gras 47
5.2.5. Évaluation de la couleur du gras 47
5.2.6. Évaluation des tissus musculaire et osseux 48
5.3 Analyse économique des rations 48
5.3.1. Détermination des quantités consommées 48
5.3.2 Calcul des coûts alimentaires 49
5.3.3. Calcul du coût par kilogramme de gain vif 49
5.3.4. Analyse des données économiques 50
5.4 Analyse statistique des données 50
III. RÉSULTATS ET DISCUSSION 51

1. Composition chimique des rations expérimentales 51
2. Performances de croissance 52
2.1. Évolution du poids vif 52
2.2. Gain de poids et gain moyen quotidien (GMQ) 53
2.3. Discussion des performances de croissance 54
3. Performances alimentaires 55
3.1. Consommation et refus alimentaires 55
3.2. Indice de consommation alimentaire (ICA) 56
3.3. Paramètres biochimiques sanguins 57
3.4. Discussion des performances alimentaires 58
4. Caractéristiques des carcasses 58
4.1. Poids et mensurations de la carcasse 59
4.2. Organes et dépôts adipeux 60
4.3. Discussion des caractéristiques des carcasses 60
5. Analyse économique des rations 61
5.1. Quantités d'aliments consommées par traitement 61
5.2. Coûts alimentaires par traitement 62
5.3. Discussion de l'analyse économique 63
6. Synthèse des résultats 64
Conclusion partielle 64
Conclusion générale 66
..... 65
Référence bibliographique 65
Référence bibliographique 66
Références 66

Liste des figures

Figure 1:la caroubie.....4
Figure 2 : Les parties morphologies de caroubier - Cerat.....6
Figure 3: Carte de répartition géographique du caroubier dans le monde 9
Figure 4: Carte de répartition géographique du caroubier en Algérie (CHAHBAR,2021) 9
Figure 5: Produits dérivés de la caroube poudre et barres type chocolat - Ceratonia 13
Figure 6: Produit cosmétique a la caroube.....14
Figure 7: La race Ouled Djellal.....17
Figure 8: Répartition de la race Ouled Djellal en Algérie 19
Figure 9: Femelle et male de la race Ouled Djellal 21
Figure 10: Mensuration corporelle d'une brebis 21
Figure 11: Moutou Ouled Djellal.....22
Figure 12: Localisation géographique de la ferme Kadri Ibrahim 36
Figure 13: Les différents concentrés T0, T10 et T20 proposés aux troits lots 38
Figure 14: Schéma du dispositif expérimental.....40
Figure 15: Principales mensurations utilisées pour apprécier la conformation des petits ruminants.....45
Figure 16: Evolution du poids vif (J0 →J52) des agneaux selon le niveau d'incorporation de caroube.....53
Figure 17: Gain moyenne quotidien (GMQ) des agneaux selon le niveau de caroube 54
Figure 18: Evolution des refus moyens de concentré au cours de l'essai (moyenne par période de 8 jours) 56
Figure 19: Indice de Consommation Alimentaire (ICA) selon le niveau de caroube.....57
Figure 20: Poids de carcasse et indice de compacité selon le niveau de caroube 59
Figure 21: Poids du foie et de la graisse interne selon le niveau de caroube.....60

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification de basées types sexuels du caroubier.....7
Tableau 2: Principaux cultivars internationaux (par origine).....8
Tableau 3: Principaux pays producteurs de caroube dans le monde 8
Tableau 4: Composition de la gousse entière.....10
Tableau 5: Composition de la pulpe et des graines 10
Tableau 6: composition d'acides aminés de caroube.....11
Tableau 7: Composition en tannins et composées phénolique de la caroube 11
Tableau 8: Valeur énergétique de la caroube chez les ruminants.....12
Tableau 9: Composition des teneurs en sucre et en lipides (pour 100g) - Poudre de caroube vs Pépites de chocolat.....12
Tableau 10: Limites et précautions d'utilisation de la caroube 16
Tableau 11: Indicateurs de l'importance économique de la race Ouled Djellal en Algérie 19
Tableau 12: Mensuration corporelle d'une brebis 21
Tableau 13: Mensuration corporelle d'un bélier.....21
Tableau 14: Caractéristique qualitatives de la race Ouled Djellal.....22
Tableau 15: Les valeurs du paramètre de reproduction des brebis.....24
Tableau 16: Les caractéristiques de reproduction des béliers de la race Ouled Djellal....25
Tableau 17: Qualité de la viande et la carcasse de la race Ouled Djellal.....26
Tableau 18: Caractéristiques et composition chimique des rations.....41
Tableau 19: Méthodes d'analyses des rations.....42
Tableau 20: Principales pesée et mensuration effectuées sur les carcasses et les organes44
Tableau 21: Les ingrédient et le prix unitaire (DA kg) 49
Tableau 22: Composition (%) des concentrés expérimentaux selon le niveau de caroube 51
Tableau 23: Composition chimique qnqlysée de ration expérimentales (% de matière sèche; n.d= non déterminé) 52
Tableau 24: Poids vif initial et final des agneaux selon le niveau de caroube (moyenne ± écart-type, n=6).....52
Tableau 25: Gain de poids et GMQ des agneaux selon le niveau de caroube (moyenne ± écart-type, n = 6).....53

Tableau 26: Bilan de la consommation et des refus de concentré par lot (valeurs recalculées: distribué- refusé) 55
Tableau 27: Indice de Consommation Alimentaire selon le niveau de caroube (moyenne ± écart-type, n = 6).....56
Tableau 28: Paramètres biochimiques sanguins des agneaux selon le niveau de caroube (n=2 par lot, valeurs moyennes en g/L).....57
Tableau 29: Poids et mensurations des carcasses selon le niveau de caroube (moyenne ± écart-type, n = 6).....59
Tableau 30: Organes et dépôts adipeux selon le niveau de caroube (moyenne ± écart-type, n = 6) 60
Tableau 31: Quantités d'aliment consommées par traitement au cours de l période expérimentale (kg/lot de 6 agneaux) 61
Tableau 32: Couts alimentaires des quatre ingrédients variables par traitement (DA par lot de 6 agneaux) 62
Tableau 33: Cout alimentaire ramené au kilogramme de gain vif par traitement.....62
Tableau 34: Synthèse des performances d'engraissement des agneaux Ouled Djellal selon le niveau de caroube (moyenne ± écart-type, n = 6) 64

Parti bibliographique

Introduction générale

Introduction.

L'élevage ovin occupe une place centrale dans le secteur agricole des pays du bassin méditerranéen, notamment en Algérie, où il constitue un pilier essentiel de l'économie pastorale et une importante source de protéines animales. Toutefois, ce secteur est confronté à des défis croissants, parmi lesquels la dégradation et la raréfaction des parcours steppiques, l'augmentation du coût des aliments concentrés, ainsi que les effets néfastes des changements climatiques, qui fragilisent davantage les systèmes d'élevage traditionnels. Dans ce contexte, la recherche de ressources alimentaires alternatives, locales, disponibles et économiquement viables est devenue une nécessité pour assurer la durabilité de la production ovine et améliorer sa rentabilité.

Dans cette perspective, les gousses de caroubier (Ceratonia siliqua L.) suscitent un intérêt croissant en tant que ressource alimentaire prometteuse pour les ruminants, en raison de leur composition chimique remarquable. De nombreuses études ont montré que l'incorporation des gousses de caroube dans les rations d'engraissement des agneaux contribue à améliorer les performances de croissance ainsi que l'efficacité de la conversion alimentaire. Ces résultats soutiennent la possibilité d'utiliser la caroube comme substitut partiel ou total aux céréales conventionnelles dans les rations d'engraissement, notamment dans les régions où le caroubier est naturellement présent, comme en Algérie, contribuant ainsi à réduire les coûts d'alimentation et à promouvoir la durabilité des systèmes de production animale.

Afin d'évaluer le potentiel d'application de cette ressource alimentaire, la race ovine Ouled Djellal constitue un modèle d'étude particulièrement pertinent, puisqu'elle est la principale race à vocation bouchère en Algérie. Elle se distingue par sa grande capacité d'adaptation aux conditions environnementales difficiles tout en maintenant un bon niveau de production. Elle est également reconnue pour sa capacité à valoriser des ressources alimentaires de faible qualité et à exprimer une croissance compensatrice marquée lorsque le niveau alimentaire s'améliore. Ces caractéristiques en font un modèle idéal pour étudier l'effet de l'incorporation de ressources alimentaires alternatives, telles que les gousses de caroube, sur les performances zootechniques et l'état sanitaire des agneaux.

Problématique

Dans ce contexte, la problématique de cette étude peut être formulée comme suit : Dans quelle mesure l'incorporation de farine de gousses de caroube dans l'alimentation des agneaux de race

Ouled Djellal permet-elle d'améliorer leurs performances de croissance et d'engraissement, tout en constituant une alternative alimentaire locale, économique et applicable ?

Objectifs de l'étude

L'objectif général de ce travail est d'évaluer l'effet d'une supplémentation énergétique à base de farine de gousses de caroube (Ceratonia siliqua L.) sur les performances zootechniques des agneaux de race Ouled Djellal en phase d'engraissement.

Organisation du mémoire

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres principaux, précédés d'une **introduction générale** et suivis d'une conclusion générale.

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur la caroube (Ceratonia siliqua L.). Il aborde les aspects botaniques, la composition chimique, la valeur nutritionnelle et l'impact de la caroube sur la production animale, en mettant l'accent sur son utilisation chez les ruminants.

Le deuxième chapitre est consacré à la race ovine Ouled Djellal. Il présente l'origine, les caractéristiques morphologiques, les performances de production (croissance, reproduction) ainsi que les particularités digestives et nutritionnelles de cette race, en soulignant son adaptation aux conditions semi-arides algériennes.

Le troisième chapitre traite de la croissance et de l'engraissement des agneaux de la race Ouled Djellal. Il aborde les facteurs influençant la croissance, les périodes critiques de l'élevage, les systèmes d'engraissement, ainsi que les paramètres de performances et les critères de qualité des carcasses chez cette race.

Le quatrième chapitre est consacré à l'étude expérimentale. Il décrit le matériel et les méthodes utilisés (animaux, rations, dispositif expérimental, paramètres mesurés), présente les résultats obtenus et les discute à la lumière des données de la littérature.

Enfin, une **conclusion générale** synthétise les principaux résultats de l'étude, en propose les limites et ouvre des perspectives pour de futures recherches.

CHAPITER 1 : Le Caroubier (Ceratonia siliqua L)

CHAPITER 1 : Le Caroubier (Ceratonia siliqua L.)

Les plantes médicinales et alimentaires sont considérées comme l'une des ressources naturelles utilisées par de nombreuses industries modernes, en raison de leur richesse en composés actifs aux multiples bienfaits pour la santé. Le caroubier fait partie de ces plantes qui ont suscité un intérêt croissant ces dernières années, grâce à la diversité de ses usages et à la richesse de ses propriétés chimiques et biologiques. Le caroubier se distingue par sa composition riche en éléments actifs, ce qui lui confère une grande valeur dans différents domaines. Par ailleurs, l'intérêt scientifique pour le caroubier a considérablement augmenté, de nombreuses études ayant mis en évidence son importance et ses multiples dimensions. Dans ce contexte, ce travail vise à étudier le caroubier sous différents aspects.

Source spécifiée non valide.

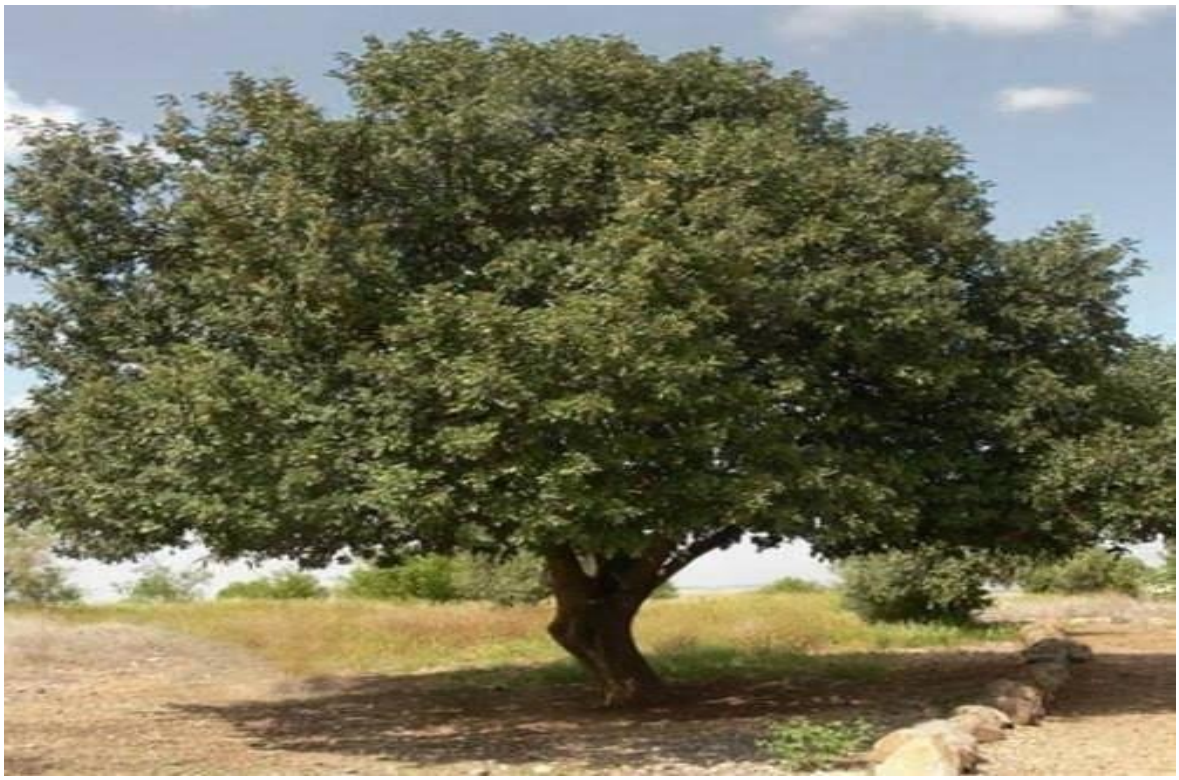


Figure 1:la caroubie

1 .1. Définition

Le caroubier (Cretoni silique) est un arbre d'origine méditerranéenne, sempervirent, appartenant au genre Cretoni de la famille des Fabacée et à l'ordre des Rosales. Son nom provient du grec kermas (corne) et du latin siliqua (gousse dure), tandis que son nom commun dérive de l'hébreu kharuv, dont est issue l'appellation arabe « الخروب ». La famille des

légumineuses est l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs, comprenant environ 650 genres et plus de 18 000 espèces végétales, ce qui reflète la grande diversité de cette famille en termes de forme et d'environnement. Le caroubier se distingue par sa grande résistance à la sécheresse et sa capacité d'adaptation aux conditions environnementales difficiles, avec une longévité productive pouvant aller de 100 à 150 ans et pouvant atteindre jusqu'à environ 500 ans sans nécessiter beaucoup d'entretien**.** Le fruit du caroubier est composé principalement de pulpe (environ 90 %) et de graines (environ 10 %). La pulpe est riche en fibres alimentaires, en sucres et en composés bioactifs tels que les polyphénols ce qui lui confère une valeur nutritionnelle et sanitaire importante ainsi qu'un fort potentiel en tant qu'aliment fonctionnel et ingrédient dans l'industrie alimentaire, en plus de son utilisation en alimentation animale. Le caroubier est largement répandu dans plusieurs pays méditerranéens tels que Chypre, l'Espagne, le Maroc, la Tunisie et l'Algérie, ce qui témoigne de son importance écologique, économique et alimentaire à travers l'histoire et jusqu'à aujourd'hui.

1.1.1. Définition botanique

1. Nom scientifique et classification botanique Nom scientifique : Ceratonia siliqua L. Famille : C'est une Fabaceae, une famille de légumineuses. Ordre : Fabales. Classification : Il fait partie du genre Ceratonia, qui ne compte qu'une seule espèce.
2. . Port et hauteur C'est un arbre qui garde ses feuilles toute l'année. Il peut atteindre 10 à 15 mètres de haut, et parfois même 20 mètres si les conditions sont vraiment bonnes. Sa couronne est large et dense, et elle offre beaucoup d'ombre. Ses branches s'étalent horizontalement, et certaines montent un peu.
3. Tronc et écorce Son tronc est épais et plutôt robuste. L'écorce, d'abord brun grisâtre, se fissure et devient rugueuse en vieillissant. Le bois du caroubier est dur et solide, on l'utilise pour divers travaux artisanaux.
4. . Feuilles Les feuilles sont composées, avec 2 à 5 paires de petites feuilles (folioles). Ces folioles sont assez dures au toucher, de forme ovale à allongée, et mesurent environ 2 à 4 cm de long sur 1 à 2 cm de large. Le dessus est lisse, brillant et vert foncé, tandis que le dessous est plus clair et moins brillant. Elles n'ont pas de poils et sont rangées de façon symétrique sur la tige.
5. Fleurs Les fleurs du caroubier sont petites, de couleur rougeâtre à brunâtre. Elles n'ont pas de pétales, ou alors des pétales très petits. Elles sont regroupées en grappes. L'espèce est dioïque, ce qui veut dire que les fleurs mâles et les fleurs femelles poussent sur des arbres différents. La floraison arrive généralement à la fin du printemps ou au début de l'été.

6. Fruits Le fruit est une longue gousse épaisse, légèrement courbée et de forme plutôt arrondie. Elle fait entre 10 et 25 cm de long et 2 à 4 cm de large. Les gousses sont vertes au début, puis elles deviennent brun foncé, voire noires, quand elles sont mûres. La pulpe est sucrée, très riche en sucres (environ 30 à 40 %), c'est pourquoi on l'utilise depuis longtemps comme substitut du chocolat ou comme édulcorant naturel. Le fruit contient des graines dures, brillantes et d'un brun rougeâtre.
7. Graines Les graines sont ovales et allongées, très dures et leur poids est assez constant. C'est d'ailleurs pour ça qu'elles servaient autrefois d'unité de mesure, qu'on appelait « carat ». Elles mesurent environ 6 à 8 mm de long et 4 à 5 mm d'épaisseur. Leur enveloppe est extrêmement résistante aux conditions difficiles de l'environnemen



Figure 2 : Les parties morphologies de caroubier - Cerat

8. . Écologie et croissance Le caroubier supporte bien la sécheresse et les zones méditerranéennes un peu arides. Il pousse bien dans des sols qui drainent bien l'eau, qu'ils soient sableux ou avec un mélange de sable et d'argile. Il supporte les températures chaudes et beaucoup de soleil, mais il n'aime pas le gel intense. Il préfère les endroits bien ensoleillés.

- ## 1.1.2. Origine

La plupart des experts disent que le caroubier vient de l'est de la Méditerranée **(Sain et al. 2016 ; De Candolle, 1886)**, même si tout le monde n'est pas d'accord. Par exemple, Schweinfurth (1894) pense qu'il viendrait plutôt du sud de l'Arabie, du Yémen. Et Zohar (1973), lui, le met dans la même catégorie que les plantes d'Inde et de Malaisie, comme l'olivier, le laurier et le myrte. On trouve naturellement le caroubier en Turquie, à Chypre, en Syrie, au Liban, en Palestine, dans le sud de la Jordanie, en Égypte, en Arabie, en Tunisie et en Libye.

Ensuite, il a atteint l'ouest de la Méditerranée. Les Grecs sont ceux qui l'ont introduit en Grèce et en Italie. Les Arabes, eux, l'ont fait découvrir le long des côtes d'Afrique du Nord, et aussi dans le sud et l'est de l'Espagne. Plus tard, les Espagnols l'ont emmené en Amérique du Sud, en Amérique du Nord et en Australie (**Thillot et al. 1980).** En Algérie, comme dans beaucoup d'autres pays méditerranéens, le caroubier pousse tout seul, à l'état sauvage, dans des endroits où le climat est plutôt humide ou semi-aride. On le trouve souvent avec d'autres plantes typiques de ces régions, comme l'olivier ou le lentisque (**Benmahjoub et al. 2011).** Les vieux documents nous disent que le caroubier est arrivé en Amérique en 1854. D'ailleurs, pendant la guerre des Britanniques en Espagne, entre 1811 et 1812, les gousses de caroube étaient données aux chevaux de la cavalerie anglaise comme nourriture. Même aujourd'hui, les fruits du caroubier servent encore à nourrir les animaux dans beaucoup de pays.

Tableau 1 : Classification de basées types sexuels du caroubier

Type sexuel (Sexuel Type)	**Description (Description)**	**Exemples de cultivars (Cultivar Exemples**
Cultivars femelles (Femelle)	Ont besoin d'un pollinisateur (hermaphrodite ou mâle) pour produire les fruits.	'Amele', 'Casuda', 'Sfax' (Tunisie), 'Koundourka', 'Tylliria' (Chypre), 'Aida',
Cultivars hermaphrodites (Hermaphrodite)	autopollinisation utilisés comme pollinisateurs pour les cultivars femelles.	Tantillo (Sicile), Clifford', 'Santa Fe', 'Ramillete',
Cultivars mâles (Male)	Ne produisent pas de fruits. Leur rôle principal est de polliniser les fleurs des cultivars femelles	Leur existence a été documentée en Catalogne, Espagne.

Tableau 2: Principaux cultivars internationaux (par origine)

Cultivar (Cultivar)	Pays d'origine (Origine)	Type (Sex)	Caractéristiques principales
'Albarcara'	Italie	Femelle	Rendement en graines plus élevé, fruits de petite taille mais teneur en graines très élevée (20.6%).
'Aida'	Portugal	Femelle	Cultivar à maturation précoce, haute productivité en poids des fruits et des graines.
'Sfax'	Tunisie	Femelle	Gousses brun-rougeâtre, saveur excellente, saison de maturation précoce (août), teneur en sucre élevée (56.6%).
'Tantillo'	Sicile (Italie)	Hermaphrodite	Auto fertile, fructification dense et régulière, gousses brun foncé et saveur acceptable.
'Tylliria'	Sicile (Italie)	Femelle	Principal cultivar d'exportation ; gousses brun foncé, bonne teneur en sucre (environ 50%)

1.2. Répartition du caroubier :

1.2.1. Dans le monde :

Tableau 3: Principaux pays producteurs de caroube dans le monde

Classement	État	Volume de production	Production mondiale
1	Turque	24560000	43 ,91
2	Maroc	22100000	39,51
3	Liban	4190000	7,49
4	Algérie	3420000	6,12
5	Tunisie	813360	1,45



Figure 3: Carte de répartition géographique du caroubier dans le monde

1.2.2. En Algérie

Le caroubier est cultivé abondamment dans les montagnes de l'Atlas saharien, où il pousse naturellement dans les climats chauds, semi-arides et subhumides. Sa zone de répartition a été déterminée sur la base d'un ensemble de critères environnementaux, dont les principaux sont :

- ***Protection contre le gel*** : Il prospère dans les vallées froides protégées du gel, à des altitudes comprises entre 100 et 1 300 mètres.
- ***Températures*** : Elles varient entre 5 et 20 °C, ce qui est favorable à sa croissance.
- ***Précipitation :*** Il nécessite entre 80 et 600 mm par an pour assurer sa pérennité.

Sur la base de ces critères climatiques précis, les zones de répartition du caroubier en Algérie ont été déterminées.

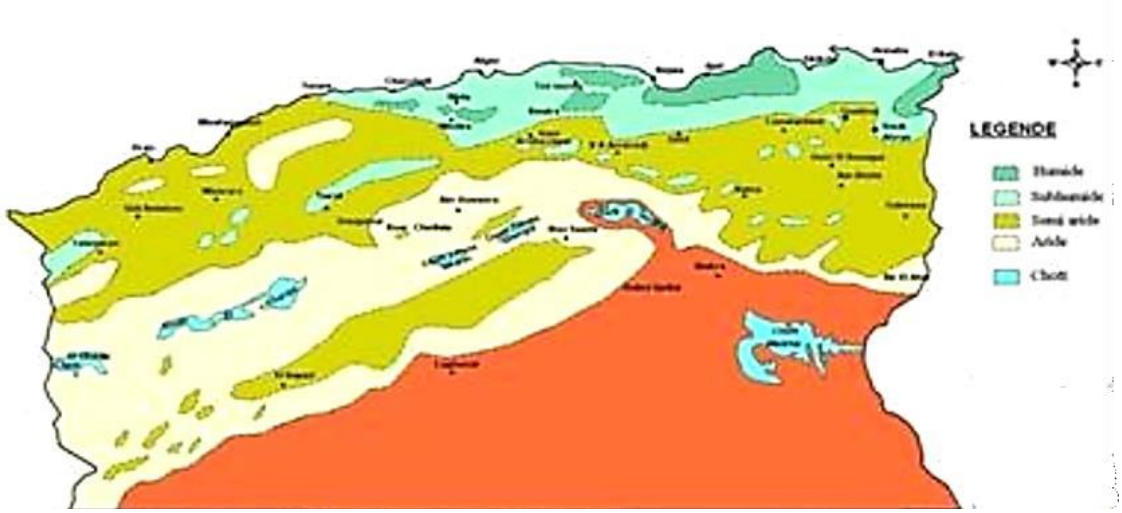


Figure 4: Carte de répartition géographique du caroubier en Algérie (CHAHBAR, 2021)

1.3. Composition chimique de la caroube

La composition chimique de la caroube varie en fonction de la partie de la gousse et des conditions de séchage. Les études ont montré que la caroube est très riche en glucides, avec environ 50 % de sucres. Cela en fait une source d'énergie idéale pour la croissance des agneaux. Selon certaines recherches, les gousses de caroube contiennent suffisamment de protéines et d'énergie pour couvrir les besoins des brebis. Les tableaux ci-dessous présentent les valeurs moyennes rapportées dans la littérature.

1.3.1. Composition de la gousse entière :

Tableau 4: Composition de la gousse entière

Constituant	**Valeur moyenne (MS%)**
Matière sèche	90 - 95%
Protéines brutes	4,6 - 5,5 %
Glucides totaux	88,7%
Sucres (glucose + saccharose)	48 -50%
Fibres brutes	7,5 – 8,1%
Matières grasses	0,6 – 0,8%
Cendres	2,2 – 5,5%

1.3.2. Comparaison entre pulpe et graines :

La composition diffère considérablement entre la pulpe (partie charnue) et les graines :

Tableau 5: Composition de la pulpe et des graines

Constituant (MS%)	**Pulpe (gousse sans graines)**	**Graines**
Protéines brutes	5,5- 8,1 %	18,5- 49,4 %
Matières grasses	0,6%	2,0- 5,6%
Fibres brutes	7,5 %	5,6- 15,9%
Glucides	Elevés (surtout sucres)	Modérés(amidon)
Calcium (Ca)	Faible	Elevé (jusqu'à 9,7 g/kg)
Phosphore (P)	Faible	Elevé (jusqu'à 9,7 g/kg)

Observation importante : Les graines sont beaucoup plus riches en protéines (jusqu'à 49,4 % MS pour le germe déshydraté) que la pulpe (environ 5-8 % MS). Cependant, dans l'alimentation des agneaux, c'est généralement la gousse entière ou la farine de caroube qui est utilisée.

1.3.3. Composition en acides aminés (germe de caroube)

Le germe de caroube (partie interne de la graine) présente un profil d'acides aminés intéressant :

Tableau 6: composition d'acides aminés de caroube

Acide aminé	**% des protéines**
Acide glutamine	24%
Arginine	8,6%
Acide aspartique	7,2%
Leucine	6%
Lysine	5,4%
Glycine	4,1%
Valine	3,9%

1.3.4. Composés bioactifs : Tanins et polyphénols

La caroube contient des tanins condensés, des composés phénoliques qui peuvent influencer la digestion des ruminants. Selon la littérature :

Tableau 7: Composition en tannins et composées phénolique de la caroube

Métabolite secondaire	**Teneur (g/kg MS)**
Tanins condensés (équivalent catéchine)	7
Tanins totaux (équivalent acide tannique)	4,5

Ces tanins ont des effets à la fois positifs et négatifs :

-*Effets positifs :* Protection des protéines contre la dégradation ruminale, activité antiparasitaire (anticoccidienne)

-*Effets négatifs* : Réduction de la digestibilité des fibres à des concentrations élevées

1.3.5. Valeur énergétique

La caroube est une source énergétique importante pour les ruminants :

Tableau 8: Valeur énergétique de la caroube chez les ruminants

Paramètre	**Valeur**
Energie brute	20,7 MJ/kg MS
Energie digestible(porc)	17,3 MJ/kg MS
Energie métabolisable(ruminants)	9,9 MJ/kg MS
Digestibilité de la matière organique	79,4 %

1.4. Utilisation et intérêt nutritionnel de la caroube :

1.4.1. Les utilisations de la caroube :

- **En alimentation humaine :**

➢ *Substitut du chocolat :*

La caroube a un goût similaire au cacao et contient une douceur naturelle. C'est pourquoi beaucoup de gens l'utilisent comme substitut du chocolat. Lorsqu'elle est torréfiée, la poudre de caroube ressemble encore plus au goût du cacao. Si on compare la caroube au cacao, on trouve que leurs calories et fibres sont à peu près les mêmes. Mais la caroube contient plus de glucides, et moins de protéines et de lipides. Donc, si vous remplacez les pépites de chocolat par de la poudre de caroube

Tableau 9: Composition des teneurs en sucre et en lipides (pour 100g)

Poudre de caroube vs Pépites de chocolat

	Poudre de caroube	**Pépites de chocolat**
Sucre	51g	92g
Lipides	< 1g	50g



Figure 5: Produits dérivés de la caroube poudre et barres type chocolat - Ceratonia

- **En alimentation animal :**

La caroube séchée peut être utilisé comme ingrédient dans la fabrication des aliments pour animaux. Il est également employé pour l'extraction de substances aux propriétés spécifiques bénéfiques pour les animaux. La caroube séchée se distingue par sa forte teneur en glucides (oligosaccharides et polysaccharides), ce qui en fait une source d'énergie importante. Il contient aussi du pinitol (qui représente environ 10 % des sucres), contribuant à l'augmentation de la masse musculaire et à l'amélioration des performances musculaires, en plus d'autres propriétés.

- **En pharmacie**

Dans plusieurs pays européens, la poudre de caroube est utilisée comme préparation pharmaceutique pour traiter les diarrhées légères chez les enfants et les adultes. Cette propriété antidiarrhéique est attribuée à sa richesse en tanins, des composés poly phénoliques hydrosolubles aux effets astringents sur la muqueuse intestinale. La poudre de caroube est commercialisée en pharmacie comme produit naturel antidiarrhéique.

Parmi ces spécialités pharmaceutiques, on peut citer Carobel® (Nutricia / Baxter), une poudre épaississante destinée à être ajoutée au lait des nourrissons pour traiter le reflux gastro-œsophagien ou épaissir les aliments. On trouve également des compléments alimentaires comme Arkogélules Gomme de Caroube® (Arkopharma). Des études cliniques ont démontré l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement de la diarrhée chez les nourrissons, à la dose de 1 g /kg de poids corporel par jour.

- **En cosmétique**

✓ Fixateur et épaississant naturel La gomme de caroube dans les crèmes, les lotions et les gels.

- ✓ Produits de soin capillaire Dans les gels naturels, les shampooings solides et les après-shampooings.
- ✓ Adoucissant et apaisant pour la peau Dans les poudres pour le visage et les masques



Figure 6: Produit cosmétique à la caroube

1.4.2. Les bienfaits de caroube

Il possède des propriétés anti-inflammatoires. Il contribue également à réduire le risque de certaines maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires et le cancer. Il améliore les processus métaboliques et le métabolisme. Il augmente la sensibilité à l'insuline et peut aider dans la gestion du diabète. Il contient une faible teneur en matières grasses, ce qui permet de le consommer comme collation dans le cadre d'un régime alimentaire visant la perte de poids. C'est une bonne source de calcium, essentiel pour la santé des os. Il favorise l'augmentation de la production de spermatozoïdes et améliore leur qualité.

- ## 1.4.3. Les inconvénients de la caroube

Malgré la diversité de ses bienfaits, une étude réalisée en Espagne a montré que les personnes souffrant d'allergies aux fruits à coque et aux légumineuses peuvent présenter des réactions allergiques lors de la consommation de caroube. Ces réactions allergiques peuvent inclure des éruptions cutanées, de l'asthme et le rhume des foins.

1.5. Impact sur la production animale

L'incorporation de la caroube dans l'alimentation des ruminants, notamment des ovins, produit plusieurs effets sur les performances de croissance, la digestibilité et la santé animale.

- **1.5.1. Effet sur l'ingestion et l'appétibilité**

Les études rapportent que les régimes à base de caroube sont bien acceptés par les animaux. Les tanins condensés ne semblent pas affecter négativement l'ingestion volontaire aux taux d'incorporation usuels (inférieurs à 20-30 % de la ration). Une étude menée sur des agneaux a montré que les régimes riches en caroube étaient bien consommés sans impact sur le gain de poids corporel par rapport aux témoins.

- **1.5.2. Effet sur la croissance et l'engraissement**

Le caroube, riche en sucres (environ 50 % de glucides), constitue une source d'énergie disponible pour la croissance des agneaux. Selon El-shatnawi et Ereifej (2001), les gousses de caroube contiennent suffisamment de protéines brutes et d'énergie pour couvrir les besoins d'entretien et de lactation des brebis.

Pour les agneaux Ouled Djellal en engraissement : Le caroube peut remplacer partiellement les céréales (orge, maïs) dans la ration concentrée, avec un effet attendu sur la croissance et l'indice de consommation.

- **1.5.3. Effet sur la digestibilité :**

- Les tanins contenus dans la caroube (7 g/kg MS) ont un effet "bypass" (protection des protéines) :
- Ils forment des complexes avec les protéines alimentaires, réduisant leur dégradation dans le rumen
- Les protéines ainsi protégées sont digestibles dans l'intestin grêle, améliorant l'efficacité d'utilisation des acides aminés
- La digestibilité de la matière organique de la caroube est élevée (79,4 %).
- La digestibilité de l'azote atteint 90,3 % pour le germe de caroube.

Attention : À des taux d'incorporation trop élevés (> 30-40 %), les tanins peuvent réduire la digestibilité des fibres et limiter l'activité des microorganismes du rumen.

- **1.5.4. Effet sur la santé animale : activité anticoccidienne**

Un résultat important de la littérature récente concerne l'effet des tanins du caroube sur les parasitoses :

- Une étude menée a montré que l'incorporation de farine de gousses de caroube dans la ration des agneaux pouvait réduire l'excrétion des œufs de coccidies (parasites intestinaux : Eimeria spp.)
- Cet effet antiparasitaire est attribué aux tanins condensés qui perturbent le cycle de vie des parasites

Cet effet antiparasitaire pourrait être bénéfique pour la santé des agneaux Ouled Djellal, surtout en élevage extensif.

• 1.5.5. Limites et précautions d'utilisation

Malgré ses nombreux avantages, l'utilisation de la caroube présente quelques limites :

Tableau 10: Limites et précautions d'utilisation de la caroube

Limite	**Explication**
Teneur en fibres	Les gousses entières sont riches en fibres (NDF= 48,2%), ce qui peut limiter l'ingestion chez les jeunes agneaux
Tanins à haute dose	Au-delà de 30-40 % d'incorporation, risque de réduction de digestibilité et d'appétibilité
Déséquilibre Ca/P	Le rapport calcium/phosphore peut être déséquilibré selon la partie utilisée
Variabilité de composition	La composition varie selon la variété, le sol, le climat et le degré de maturité

Le caroube (Ceratonia siliqua) présente des caractéristiques botaniques qui le rendent parfaitement adapté aux régions semi-arides comme l'Algérie. Sa composition chimique montre qu'il est riche en sucres (source d'énergie), contient des tanins (effet "bypass" des protéines et antiparasitaire), et possède une valeur énergétique intéressante pour les ruminants. Son impact sur la production animale inclut une bonne acceptabilité, un effet potentiel sur la croissance, une digestibilité satisfaisante, et des propriétés antiparasitaires contre les coccidies.

CHAPITER 2 : La Race Ouled Djellal

CHAPITER 2 : La race Ouled Djellal

La race ovine Ouled Djellal est la principale race à viande d'Algérie, reconnue pour son adaptation aux conditions semi-arides et son potentiel de production. Face aux défis de l'élevage ovin (raréfaction des parcours, cherté des aliments, changement climatique). Ce chapitre présente l'origine, les caractéristiques morphologiques, les performances de production, les particularités digestives et l'adaptation de la race Ouled Djellal aux zones semi-arides, afin de mieux comprendre ses besoins nutritionnels.



Figure 6: La race Ouled Djellal

2.1. Origine, Répartition et Importance de la race Ouled Djellal

2.1.1. Origine de la race

L'origine de la race Ouled Djellal, également appelée "race arabe blanche", a suscité de nombreuses controverses parmi les auteurs. Actuellement, trois hypothèses principales sont évoquées dans la littérature scientifique pour expliquer l'apparition de cette race en Algérie.

La première hypothèse, soutenue par certains auteurs, propose que la race Ouled Djellal aurait été introduite en Algérie par les Romains au Ve siècle, en provenance de la région de Tarente en Italie, où un type de mouton similaire existe encore aujourd'hui. Cette thèse est notamment défendue par le Dr Trouette, qui s'appuie sur la présence de représentations de ces moutons sur les stèles funéraires des ruines de Timgad (Batna). **(Wikipédia, 2023)**

La seconde hypothèse attribue l'introduction de la race aux invasions hilaliennes au XIe siècle, lorsque les Banu Hilal seraient venus du Hedjaz (Arabie) en passant par la Haute-Égypte sous le califat des Fatimides **(Wikipédia, 2023).** Cependant, cette thèse est remise en question par le fait que les races ovines du Moyen-Orient et d'Asie sont toutes des races à queue grasse, alors que l'Ouled Djellal possède une queue fine. **(Djaout, 2017)**

La troisième hypothèse, avancée par Sagne (1950) et Turries (1976), suggère que le qualificatif "arabe" ne fait pas référence à une origine arabe de la race, mais plutôt au territoire habité par des éleveurs de langue arabe. Selon cette vision, le peuplement ovin des steppes serait postérieur à l'occupation romaine mais antérieur à la conquête arabe, et serait lié aux invasions Zénètes ainsi qu'au développement du grand nomadisme, favorisé par l'apparition du dromadaire en Afrique du Nord. **(Djaout, 2017)**

Des études génétiques plus récentes ont apporté des éléments de réponse à cette controverse. L'analyse de l'ADN mitochondrial menée par Ghernouti et al. (2017) a montré que 87% des individus algériens appartiennent à l'haplogroupe B, tandis que l'haplogroupe C n'est enregistré que chez la race Ouled Djellal. Ces données indiquent que les trois races endémiques algériennes (Ouled Djellal, Rembi et Berbère) sont issues de trois événements migratoires indépendants, et que la race Ouled Djellal serait la plus récente, arrivée du Moyen-Orient lors d'une migration distincte **(Ghernouti N. e., 2017)**

2.1.2. Répartition géographique en Algérie

La race Ouled Djellal est historiquement concentrée dans la région de Biskra (nord-est du pays). À partir de 1970, son expansion à travers tout le territoire algérien a commencé, facilitée par l'accès aux véhicules motorisés **(Gaouar, 2015)**

Aujourd'hui, la race Ouled Djellal est présente dans la plupart des régions d'Algérie, à l'exception des zones montagneuses et sahariennes. Une étude menée dans la région de Naama (Algérie de l'Ouest) a montré que la race Ouled Djellal représente plus de 90% du cheptel ovin dans cette zone pastorale.

Carte de répartition :

- Régions steppiques et hauts plateaux : zone de prédilection (Centre et Est de l'Algérie)
- Plaines côtières : expansion récente
- Zones semi-arides : très bien adaptée
- Zones montagneuses et Sahara : pratiquement absente

(Gaouar, 2015)

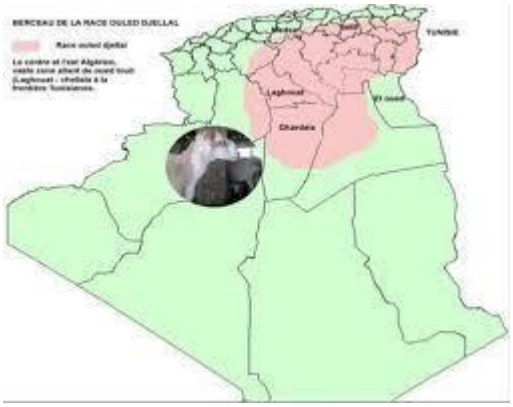


Figure 7: Répartition de la race Ouled Djellal en Algérie

2.1.3. Importance économique et démographique

La race Ouled Djellal occupe une place prépondérante dans l'élevage ovin algérien :

Tableau 11: Indicateurs de l'importance économique de la race Ouled Djellal en Algérie

Indicateur	**Valeur**	**Source**
Part du cheptel ovin national	Plus de 63%	**(Gaouar, 2015)**
Région de Naama (Ouest)	Plus de 90%	**(Youcefi, 2024)**
Production de viande rouge	58% de la production nationale	**(Gaouar, 2015)**

L'élevage ovin représente 80% de la production animale totale de l'Algérie. La race Ouled Djellal est considérée par les éleveurs comme la meilleure race à viande du pays, ce qui explique sa large diffusion. **(Gaouar, 2015)**

2.1.4. Impact sur la diversité génétique des autres races

L'expansion de la race Ouled Djellal a eu des conséquences négatives sur la biodiversité ovine algérienne : **(Gaouar, 2015)**

- Dilution génétique : Les races Rembi et Berbère ont perdu une grande partie de leur originalité génétique à cause des croisements non contrôlés avec l'Ouled Djellal
- Marginalisation : Certaines races sont menacées de contraction de leurs effectifs
- Homogénéisation génétique : Phénomène observé dans tout le Maghreb, particulièrement accentué depuis les dernières décennies **(Ben Sassi-Zaidy, 2019)**

Les races à haute priorité de conservation en Algérie sont : Hamra, Sidaoun et D'man **(Gaouar, 2015)**

2.1.5. Importance pour l'élevage ovin Algérien

Malgré son impact négatif sur la biodiversité, la race Ouled Djellal présente des atouts majeurs qui justifient sa prédominance :

- Grande taille et bon potentiel bouché **(Gaouar, 2015)**
- Capacité remarquable à parcourir de longues distances sur les parcours steppiques **(Ghernouti N. B., 2017)**
- Adaptation aux conditions semi-arides (températures élevées, sécheresse) **(Gaouar, 2015)**
- Rentabilité économique perçue par les éleveurs

Cette race constitue la base de l'économie pastorale dans les zones steppiques et semi-arides d'Algérie, justifiant son utilisation comme modèle d'étude pour les travaux de recherche en nutrition et production ovine.

2.2. Caractéristique morphologique de la race Ouled Djellal

2.2.1. Description générale

La race Ouled Djellal est facilement reconnaissable par les éleveurs algériens. C'est un mouton de grande taille comparé aux autres races locales comme la Rembi ou la Berbère.

Les principaux signes distinctifs sont :

- Une robe blanche uniforme (parfois avec des taches noires sur la tête ou les pattes)
- Des oreilles longues et tombantes
- Un profil de tête légèrement convexe (légèrement busqué)
- Un corps allongé avec une bonne profondeur de poitrine
- Absence de cornes chez la plupart des individus (mouton "mouflon")

2.2.2. Mensurations corporelles

Une étude de **(Harkat, 2015)** a réalisé la première caractérisation phénotypique détaillée de la race Ouled Djellal. Les chercheurs ont mesuré 1104 femelles et 84 mâles dans différentes régions d'Algérie.



Figure 8: Femelle et male de la race Ouled Djellal

Voici les principales mensurations obtenues :

1. **Pour les femelles (brebis) :**

Tableau 12: Mensuration corporelle d'une brebis

Mesure	**Valeur moyenne approximative**
Hauteur au garrot (HG)	70-75 cm
Longueur du corps (LC)	75-80 cm
Tour de poitrine (TP)	90-95 cm
Poids vif adulte	45-55 kg

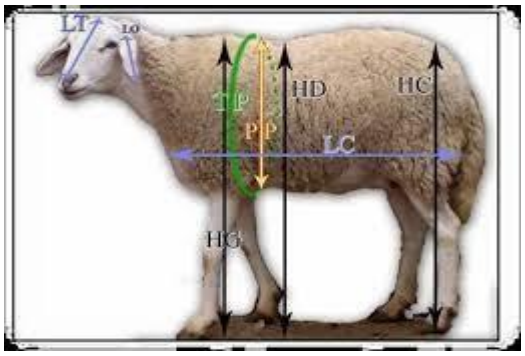


Figure 9: Mensuration corporelle d'une brebis

2. **Pour les mâles (béliers) :**

Tableau 13: Mensuration corporelle d'un bélier

Mesure	**Valeur moyenne approximative**
Hauteur au garrot (HG)	75-85 cm
Longueur du corps (LC)	80-90 cm
Tour de poitrine (TP)	95-105 cm
Poids vif adulte	65-85 kg

2.2.3. Variations selon la région

Un point intéressant que l'étude de **(Harkat, 2015)** a montré est que les moutons ne se ressemblent pas tous selon l'endroit où ils vivent :

- Les Ouled Djellal élevés en plaine sont généralement plus grands et mieux conformés (meilleure musculature)
- Ceux élevés en altitude (dans les hauts plateaux) ont une conformation moins bonne
- Cela signifie que les hauts plateaux ne sont pas l'environnement idéal pour cette race, même si elle y vit depuis longtemps.

2.2.4. Caractères qualitatifs

L'étude a également relevé des caractères qualitatifs (ce qui se voit à l'œil nu) :

Tableau 14: Caractéristique qualitatives de la race Ouled Djellal

Caractère	**Description observée**
Couleur de la toison	Blanche (dominant)
Pigmentation de la tête	Parfois taches noires
Pigmentation des members	Parfois taches noires
Présence de corns (males)	Rare (généralement sans corns)
Form des Oreilles	Longues, tombantes
Form de la queue	Moyenne, descend jusqu'au Jarret



Figure 10: Moutou Ouled Djellal

2.2.5. Pourquoi ces caractéristiques sont importantes :

Ces caractéristiques morphologiques ne sont pas juste des détails. Elles ont une importance pratique pour l'élevage :

- La grande taille donne plus de viande par animal
- La robe blanche réfléchit mieux la chaleur (utile en zone chaude)
- Les oreilles longues aident à dissiper la chaleur
- La bonne profondeur de poitrine indique une bonne capacité respiratoire pour les longs déplacements

2.3. Performances de production

2.3.1. Performances de croissance des agneaux

- **Croissance des agneaux :**

Les modèles de croissance qui décrivent le plus fidèlement la progression du poids des agneaux Ouled Djellal sont les modèles de Gompertz et Logistic. Une étude a été menée dans une exploitation commerciale située dans la région semi-aride d'Algérie (ferme Yahia Ben Aichouch) sur un échantillon de 737 moutons de la race Ouled Djellal. Plusieurs modèles mathématiques ont été testés afin de déterminer lequel correspondait le mieux à la croissance réelle des animaux. Les résultats ont montré que Gompertz et Logistic sont les modèles les plus précis. Ces outils mathématiques se montrent précieux pour estimer le poids des animaux à différents stades de leur développement. **(Belkasmi, 2021)**

- **Poids au sevrage et croissance compensatrice**

Une étude menée par Djellal et al. (2021) **(Djellal F., 2021) s**'est penchée sur l'impact du poids au moment du sevrage sur la croissance future des agneaux. À cet effet, 30 agneaux Ouled Djellal ont été répartis en deux groupes en fonction de leur poids à quatre mois (âge correspondant au sevrage) : un groupe dit "léger" et un autre qualifié de "normal".

Les résultats obtenus sont résumés ci-après **(Djellal F., 2021)**

Période (jours)	**Gain quotidien lot "léger" (g/j)**	**Gain quotidien lot "normal" (g/j)**
120 à 150 jours	158 ± 14	130 ± 13
120 à 210 jours	139 ±8	98 ± 9

Sur la période de 120 à 210 jours, les écarts de croissance entre les deux lots se sont révélés statistiquement significatifs (p = 0,002). Ceci indique que les agneaux ayant un poids inférieur au sevrage ont pu rattraper une partie de leur retard grâce à un phénomène connu sous le nom de "croissance compensatrice". **(Djellal F., 2021)**

À l'issue de la phase d'engraissement, correspondant à l'âge de sept mois, le poids moyen des agneaux légers atteignait 29,1 ± 5,1 kg, contre 36,4 ± 4,1 kg pour ceux du groupe normal. Cependant, cette différence n'était plus considérée comme significative sur le plan statistique (p = 0,109). Ces résultats mettent en lumière la capacité d'adaptation et de récupération de la race Ouled Djellal lorsque les conditions nutritionnelles deviennent adéquates **(Djellal F., 2021)**

- **Poids à la naissance**

Les travaux de recherche ont également démontré la possibilité de prédire le poids des agneaux à la naissance grâce au poids vif et à la note d'état corporel des brebis. Cette information constitue un outil précieux pour les éleveurs, dans la mesure où le poids à la naissance est étroitement lié à la survie des agneaux ainsi qu'à leur rythme de croissance initiale. **(Belkasmi, 2021)**

- **Viabilité des agneaux**

La consommation adéquate de colostrum, premier lait maternel riche en nutriments et en anticorps, est indispensable pour assurer la survie des jeunes agneaux. Une étude réalisée sur les brebis Ouled Djellal a confirmé que leur colostrum possède une excellente qualité, ce qui contribue significativement à la viabilité et au bon développement des agneaux

2.3.2. Indicateurs de performance reproductive

- **Paramètres de reproduction des brebis :**

L'efficacité de reproduction des brebis Ouled Djellal a été systématiquement évaluée dans le cadre de nombreuses recherches scientifiques.

Une étude menée par Arbouch et al. (2013) portant sur 269 brebis situées dans un écosystème semi-aride a donné les résultats suivants **(Arbouche, 2013) :**

Tableau 15: Les valeurs du paramètre de reproduction des brebis

Paramètre	**Valeur**
Taux de fécondité	88 %
Taux de fécondité	95 %
Taux de prolificité	111%

L'enquête a également révélé que divers facteurs influent de manière significative sur ces paramètres de reproduction :

- L'âge des brebis a un impact statistiquement significatif ($p < 0,05$).
- Le mois de reproduction montre une influence exceptionnellement significative ($p < 0,001$).
- La méthode de reproduction (accouplement naturel ou insémination artificielle) influe également sur les résultats.

- **Influence du score d'état corporel (NEC)**

Le Body Condition Score (BCS) constitue un déterminant crucial pour le succès de la reproduction. De nombreuses études étayent cette affirmation **(Taherti M. A., 2024)**

- Les brebis présentant une NEC ≥ 3 pendant la reproduction présentent des performances reproductives optimales (fertilité et prolificité accrues).
- Les brebis dont la NEC est inférieure à 2,5 présentent une fertilité, une prolificité et une productivité réduites.

Les valeurs seuils proposées incluent : NEC ≥ 2,75 à la reproduction et NEC ≥ 2,5 à l'agnelage pour une performance de reproduction optimale. **(Belkasmi, 2021)**

- **Paramètres de reproduction des béliers :**

Une étude contemporaine de Taherti et al. (2023) **(Taherti M. A., 2023)** a évalué les caractéristiques de reproduction de 20 béliers Ouled Djellal dans une région semi-aride. Les principaux résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16: Les caractéristiques de reproduction des béliers de la race Ouled Djellal

Paramètre	**Valeur maximale**	**Valeur minimale**
Taux de testostérone	4,9 ng/mL (juillet)	1,9 ng/mL (janvier)
Diamètre testiculaire	7,09 cm	5,46 cm
Volume de l'éjaculat	1,55 ml	0,80 ml
Concentration de spermatozoïdes	4 milliards/ml	2,50 milliards/ml
Sperme vivant	79,37 %	77,36 %

Les valeurs maximales sont enregistrées au printemps et en été, tandis qu'une baisse est observée en automne et en hiver. **(Taherti M. A., 2023)**

Une observation importante : l'étude conclut que la race Ouled Djellal semble présenter une sensibilité minimale à la photopériode (durée du jour) et qu'elle n'est en grande partie pas affectée par les températures élevées. Cette caractéristique présente un avantage significatif pour les activités de reproduction dans les régions arides. **(Taherti M. A., 2023)**

2.3.3. Performances bouchères (qualité de la carcasse)

La qualité de la viande et de la carcasse des agneaux Ouled Djellal a été comparée à celle d'autres races. Une étude de Belhaj et al. (2021) a comparé 208 moutons des races Beni-Guil et Ouled-Djellal. **(Belhaj & mansouri,, 2021)**

Les principaux résultats concernant la carcasse sont :

Tableau 17: Qualité de la viande et la carcasse de la race Ouled Djellal

Paramètre	**Relation avec la race Ouled Djellal**
Poids vif à l'abattage	Effet significative
Poids de carcasse chaude	Effet significative
Poids de carcasse froide	Effet significative
Longueur de carcasse	Effet significative
Indice de compacité	Effet significative

L'effet de la race sur ces caractéristiques de carcasse est hautement significatif ($p < 0,01$). Cela confirme que la race Ouled Djellal a un bon potentiel bouché**. (Belhaj & mansouri,, 2021)**

Pour la qualité de la viande : **(Belhaj & mansouri,, 2021)**

- Le pH ultime varie entre 5,70 et 5,82
- La couleur de la viande varie selon l'âge à l'abattage mais pas selon la race

2.3.4. Production laitière et poids des portées

Une étude de Boudebza et al. (2020) a montré une corrélation positive entre la note d'état corporel des brebis en milieu et fin de gestation et le poids de la portée à la naissance. Autrement dit, les brebis les mieux nourries (avec une bonne NEC) donnent naissance à des agneaux plus lourds. **(Boudebza, 2020)**

L'étude a également montré que : **(Boudebza, 2020)**

- La prolificité (nombre d'agneaux par portée) est corrélée positivement avec la NEC à la saillie et en milieu de gestation
- Le poids de la portée est corrélé positivement avec la NEC en milieu et fin de gestation

2.4. Particularités digestives et nutritionnelles

2.4.1. Valeur nutritive des aliments pour les Ouled Djellal

Une étude a été réalisée sur des béliers de la race Ouled Djellal dans une région de Constantine. Les chercheurs ont analysé chimiquement les aliments donnés aux animaux (foin, paille, concentré, fourrage vert). Les résultats montrent que chaque type d'aliment a un rôle spécifique. Les fourrages verts sont les plus riches en protéines brutes et en cendres totales (Mg, Na, K, Cu, Zn). Le concentré est l'aliment le plus énergétique (riche en matière organique). Le foin contient le plus de calcium (Ca) et de phosphore (P). **(Djaalab, 2013)**

2.4.2. Variation des minéraux sanguins selon le stade physiologique

Une étude a mesuré les niveaux de minéraux dans le sang de brebis Ouled Djellal à différents stades (gestation, lactation). Les résultats montrent que le stade physiologique influence fortement le statut minéral. Chez les brebis Ouled Djellal, le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) diminuent significativement en fin de gestation ($P < 0,01$). Le phosphore (P) augmente significativement en lactation ($P < 0,01$) **(Bouaziz, 2016)**

2.4.3. Évolution de la note d'état corporel (NEC)

Des chercheurs ont suivi des brebis Ouled Djellal pendant tout leur cycle de reproduction. Ils ont mesuré la NEC (note de 0 à 5) à trois moments : lutte, milieu de gestation, fin de gestation. La chute en fin de gestation est significative. La NEC des brebis Ouled Djellal varie selon le stade physiologique. Elle est de 2,98 en période de lutte, 3,01 en milieu de gestation, et chute à 2,61 en fin de gestation ($P < 0,05$).

2.4.4. Glucose sanguin selon le stade physiologique

Une étude sur 40 brebis Ouled Djellal dans la région aride de Biskra a comparé deux groupes : brebis gestantes et brebis vides. Seul le glucose a montré une différence significative. Le glucose sanguin est plus élevé chez les brebis vides (non gestantes) que chez les brebis gestantes ($P < 0,05$). Le cholestérol, l'urée et le calcium ne sont pas influencés par le stade physiologique. **(Adili, 2024)**

2.5. Adaptation aux conditions semi-arides

2.5.1. Adaptation générale aux zones semi-arides

Une étude de Bechchari et al. (2015) a analysé l'évolution des systèmes pastoraux au Maghreb et montre que l'expansion de la race Ouled Djellal s'explique par sa valeur commerciale compétitive et sa capacité à s'adapter aux parcours steppiques. La race Ouled Djellal est reconnue pour sa capacité à s'adapter aux conditions difficiles des zones semi-arides algériennes. **(Bechchari, 2015)**

2.5.2. Résistance aux températures élevées

Une étude a été menée sur 20 béliers Ouled Djellal dans une zone semi-aride. Les chercheurs ont mesuré les paramètres de reproduction (testostérone, diamètre testiculaire, volume d'éjaculat) à différents moments de l'année. Les résultats montrent que les meilleures performances sont en été (juillet : testostérone = 4,9 ng/mL) et que la race est peu affectée par la chaleur. La race Ouled Djellal est peu sensible aux températures élevées et à la photopériode (durée du jour). **(Taherti M. A., 2023)**

2.5.3. Résistance à la restriction hydrique (soif)

Une étude a évalué l'effet de la restriction hydrique sur les brebis Ouled Djellal. Dans les zones désertiques, le manque d'eau peut contraindre l'abreuvement des troupeaux jusqu'à 3 jours sans eau. La race montre une certaine résistance à ces conditions difficiles. La race Ouled Djellal supporte la restriction hydrique (jusqu'à 3 jours sans eau). **(Tabet, 2022)**

2.5.4. Paramètres hématologiques de référence

Une étude a été menée sur 24 agneaux Ouled Djellal (12 mâles, 12 femelles) dans les zones semi-arides du Nord-Est algérien. Les chercheurs ont mesuré les paramètres sanguins à 42, 63, 84 et 105 jours d'âge. Ces valeurs de référence peuvent être utilisées pour évaluer l'état nutritionnel et sanitaire des animaux. Des valeurs hématologiques de référence ont été établies pour les agneaux Ouled Djellal en croissance dans les zones semi-arides. **(Aicha, 2021)**

2.5.5. Préférence des éleveurs

Des chercheurs ont analysé l'évolution des systèmes pastoraux dans l'Est marocain. Les résultats montrent que la race Ouled Djellal est de plus en plus présente car elle s'adapte mieux aux conditions difficiles que les autres races locales. Les éleveurs privilégient la race Ouled

Djellal car elle résiste mieux aux perturbations climatiques et aux changements des systèmes pastoraux. **(Bechchari, 2015)**

2.5.6. Adaptation alimentaire

Une étude menée dans une ferme commerciale de la région semi-aride d'Algérie a suivi 737 agneaux Ouled Djellal. Les résultats montrent que la race a une bonne capacité de croissance compensatrice et s'adapte bien aux ressources alimentaires limitées. L'adaptation aux conditions alimentaires difficiles des régions semi-arides algériennes à un intérêt particulier pour l'amélioration des performances animales**. (Belkasmi, 2021)**

La race Ouled Djellal possède plusieurs atouts pour l'élevage en zones semi-arides : résistance à la chaleur, tolérance à la restriction hydrique, capacité à valoriser des ressources alimentaires limitées, et paramètres hématologiques de référence. Ces caractéristiques en font un modèle pertinent pour évaluer l'effet de la caroube sur les performances d'engraissement des agneaux.

CHAPITER 3 : croissance et engraissement de la race Ouled Djellal

1. Introduction

La croissance et l'engraissement constituent l'une des étapes les plus importantes de l'élevage ovin, au cours de laquelle l'agneau devient un mouton présentant un poids commercial élevé, déterminant ainsi la rentabilité économique de l'éleveur. Cette race se distingue par sa capacité à s'adapter aux conditions climatiques difficiles, ainsi que par ses performances remarquables en matière de croissance et d'engraissement, et par son aptitude à transformer efficacement les aliments en viande de bonne qualité. **(APPROCHE DE L'ETUDE ZOOTECHNICO-SANITAIRE DES OVINS DE LA, 2015)**

2. Les principaux indicateurs de croissance de la race Ouled Djellal

2.1. Poids vif

"La prise de poids vif est l'un des indicateurs de croissance les plus importants chez les agneaux de la race Ouled Djellal. Cette augmentation du poids est fortement influencée par le système d'alimentation et le mode d'élevage. Les résultats montrent que l'élevage intensif, utilisant des rations alimentaires étudiées et des animaux génétiquement améliorés, donne les meilleurs résultats en termes de vitesse de croissance et d'efficacité de conversion alimentaire, ce qui se réflète positivement sur les poids enregistrés aux âges standards (naissance, sevrage, 6 mois)." **(Croissance post-sevrage d'agneaux mâles Ouled Djellal conduits en élevage extensif en Algérie, 2021)**

2.2. Longueur du corps

La longueur du corps correspond à la distance allant de la pointe du nez jusqu'à la base de la queue. Elle est généralement la suivante :

À la naissance : environ 35–40 cm.

À l'âge de 6 mois : environ 65–75 cm.

À l'âge de 12 mois : environ 80–90 cm.

Information importante : la croissance en longueur est plus rapide durant les huit premiers mois, puis elle ralentit progressivement, laissant place au développement musculaire et au dépôt de graisse. **(K. Mohammedi, 2021).**

3. Pourquoi la race Ouled Djellal réussit-elle dans l'engraissement rapide ?

3.1. Capacité de croissance compensatrice

La race Ouled Djellal se caractérise par sa résistance à la faim et à la soif. Elle possède également une capacité naturelle de croissance compensatrice après une période de restriction alimentaire ou de conditions d'élevage difficiles. Ce mécanisme permet à l'animal de concentrer sa croissance sur le développement rapide des muscles et des organes vitaux lorsque des aliments de bonne qualité deviennent disponibles, compensant ainsi les retards de croissance subis auparavant. Cette aptitude permet de tirer profit des périodes de disponibilité d'aliments peu coûteux afin d'obtenir des taux de croissance élevés à moindre coût**.** **(Abdelhamid Baa 1 2. ,., 2018)**

3 .2. Efficacité de conversion alimentaire

L'efficacité de conversion alimentaire constitue un facteur essentiel dans l'économie de l'engraissement. Elle exprime la quantité d'aliment consommée par l'animal (kg d'aliment) pour chaque kilogramme de poids vif gagné. Il s'agit d'un indicateur important de performance zootechnique. **(Abdelhamid Baa 1 2. ,., 2018)**

Ces résultats montrent que l'utilisation de rations riches en énergie (notamment à base de caroube) améliore directement l'indice de conversion alimentaire, ce qui se traduit par une meilleure croissance et une réduction du coût final de production. **(Contribution to assessment of energy requirements in ruminant lambs of the Ouled Djellal breed, 2018)**

3.3. Répartition des graisses et conformation corporelle

La race Ouled Djellal se caractérise par un stockage des graisses principalement en profondeur, autour des organes internes tels que les reins et les intestins, plutôt que sous la peau. Cette particularité permet d'obtenir une viande moins grasse en apparence et davantage appréciée par les consommateurs.

Conséquences :

Une carcasse de meilleure qualité sur le plan visuel et commercial ;

Une viande relativement pauvre en graisse sous-cutanée excessive

Une meilleure valeur économique.

Par ailleurs, une étude de terrain a montré que la graisse mésentérique représente environ 2,5 % du poids vif de l'animal **(F Lamrani, 2015)**

3.4. Conformation corporelle adaptée

Les ovins de la race Ouled Djellal se distinguent par un corps relativement long, une caractéristique génétique qui leur permet de supporter efficacement les gains de poids liés à l'engraissement tout en réduisant la pression exercée sur les articulations et les os. Cette conformation corporelle contribue également au maintien de la santé de l'animal et de sa capacité de locomotion pendant de plus longues périodes, ce qui favorise ses performances zootechniques et améliore la réussite des programmes d'engraissement.

4. Effet du sur-engraissement sur la composition de la carcasse et la qualité de la viande

Un engraissement prolongé entraîne une augmentation du dépôt de graisse dans l'organisme de l'animal, notamment autour des organes internes (foie et reins) ainsi que sous la peau, modifiant ainsi la composition de la carcasse. Des études ont montré que l'âge à l'abattage, directement lié à la durée d'engraissement, influence significativement ($p < 0,001$) le rendement carcasse (Dressing Percentage), les indices de compacité (Compactness Indices) et l'état d'engraissement (Fatness State) **(Farid Mansouri, 18 05 2021).**

Cette augmentation des indices de compacité avec l'avancement en âge, bien qu'elle traduise un meilleur remplissage du squelette, ne reflète pas nécessairement une augmentation de la quantité de viande maigre consommable. Elle traduit souvent une accumulation excessive de tissu adipeux qui réduit la valeur commerciale de la carcasse. En effet, l'augmentation du taux de graisse diminue la proportion de viande maigre et peut altérer certaines caractéristiques de qualité telles que la texture et l'aspect de la viande, ce qui réduit son attractivité auprès des consommateurs recherchant des viandes peu grasses. **(Kamal Belhaj 1, 2021)**

4.2. Rentabilité économique de l'engraissement chez la race Ouled Djellal

La rentabilité économique de l'élevage diminue lorsque la durée d'engraissement dépasse la période optimale, en raison de l'augmentation des coûts alimentaires par rapport aux revenus générés par la vente des animaux. Certaines études ont montré qu'il est possible d'atteindre une marge bénéficiaire de 30,93 DA/jour/animal grâce à l'amélioration de l'efficacité alimentaire par l'utilisation de ressources fourragères locales alternatives Cependant, lorsque la durée

d'engraissement est excessive, cette marge tend à diminuer, voire à disparaître totalement. **(N Rebai1, 2023)**

L'augmentation des indices de compacité observée chez les animaux plus âgés, lorsqu'elle n'est pas contrôlée, signifie que le gain de poids supplémentaire correspond principalement à une accumulation de graisse. Or, la valeur marchande du tissu adipeux est inférieure à celle de la viande maigre, alors que son coût de production, notamment en aliments concentrés, demeure élevé. Ainsi, au-delà d'un certain âge, la poursuite de l'engraissement devient économiquement moins intéressante pour l'éleveur. **(Kamal Belhaj, Effet de l'âge et de la race sur les caractéristiques de qualité de la carcasse et de la viande des races ovines Beni-Guil et Ouled-Djellal, 2021)**

PARTIE EXPERIMENTAL

I. Introduction

Les rations des agneaux en engraissement sont généralement composées de céréales (orge, maïs) et de tourteaux protéiques (soja, tournesol), associés à des fourrages. L'orge constitue l'ingrédient énergétique de base dans l'alimentation des ovins en Algérie en raison de sa disponibilité et de sa valeur nutritive. Cependant, cette céréale est de plus en plus coûteuse car elle est en grande partie importée d'Europe ou d'Amérique et son prix est soumis aux fluctuations des marchés internationaux, accentuées par la dépréciation du dinar algérien **(Chehma, 2000)**. Cette situation a pour conséquence de renchérir les coûts de production et de pénaliser la rentabilité des systèmes d'engraissement ovins.

Face à cette problématique, la valorisation de ressources locales et économiques, capables de concurrencer l'orge, s'avère une alternative utile et durable. Le caroube (Ceratonia siliqua L.) est une légumineuse méditerranéenne bien adaptée aux conditions climatiques algériennes (**Battle, 1997).** Ses gousses, riches en sucres (environ 44-50% de glucides) et en tanins, présentent un potentiel énergétique intéressant pour les ruminants (11,2 MJ/kg MS) (**Feedipedia, 2012).** L'Algérie dispose d'un patrimoine caroubier important, notamment dans les régions côtières et semi-arides, ce qui en fait une ressource locale potentiellement compétitive.

Les études bibliographiques ont montré que l'incorporation de pulpe de caroube jusqu'à 15-30 % dans la ration des agneaux n'affecte pas négativement les performances de croissance et peut même améliorer la santé intestinale grâce aux tanins condensés qui réduisent l'excrétion des coccidies **(Pelegrin-Valls, 2022)**. Cependant, peu de travaux ont été menés spécifiquement sur la race Ouled Djellal, principale race à viande d'Algérie, reconnue pour son adaptation aux conditions semi-arides et son bon potentiel bouché **(Taherti, 2023).**

C'est dans un contexte de réduction des coûts de l'alimentation animale et de valorisation des ressources locales que s'inscrit l'optique de cet essai. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'incorporation de la farine de caroube en substitution partielle de l'orge sur les performances d'engraissement (croissance, consommation alimentaire, indice de consommation), la digestibilité des nutriments et la composition corporelle des agneaux Ouled Djellal en phase d'engraissement.

Objectif du travail

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'effet d'une supplémentation énergétique à base de caroube (Ceratonia siliqua) à trois niveaux d'incorporation (0%, 10 % et 20 %) sur les performances zootechniques des agneaux de race Ouled Djalal en phase d'engraissement.

II. MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude

La présente étude a été réalisée au niveau de la ferme UAP Kadri Ibrahim, située dans la région d'El Kharoub, wilaya de Constantine (Algérie). La région se trouve à environ 13 kilomètres au sud-est du chef-lieu de Constantine.

Le climat de la région est de type semi-aride méditerranéen, caractérisé par des hivers frais et pluvieux et des étés chauds et secs. La pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 469 mm Cette situation climatique influence directement les ressources fourragères disponibles et la gestion des pâturages.

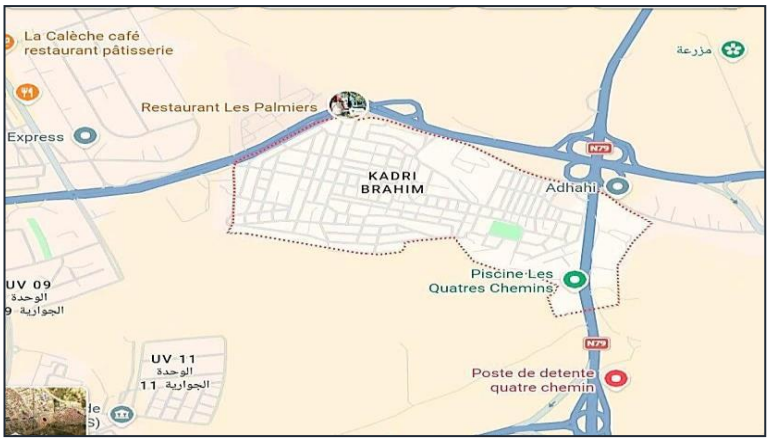


Figure 11: Localisation géographique de la ferme Kadri Ibrahim

La ferme UAP Kadri Ibrahim est une unité de production agricole relevant de la Société de Développement des Cultures Oléagineuses (SDCO), rattachée à l'Entreprise de Développement des Cultures Agricoles Stratégiques (EDCAS), sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Située à El Kharoub (wilaya de Constantine), elle s'étend sur une superficie totale de 846,6049 hectares, dont 845,9075 hectares de surface agricole utile (SAU).

L'exploitation est de type mixte, associant production végétale (culture céréalières, oléagineuses, légumineuses.et production de fourrages verts) et un élevage bovin et ovin comptant 1047 têtes conduit en système semi-intensif.

2. Les animaux d'essai

Dix-huit antenais en croissance, de race Ouled Djalal, de poids initial similaire d'environ 40 kg, ont été maintenus dans une bergerie et conduits en lots tout au long de la période d'expérimentation qui s'est déroulée entre début Avril et fin Mai, soit 60 jours.

Les animaux, déjà identifiés par une boucle auriculaire, ont été préalablement déparasités à l'ivomec D dix jours avant le début de l'essai, afin d'éliminer ou réduire les parasites, essentiellement ceux du tube digestif, et permettre ainsi aux animaux de profiter entièrement et efficacement des aliments qu'ils ingèrent. Ils ont également été vaccinés au TOXIPRA S7, vaccin inactivé contre les entérotoxémies, cela permettra de les protéger contre la prolifération de bactéries (clostridies) et la libération de toxines causées par le changement de régime alimentaire (passage à une alimentation riche en concentrés). Leur état sanitaire est bon, ce qui garantit leur aptitude à l'expérimentation. De plus, ils sont soumis aux mêmes conditions d'élevage, notamment en ce qui concerne le logement, l'accès à l'eau et la température, afin d'assurer des conditions expérimentales uniformes.

3. Les aliments

Trois régimes alimentaires ont été préparés pour les besoins de l'expérimentation, ils ont été constitués :

- De foin de prairie, de paille et d'eau, distribués à volonté
- D'un concentré préparé à partir :
    - D'ingrédients principaux : orge, maïs et son de blé
- Des additifs : levures (saccharomyces cerevisiae à 98%), CMV, MCP et d'Na Cl
- La caroube entière, ingrédient clé à tester, a été incorporée à des concentrations de 0%, 10% et20%.

Les rations expérimentales ont été formulées de manière à être **iso-protéiques** et **iso-énergétiques**, conformément aux recommandations nutritionnelles pour des antenais en phase d'engraissement. Cette approche méthodologique visait à maintenir constants les apports en protéines et en énergie entre les traitements (T0, T10 et T20), afin que la seule variable expérimentale soit le taux d'incorporation de la caroube dans le concentré. Ainsi, toute différence observée au niveau des performances zootechniques, de l'efficacité alimentaire ou

des caractéristiques de croissance pouvait être attribuée principalement à l'effet de la substitution de la caroube et non à des variations de la valeur nutritive globale des rations.

.

4. Dispositif expérimental

Les animaux ont été répartis de manière aléatoire en trois groupes de six, chaque groupe étant marqués par une couleur distincte. Les numéros des boucles auriculaires ont ensuite été relevés pour les mesures ultérieures.

Chaque lot recevait quotidiennement et *ad libitum*, une ration constituée de foin de prairie le matin, de paille de blé le soir et un concentré réparti en deux repas (matin et après-midi).

La composition du concentré variait selon les lots : 0% de caroube pour le lot témoin, 10 et 20 % de caroube pour les lots expérimentaux. Les trois rations ont été conçus de manière à ce que la seule variable expérimentale soit le taux d'incorporation de la caroube dans le concentré (comme décrit précédemment). Des échantillons représentatifs de chaque ration ont été prélevés pour analyses chimiques. Les caractéristiques et la composition chimique des rations sont données par le tableau ….

Après la mise en lots, une période de transition de 15 jours a été ménagée, au cours de laquelle les proportions des régimes expérimentaux, dans les totaux des rations, augmentaient graduellement. Les quantités d'aliment distribuées et refusées ont également été enregistrées

quotidiennement afin de déterminer la consommation alimentaire réelle de chaque groupe. À partir de ces données, le gain moyen quotidien (GMQ) ainsi que l'indice de consommation alimentaire (ICA) ont été calculés, permettant ainsi d'évaluer les performances zootechniques des agneaux au cours de la période d'engraissement.

A la fin de l'essai, les six animaux de chaque lot ont été abattus après leur maintien à jeun 16 heures au préalable.

Durant toute la période expérimentale, un suivi régulier des animaux a été assuré. Les agneaux ont été pesés une fois par semaine tôt le matin, avant la distribution de l'alimentation. Pour chaque pesée hebdomadaire, deux mesures indépendantes ont été réalisées à l'aide d'une balance

À la fin de l'expérimentation, neuf agneaux ont été sélectionnés aléatoirement parmi les différents groupes (trois agneaux par groupe) et abattus après une période de jeûne de 16 heures, dans le but d'évaluer les caractéristiques et la qualité des carcasses.

4.1 Calcul du GMQ

Le Gain Moyen Quotidien a été calculé pour chaque agneau selon la formule suivante **:**

$$GMQ = \frac{Poids\ final(kg) - Poids\ initial\ (kg)}{Durée\ d'engraissement}$$

Puis, nous avons calculé le GMQ moyen par groupe (rouge, vert, bleu).

4.2 Calcul de ICA

L'ICA (Feed Conversion Ratio, FCD) ou bien L'Indice de Conversion Alimentaire mesure l'efficacité alimentaire.

$$ICA = \frac{Quantité\ d'aliment\ consommé(kg\ Ms)}{Gain\ de\ poids\ vif\ (kg)}$$

Puis, nous avons calculé le GMQ moyen par groupe (rouge, vert et bleu)

4.3 Analyse de la composition chimique des aliments et estimation de leur valeur nutritive

Des échantillons représentatifs des différentes rations alimentaires utilisées au cours de l'expérimentation ont été prélevés puis séchés dans une étuve à 60 °C pendant 48 heures jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les résultats obtenus ont permis de déterminer la teneur en

matière sèche. Par la suite, les échantillons ont été broyés et conservés en vue des différentes analyses de laboratoire. Afin de déterminer avec précision la teneur en matière sèche, une partie des échantillons a été soumise à un second séchage à 120 °C. Des analyses chimiques ont également été réalisées pour évaluer les teneurs en matières minérales (MM) et en matières azotées totales (MAT), dans le but d'estimer la valeur nutritive des aliments distribués aux agneaux.

4.4 Teneurs énergétiques

Pour prévoir les teneurs en Unités Fourragères Lait (UFL) et Unités Fourragères Viande (UFV) des rations, nous avons utilisé les équations de l'INRA France (1981) pour les concentrés **(Giger-Reverdin, 1990).**

L'Unité Fourragère (UF) est l'unité utilisée par l'INRA pour déterminer la valeur énergétique d'un aliment. Cette unité fait référence à la valeur énergétique d'1 kg d'orge récolté au stade grain mûr **(Wikipédia, s.d.) :**

- UFL : Unité Fourragère Lait, correspond à l'énergie nette absorbable pendant la lactation ou l'entretien (1 UFL = 1700 kcal)
- UFV : Unité Fourragère Viande, correspond à l'énergie nette absorbable lors de l'engraissement (1 UFV = 1820 kcal)

Les équations de prévision utilisées sont les suivantes **(Giger-Reverdin, 1990) :**

Ces équations ont été établies à partir d'études menées sur 83 aliments composés, représentatifs de ceux utilisés en pratique, avec des teneurs en céréales variant de 0 à 90% (**Giger-Reverdin, 1990).** Les écarts-types résiduels de ces équations sont respectivement de 0,056 UFL et 0,068 UFV par kg de matière organique **(Giger-Reverdin, 1990).**

5. Contrôles effectués.

5.1 Contrôles des performances

Afin d'évaluer les performances de croissance des agneaux et de caractériser l'effet de l'incorporation de la caroube à différents niveaux dans les rations sur l'évolution pondérale, les animaux ont été pesés individuellement tous les 10 jours avant la distribution de l'aliment. À chaque date de pesée, deux mesures successives ont été réalisées sur deux jours consécutifs à l'aide d'une balance électronique afin de garantir la précision des mesures. Parallèlement, la consommation alimentaire a été suivie quotidiennement en enregistrant les quantités d'aliments distribuées et refusées pour chaque lot. Les refus ont été pesés chaque matin avant la distribution de la ration suivante.

5.2 Caractérisation des carcasses

Afin d'évaluer les performances de croissance des agneaux et de caractériser l'effet de l'incorporation de la caroube à différents niveaux dans les rations sur l'évolution pondérale, les animaux ont été pesés individuellement tous les 10 jours avant la distribution de l'aliment. À chaque date de pesée, deux mesures successives ont été réalisées sur deux jours consécutifs à l'aide d'une balance électronique afin de garantir la précision des mesures. Parallèlement, la consommation alimentaire a été suivie quotidiennement en enregistrant les quantités d'aliments distribuées et refusées pour chaque lot. Les refus ont été pesés chaque matin avant la distribution de la ration suivante.

5.2.1 Rendement en carcasse

Le rendement en carcasse a été calculé comme suit :

$$\boldsymbol{Rendement\ en\ carcasse} = (\frac{\boldsymbol{PC}}{\boldsymbol{PV}}) \times \mathbf{100}$$

PC : Poids de la carcasse après prélèvement de la tête, de la peau, des abats et des quatre Pattes.

PV : Poids vif avant abattage.

Tableau 20: Principales pesée et mensuration effectuées sur les carcasses et les organes

Nature de l'opération	**Organ cable**	**Materiel utilize**
Pesées	Carcasse froide	Bascule, balance électrique
	Foie, poumons, cœur et trachée	Balance électrique
	Réservoirs gastriques et intestins (pleins puis vides)	Balance électrique
	Peau et toison	Balance électrique
	Tête	Balance électrique
	Gras péri-rénal	Balance électrique
	Gras mésentérique	Balance électrique
	Quatre pattes	Balance électrique
Mensurations	Longueur de la carcasse	Ruban métrique
	Longueur de la cuisse	Ruban métrique
	Épaisseur de la cuisse	Pied à coulisse

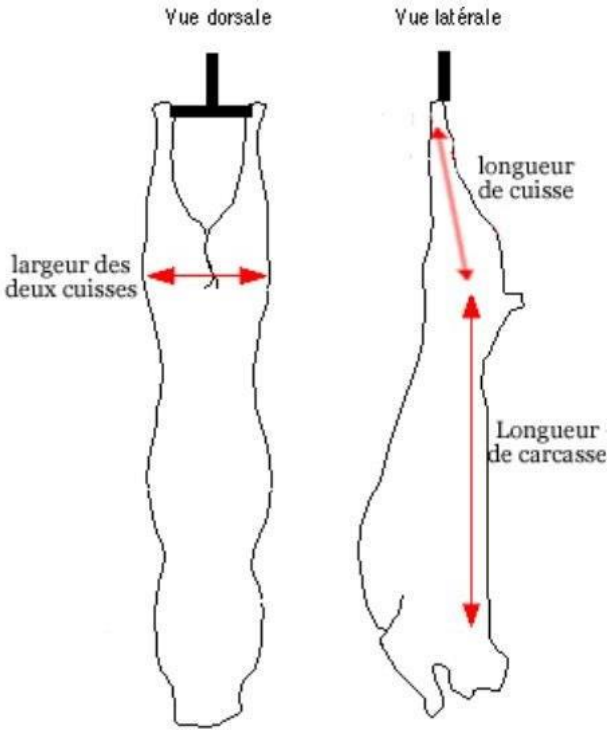


Figure 14: Principales mensurations utilisées pour apprécier la conformation des petits ruminants

5.2.2. Évaluation de l'état d'engraissement

L'état d'engraissement des carcasses a été évalué après l'abattage par examen visuel et palpation, en appréciant la quantité et la répartition des dépôts graisseux sur la surface externe de la carcasse ainsi qu'à l'intérieur de la cavité thoracique. Cette évaluation a été réalisée selon l'échelle de notation adoptée par le Conseil des Communautés Européennes (1992), qui classe les carcasses en cinq catégories :

Note 1 (très faible) : absence ou présence très limitée de graisse.

Note 2 (faible) : légère couverture graisseuse, avec des muscles visibles sur la majeure partie de la carcasse.

Note 3 (moyenne) : couverture graisseuse modérée sur la plupart des régions de la carcasse, à l'exception de l'épaule et du quartier arrière ; présence de faibles dépôts de graisse dans la cavité thoracique.

Note 4 (bonne) : muscles largement recouverts de graisse, tout en restant partiellement visibles au niveau de l'épaule et du quartier arrière ; présence de quelques dépôts graisseux dans la cavité thoracique.

Note 5 (très élevée) : carcasse entièrement recouverte d'une épaisse couche de graisse, avec d'importants dépôts graisseux à l'intérieur de la cavité thoracique.

5.2.2.1. Évaluation du tissu adipeux

L'appréciation des réserves graisseuses a été réalisée par la pesée de deux dépôts adipeux internes : le gras mésentérique (situé autour des intestins) et le gras péri-rénal (localisé autour des reins). Ces deux types de graisse ont été prélevés soigneusement lors de la dissection des carcasses, puis pesés à l'aide d'une balance de précision.

5.2.3. Évaluation de la conformation des carcasses

La conformation des carcasses a été jugée selon deux approches complémentaires : une notation visuelle basée sur le système européen S.E.U.R.O.P et le calcul d'indices de conformation à partir de mensurations précises.

L'appréciation de la conformation a été réalisée selon la grille de notation S.E.U.R.O.P établie par le conseil des communautés européennes **(Anonyme, 1992).** Cette méthode consiste à évaluer visuellement le développement des profils de la carcasse, en portant une attention particulière aux parties les plus charnues comme le quartier arrière, le dos et l'épaule. La grille de notation utilisée est la suivante :

S : Supérieur : Profils extrêmement convexes ; musculature exceptionnelle avec aspect "culard"

E : Excellent : Profils convexes ; développement musculaire remarquable

U : Très bon : Profils globalement convexes ; bonne musculature

R : Bon : Profils rectilignes ; développement musculaire satisfaisant

O : Assez bon : Profils rectilignes à légèrement concaves ; musculature moyenne

P : Médiocre : Profils concaves ; développement musculaire faible

Parallèlement à la notation visuelle, nous avons calculé des indices de conformation à partir des mensurations effectuées sur les carcasses. Le premier indice est l'indice de compacité qui met en relation le poids de la carcasse avec sa longueur. Le second est l'indice de muscle qui compare l'épaisseur et la longueur de la cuisse. La somme de ces deux indices donne l'indice de conformation global.

$$\textbf{\textit{Indice de compacité}} = \frac{\textbf{\textit{Poids de la carcasse}}}{\textbf{\textit{Longueur de la carcasse}}}$$

$$\textbf{\textit{Indice de muscle}} = \frac{\text{é}\textbf{\textit{paisseur de la cuisse}}}{\textbf{\textit{longurure de la cuisse}}}$$

$$\textbf{\textit{Indice de conformation}} = \textbf{\textit{Indice de compacit}}\text{é} + \textbf{\textit{Indice de muscule}}$$

5.2.4. Évaluation de la fermeté du gras

La fermeté du gras de couverture, également dénommée "tenue", a été évaluée sur les carcasses réfrigérées (après un minimum de 12 heures post-abattage). Cette caractéristique est importante car elle reflète la qualité du gras et sa capacité à rester ferme pendant la période de conservation.

La méthode utilisée est une appréciation tactile et visuelle des dépôts adipeux situés au niveau du dos et autour de l'attache de la queue, selon la grille établie par (**Normand, 2002)**. Quatre niveaux de fermeté ont été distingués :

Note 1 : Gras très ferme : Couverture graisseuse ferme sur toute la carcasse ; la pression du doigt ne laisse pas de marque

Note 2 : Gras ferme : Gras ferme avec quelques petites imperfections au niveau du dos ; légère marque après pression

Note 3 : Gras mou : Gras mou sur l'ensemble de la carcasse ; pression du doigt laisse une marque qui persiste

Note 4 : Gras très mou et huileux : Gras très mou sur toute la carcasse, parfois huileux ; la graisse reste déformée après pincement

5.2.5. Évaluation de la couleur du gras

La couleur du gras de couverture a été appréciée visuellement sur les carcasses réfrigérées (minimum 12 heures après l'abattage). Cette évaluation a été réalisée en observant les dépôts adipeux situés au niveau du dos et autour de la queue. La coloration du gras évolue pendant la réfrigération, il est donc important d'effectuer cette notation sur des carcasses froides.

La grille d'appréciation utilisée est celle proposée par **(Normand, 2002)**, qui distingue quatre classes de coloration

Note 1 : Gras blanc : Couverture graisseuse blanche sur toute la carcasse

Note 2 : Gras légèrement coloré : Coloration très légère sur une partie de la carcasse

Note 3 : Gras coloré : Coloration visible sur toute la carcasse ou plus intense sur une partie

Note 4 : Gras très coloré : Coloration prononcée sur l'ensemble de la carcasse

5.2.6. Évaluation des tissus musculaire et osseux

L'appréciation des proportions relatives des tissus osseux et musculaires a été réalisée à partir de plusieurs indicateurs mesurés sur les carcasses.

6. Indicateurs du squelette

Le développement du squelette a été évalué à l'aide de trois paramètres. Le premier est le poids des quatre pattes (membres), qui donne une indication sur la masse osseuse. Les deux autres paramètres sont des mensurations : la longueur totale de la carcasse (mesurée de l'extrémité antérieure de la première côte jusqu'à l'extrémité de l'os pubien) et la longueur de la cuisse (mesurée depuis l'articulation coxo-fémorale jusqu'à l'articulation du jarret). Ces mesures ont été réalisées à l'aide d'un ruban métrique.

7. Indicateurs du muscle

L'évaluation du développement musculaire a été réalisée en calculant les indices de conformation décrits précédemment (titre 5.2.3). Trois indices ont été calculés pour chaque animal :

- **Indice de compacité :** rapport entre le poids de la carcasse et sa longueur
- **Indice de muscle :** rapport entre l'épaisseur et la longueur de la cuisse
- **Indice de conformation global :** somme des deux indices précédents

Ces indices permettent d'estimer l'importance relative du tissu musculaire par rapport à la structure osseuse

5.3 Analyse économique des rations

L'évaluation économique des rations expérimentales a été réalisée afin de comparer la rentabilité des trois traitements (0%, 10% et 20% de caroube). Cette analyse a pris en compte les quantités d'aliments consommées par chaque lot ainsi que les coûts unitaires des ingrédients variables, dans le but de déterminer le coût alimentaire rapporté au kilogramme de gain de poids vif produit.

5.3.1. Détermination des quantités consommées

Les quantités d'aliments distribuées et refusées ont été enregistrées quotidiennement par lot tout au long de la période expérimentale (52 jours). La consommation réelle de chaque ingrédient (caroube, orge, maïs, son de blé) a été calculée par différence entre les quantités offertes et les refus. Seuls les quatre ingrédients variables ont été retenus pour cette analyse, les ingrédients

fixes (levure, complément minéral et vitaminé, MCP, sel) étant incorporés en proportions identiques dans les trois rations et ne modifiant pas la comparaison économique entre traitements.

Les quantités totales consommées par lot (6 animaux) et par animal ont été calculées pour chaque ingrédient et pour chaque traitement.

5.3.2 Calcul des coûts alimentaires

Les coûts unitaires des ingrédients ont été établis sur la base des prix en vigueur au moment de l'essai :

Tableau 21: Les ingrédient et le prix unitaire (DA kg)

Ingrédient	**Prix unitaire (DA/kg)**
Caroube	70
Orge	50
Maïs	55
Son de blé	40

Le coût total de chaque lot a été calculé en multipliant les quantités consommées de chaque ingrédient par son prix unitaire, puis en sommant les coûts pour l'ensemble des ingrédients variables. Le coût par animal a été déduit en divisant le coût total du lot par le nombre d'animaux (6).

5.3.3. Calcul du coût par kilogramme de gain vif

Afin d'évaluer la rentabilité économique réelle de chaque ration, le coût alimentaire a été rapporté au gain de poids vif produit. Le gain cumulé de chaque lot a été calculé à partir des pesées hebdomadaires réalisées tout au long de l'essai.

Le coût par kilogramme de gain vif a été calculé selon la formule suivante :

$$\boldsymbol{Cout|\ kg\ de\ gain\ (DA\ KG)} = \frac{\boldsymbol{Cout\ alimentaire\ total\ du\ lot\ (DA)}}{\boldsymbol{Gain\ de\ poids\ cumul\acute{e}\ de\ lot\ (kg)}}$$

Cet indicateur permet de comparer les traitements en tenant compte à la fois des quantités consommées, des prix des aliments et des performances de croissance réalisées.

5.3.4. Analyse des données économiques

Les données économiques ont été analysées en comparant les coûts totaux par lot, les coûts par animal et les coûts rapportés au kilogramme de gain vif entre les trois traitements. Cette analyse a permis d'identifier le niveau d'incorporation de caroube le plus rentable sur le plan technico-économique, en considérant également l'avantage stratégique de l'utilisation d'une ressource locale (caroube) par rapport à un ingrédient importé (orge).

5.4 Analyse statistique des données

Les données obtenues à l'issue de l'essai ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à un critère de classification, ainsi qu'à une analyse de covariance (ANCOVA) intégrant le poids vif initial comme covariable afin de s'affranchir des différences interindividuelles de départ. Les analyses ont été réalisées à l'aide du langage de programmation Python (version 3.11), en utilisant les bibliothèques statistiques scipy (Virtanen et al., 2020), statsmodels (Seabold & Perktold, 2010) et scikit-posthocs **(Terpilowski, 2019).**

L'ANOVA a été utilisée pour tester l'effet du régime alimentaire (0 %, 10 % et 20 % de farine de caroube) sur les différents paramètres mesurés : performances de croissance et consommations alimentaires. Le modèle statistique utilisé est le suivant :

$Y_{ij} = \mu + R_i + b(X_{ij} - \bar{X}) + \varepsilon_{ij}$

Avec :

Y_{ij} : la variable dépendante mesurée (poids vif, GMQ, ICA, etc.)

μ : la moyenne générale

R_i : l'effet fixe du régime alimentaire (i = 1 à 3)

$b(X_{ij} - \bar{X})$: l'effet de la covariable (poids initial)

ε_{ij} : l'erreur résiduelle

Les conditions d'application de l'ANOVA ont été vérifiées préalablement à l'analyse : la normalité des résidus a été contrôlée par le test de Shapiro-Wilk, et l'homogénéité des variances par le test de Levene. Ces deux conditions ont été satisfaites pour l'ensemble des variables analysées. Lorsque l'effet du régime s'est révélé significatif, une comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test de Soudent-Newman-Kells (SNK) au seuil de signification de 5 % ($P < 0,05$). Ce test permet de classer les moyennes en groupes homogènes : les valeurs portant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elle.

III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ce partie présente et discute les résultats obtenus au cours de l'essai d'engraissement mené sur 18 agneaux mâles de race Ouled Djellal, répartis en trois lots homogènes de six animaux et soumis pendant 52 jours à trois régimes différant par leur niveau d'incorporation de caroube : **T0** (témoin, 0 %), **T10** (10 %) et **T20** (20 %). Les résultats portent successivement sur la composition chimique des rations, les performances de croissance (poids vif, gain de poids et gain moyen quotidien) les performances alimentaires (consommation, refus alimentaires, indice de consommation et paramètres biochimiques sanguins), l'analyse économique des rations et les caractéristiques des carcasses.

L'analyse statistique a été réalisée par analyse de variance (ANOVA à un facteur), complétée par une analyse de covariance (ANCOVA) intégrant le poids vif initial comme covariable afin de s'affranchir des différences de départ entre animaux. La comparaison des moyennes a été effectuée par le test de Student-Newman-Keuls (SNK) au seuil de 5 %. La normalité des résidus et l'homogénéité des variances ont été vérifiées et confirmées pour l'ensemble des variables analysées.

1. Composition chimique des rations expérimentales

Le concentré expérimental a été formulé à partir de caroube, d'orge, de maïs, de son de blé, de levure, d'un complément minéral vitaminé (CMV), de phosphate bicalcique (MCP) et de sel, incorporés à des proportions différentes selon le niveau de substitution ciblé (0, 10 et 20 % de caroube). Le tableau 4.1 présente la formulation exacte des trois concentrés.

Des analyses de laboratoire ont par ailleurs permis de déterminer la teneur en matière sèche (MS), en matières minérales (MM) et en matières grasses (MG) de chaque ration complète. *Les matières azotées totales (MAT) et la cellulose brute (CB) n'ont pas été analysées et restent donc indisponibles.*

On observe une légère augmentation de la matière sèche et de la matière grasse avec le niveau de caroube, ainsi qu'une diminution parallèle des matières minérales, en cohérence avec la substitution progressive du son de blé et de l'orge — plus riches en minéraux — par la caroube, elle-même pauvre en matières grasses mais riche en sucres solubles. En l'absence des valeurs de MAT et de CB, l'appréciation de la valeur azotée et de la valeur en fibres des rations ne peut être discutée à ce stade.

2. Performances de croissance

2.1. Évolution du poids vif

Au début de l'essai, les poids vifs moyens des trois lots ne différaient pas significativement (P = 0,16), ce qui confirme l'homogénéité initiale des animaux et autorise une comparaison valide des performances ultérieures. À l'issue des 52 jours, le poids final augmente régulièrement avec le niveau de caroube : **48,8 kg** pour T0, **52,6 kg** pour T10 et **56,5 kg** pour T20. La différence entre lots est très significative (P = 0,003), les lots supplémentés (T10 et T20) se distinguant nettement du témoin.

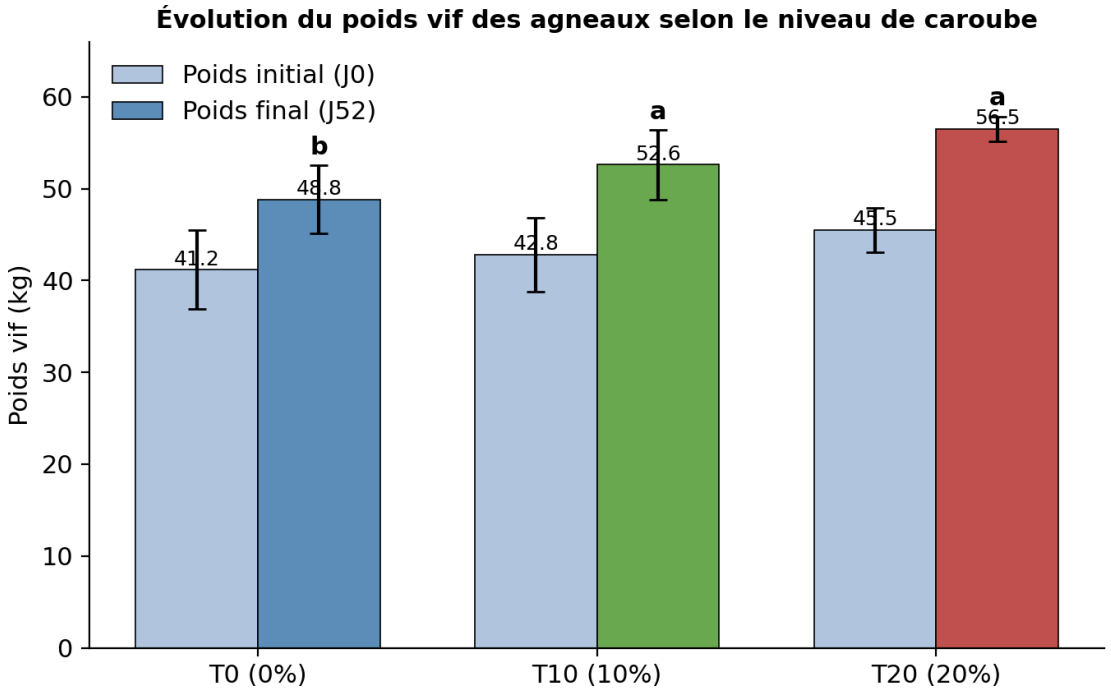


Figure 15: Evolution du poids vif (J0 →J52) des agneaux selon le niveau d'incorporation de caroube

2.2. Gain de poids et gain moyen quotidien (GMQ)

Le gain de poids vif total sur la période suit la même hiérarchie que le poids final. Il passe de **7,6 kg** chez le témoin à **9,8 kg** (T10) et **11,0 kg** (T20), soit un gain supplémentaire de l'ordre de +28 % à +44 % par rapport au témoin. Exprimé en gain moyen quotidien, cela correspond à 147, 188 et 212 g/j respectivement. L'analyse de variance révèle un effet très significatif du régime (P = 0,004), confirmé par l'ANCOVA tenant compte du poids initial (effet régime ajusté : P < 0,001), ce qui montre que la supériorité des lots supplémentés ne s'explique pas par leur léger avantage pondéral de départ.

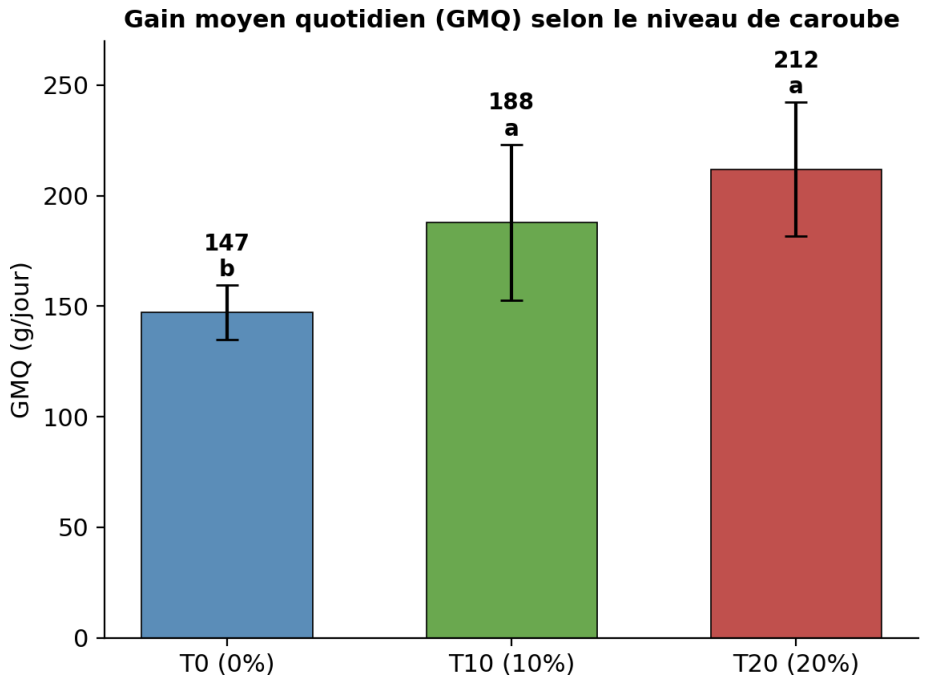


Figure 16: Gain moyenne quotidien (GMQ) des agneaux selon le niveau de caroube

2.3. Discussion des performances de croissance

L'amélioration de la croissance avec l'incorporation de caroube est cohérente avec la richesse de cette légumineuse en glucides solubles (environ 48-50 % de sucres), qui en fait une source d'énergie rapidement disponible pour les agneaux en finition. Le gain de poids supérieur des lots T10 et T20 traduit un meilleur apport énergétique de la ration, et possiblement un effet « bypass » des tanins condensés qui, en protégeant une fraction des protéines alimentaires de la dégradation ruminale, améliorent l'efficacité d'utilisation des acides aminés au niveau intestinal.

Ces résultats rejoignent les travaux rapportés dans la partie bibliographique, qui indiquent qu'une incorporation de caroube jusqu'à 15-30 % de la ration n'affecte pas négativement la croissance des agneaux et peut s'accompagner d'effets favorables. Le GMQ obtenu pour le lot T20 (212 g/j) se situe dans la fourchette attendue pour des agneaux Ouled Djellal en engraissement et confirme le bon potentiel bouché de cette race lorsqu'elle dispose d'une ration énergétique adéquate. L'absence d'effet dépressif, même au niveau le plus élevé testé (20 %), suggère que ce taux reste en deçà du seuil (30-40 %) à partir duquel les tanins peuvent réduire l'ingestion et la digestibilité des fibres.

3. Performances alimentaires

3.1. Consommation et refus alimentaires

Le concentré a été distribué à raison de 5 400 g/jour et par lot, les refus étant pesés et enregistrés quotidiennement. Sur l'ensemble des 52 jours, la consommation de concentré est très proche entre les trois lots (≈ 44 kg de concentré par animal), avec des taux de refus faibles et comparables : **5,2 %** (T20), **4,7 %** (T10) et **5,8 %** (T0). La caroube n'a donc pas pénalisé l'appétibilité de la ration, ce qui est conforme à la bonne acceptabilité rapportée pour les régimes à base de caroube aux taux d'incorporation usuels.

L'évolution des refus au cours de l'essai illustre par ailleurs la phase d'adaptation : les refus, élevés durant les huit premiers jours (introduction progressive de la caroube), diminuent fortement et régulièrement pour se stabiliser à de faibles niveaux en fin de période, traduisant une acceptation croissante de la ration par les animaux.

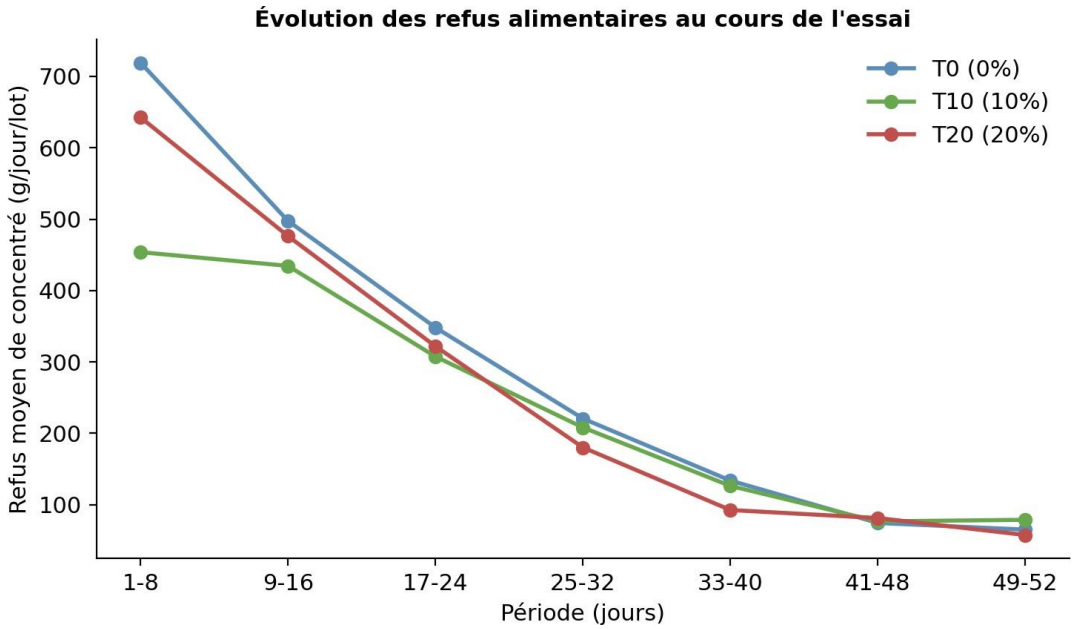


Figure 17: Evolution des refus moyens de concentré au cours de l'essai (moyenne par période de 8 jours)

3.2. Indice de consommation alimentaire (ICA)

L'indice de consommation, qui exprime la quantité d'aliment (kg MS) nécessaire pour produire un kilogramme de gain, s'améliore nettement avec l'incorporation de caroube. Il passe de **4,50** chez le témoin à **3,63** (T10) et **3,15** (T20). Plus l'indice est faible, meilleure est l'efficacité de conversion : le lot T20 convertit donc l'aliment en gain de façon nettement plus efficiente que le témoin. La différence entre lots est très significative (P = 0,003), les deux lots supplémentés se distinguant du témoin.

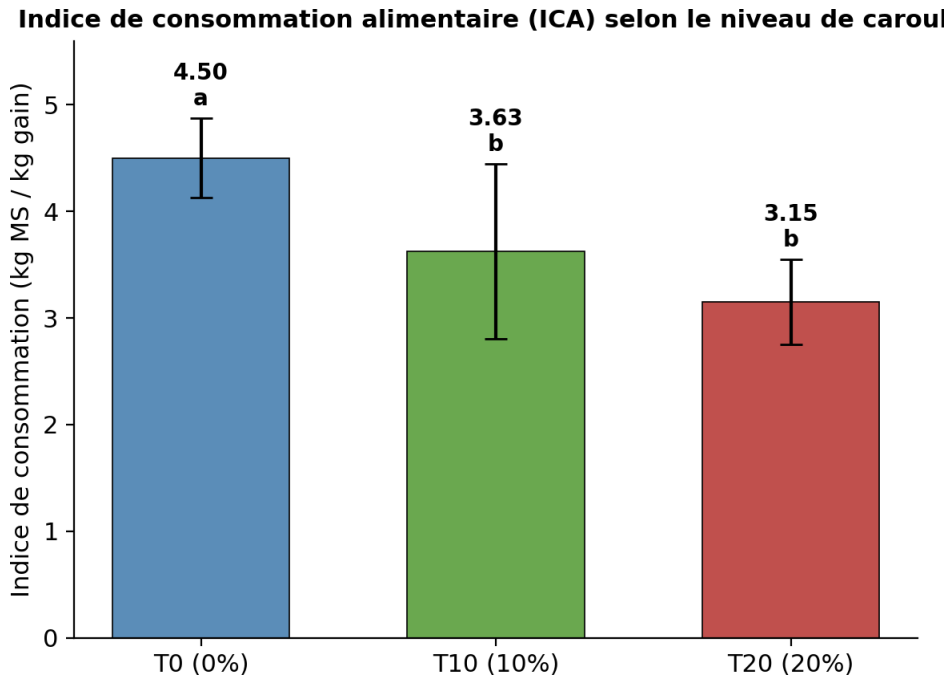


Figure 18: Indice de Consommation Alimentaire (ICA) selon le niveau de caroube

3.3. Paramètres biochimiques sanguins

Des prélèvements sanguins ont été réalisés à deux moments de l'essai (début et fin) sur un sous-échantillon de deux agneaux par lot afin de suivre l'évolution des principaux indicateurs métaboliques : cholestérol, triglycérides, urée et glycémie. Les résultats, exprimés en g/L, sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les valeurs de cholestérol observées sont comprises entre 0,74 et 1,20 g/L, ce qui correspond aux normes physiologiques rapportées pour les ovins (0,80–2,00 g/L). Le lot T20 présente les

teneurs en cholestérol les plus élevées aux deux temps de prélèvement, ce qui est cohérent avec un apport énergétique accru entraînant une stimulation du métabolisme lipidique. Les concentrations en triglycérides, comprises entre 0,10 et 0,21 g/L, sont dans tous les cas dans les limites normales pour les ovins et diminuent légèrement en fin d'essai dans les trois lots, traduisant une utilisation accrue des lipides à mesure que l'engraissement progresse.

L'urée sanguine, indicateur du catabolisme protéique, est légèrement plus élevée dans le lot T0 (0,345 g/L en début d'essai) que dans les lots T10 et T20 (0,310 g/L). Cette différence, bien que non testée statistiquement en raison du faible effectif, est biologiquement interprétable : en l'absence d'une source énergétique suffisante, les animaux du lot témoin auraient davantage recours à la néoglucogenèse à partir des acides aminés, augmentant ainsi la production d'urée. La glycémie, comprise entre 0,57 et 0,74 g/L, reste dans les limites physiologiques normales pour tous les lots (0,45–0,90 g/L) et ne révèle pas de perturbation glucidique liée à l'incorporation de caroube.

De manière générale, l'ensemble des paramètres biochimiques sanguins étudiés reste dans les valeurs de référence physiologiques pour les ovins, ce qui indique que l'incorporation de caroube jusqu'à 20 % dans la ration de concentré n'induit aucune perturbation métabolique décelable. Ces résultats confortent l'innocuité de la caroube comme ingrédient alimentaire pour les agneaux en engraissement.

3.4. Discussion des performances alimentaires

L'amélioration conjointe du GMQ et de l'ICA constitue le résultat zootechnique majeur de cet essai. À consommation quasi identique, les agneaux recevant de la caroube réalisent un gain supérieur, d'où un indice de consommation plus favorable. Cet effet s'explique principalement par l'apport énergétique de la caroube, qui enrichit la ration en sucres rapidement fermentescibles et améliore le rendement de la transformation de l'aliment en viande.

Le niveau de 20 % s'est révélé, dans nos conditions, le plus performant en termes de gain journalier et d'efficacité alimentaire, sans signe de rejet ni de dépression de l'ingestion.

4. Caractéristiques des carcasses

À l'issue de la période d'engraissement, l'ensemble des 18 agneaux (six par lot) a été abattu afin d'évaluer les caractéristiques des carcasses. Les mesures ont porté sur le poids et la longueur de la carcasse, les organes (foie, tête, pattes), les dépôts adipeux internes ainsi que l'indice de

compacité. La longueur de l'épaule a été exclue de l'analyse statistique en raison d'erreurs d'enregistrement dans plusieurs fiches de terrain.

4.1. Poids et mensurations de la carcasse

Le poids de la carcasse augmente de façon croissante et hautement significative avec le niveau d'incorporation de caroube (P < 0,001). Le lot T20 présente le poids carcasse le plus élevé (**34,83 ± 0,83 kg**), suivi de T10 (33,53 ± 0,55 kg) et du lot témoin T0 (32,03 ± 0,71 kg). La même hiérarchie s'observe pour la longueur de la carcasse (P = 0,001), confirmant que les animaux supplémentés en caroube présentent un développement corporel supérieur.

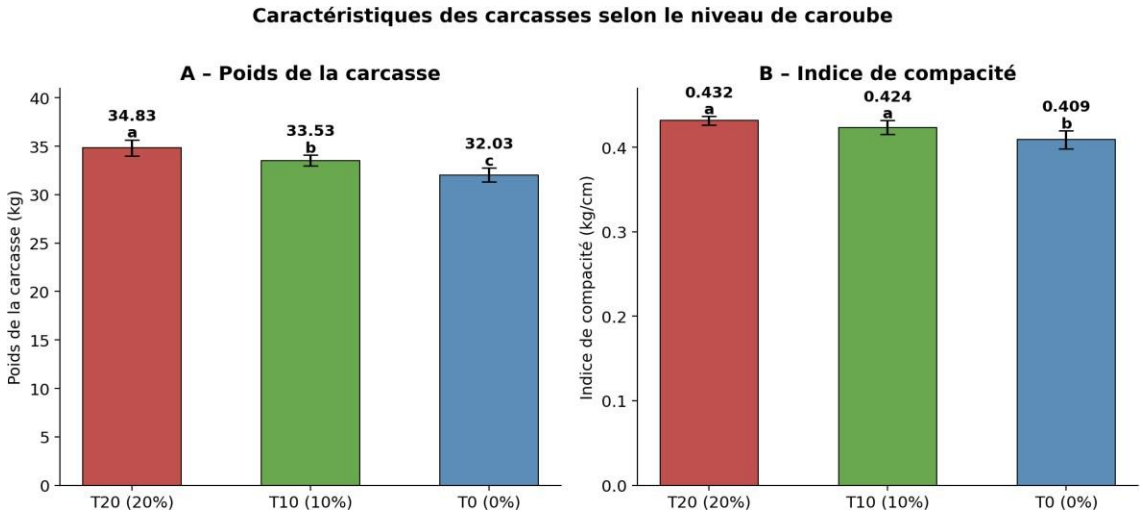


Figure 19: Poids de carcasse et indice de compacité selon le niveau de caroube

4.2. Organes et dépôts adipeux

Le poids du foie diffère très significativement entre les trois lots (P = 0,0002) : T20 (0,995±0,036 kg) > T10 (0,950±0,014 kg) > T0 (0,900±0,034 kg), reflétant une activité métabolique hépatique accrue liée à un apport énergétique plus élevé. La graisse interne est significativement plus importante dans T20 et T10 comparativement au témoin (P = 0,002). Le poids des pattes est également plus élevé pour les lots supplémentés (P = 0,029).

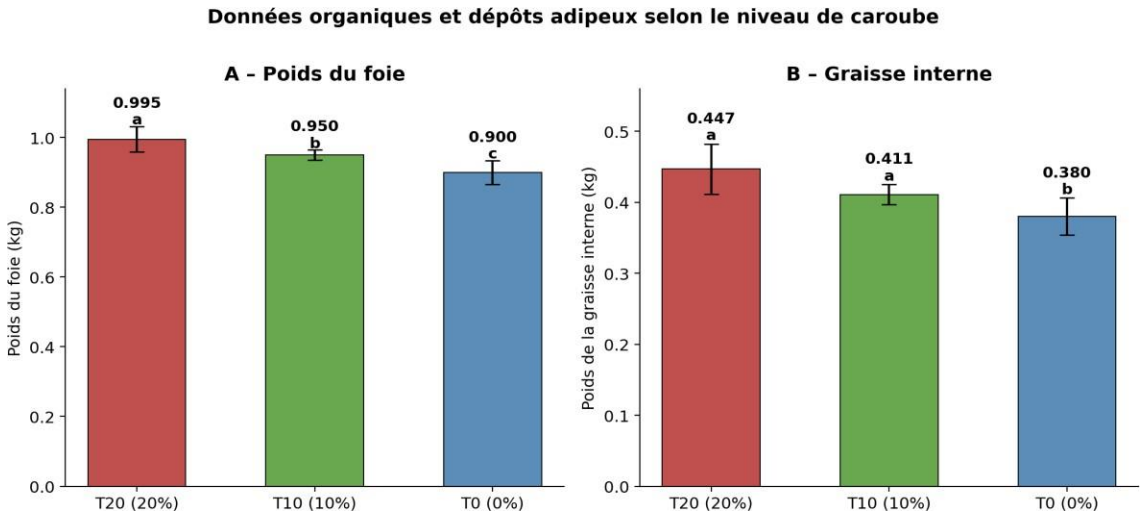


Figure 20: Poids du foie et de la graisse interne selon le niveau de caroube

4.3. Discussion des caractéristiques des carcasses

L'effet positif de la caroube sur le poids et la longueur de la carcasse est cohérent avec les meilleures performances de croissance observées pour les lots supplémentés. L'indice de compacité supérieur des lots T20 et T10 par rapport à T0 indique un meilleur remplissage musculaire du squelette, en accord avec la littérature sur la race Ouled Djellal. L'augmentation du poids du foie et de la graisse interne reflète l'effet d'un apport énergétique accru sur le métabolisme lipidique, sans atteindre des valeurs pathologiques. Le rendement carcasse non

significatif (P = 0,085) suggère que le gain de poids vif se traduit proportionnellement en gain de carcasse.

5. Analyse économique des rations

L'efficacité économique d'une ration d'engraissement ne se mesure pas uniquement à son coût total, mais également au coût rapporté au kilogramme de gain vif produit. L'analyse qui suit compare les trois niveaux d'incorporation de caroube à travers les quantités d'aliments consommées et les coûts engendrés, afin d'évaluer la rentabilité économique de la substitution de l'orge par la caroube.

5.1. Quantités d'aliments consommées par traitement

Le tableau 13 présente les quantités des quatre ingrédients variables de la ration (caroube, orge, maïs, son de blé) consommées par l'ensemble du lot (6 animaux) au cours de la période expérimentale. Les ingrédients fixes (levure, CMV, MCP, sel), présents en proportions identiques dans les trois traitements, ne sont pas repris dans cette analyse car ils ne modifient pas la comparaison économique entre lots.

Les lots T10 et T20 consomment davantage de concentré total que le lot T0 (311,0 vs 246,2 kg/lot), ce qui s'explique par la composition des rations : la substitution de l'orge par la caroube s'accompagne d'un ajustement des proportions des autres ingrédients (notamment l'augmentation de l'orge en T10 et la réduction du son de blé dans les lots supplémentés), maintenant une ration équilibrée à plus forte densité énergétique. La consommation individuelle atteint 51,8 kg/animal pour T10 et T20, contre 41,0 kg/animal pour T0.

5.2. Coûts alimentaires par traitement

Sur la base des prix unitaires en vigueur lors de l'essai — caroube : 70 DA/kg, orge : 50 DA/kg, maïs : 55 DA/kg, son de blé : 40 DA/kg — le coût total des quatre ingrédients variables a été calculé pour chaque lot (Tableau 15). Ces prix restent stables quelle que soit la quantité considérée et ont été vérifiés en cohérence avec les données comptables fournies.

Le coût alimentaire total des ingrédients variables est de **11 227 DA** pour T0, **15 163 DA** pour T10 (+35 %) et **15 876 DA** pour T20 (+41 %) par lot de 6 animaux. Malgré un prix au kilogramme plus élevé de la caroube (70 DA/kg) par rapport à l'orge (50 DA/kg), l'écart de coût entre T0 et T20 reste limité à 4 649 DA pour un lot entier, soit *774 DA par animal supplémentaire*, différence qui doit être mise en regard des gains de performance obtenus.

Le rapport coût alimentaire / kilogramme de gain vif constitue l'indicateur économique le plus pertinent pour comparer les traitements. En rapportant le coût total de chaque lot au gain de poids cumulé du lot :

Tableau 33: Cout alimentaire ramené au kilogramme de gain vif par traitement

Paramètre économique	T0 (0 %)	T10 (10 %)	T20 (20 %)
Gain cumulé du lot (kg)	45,8	58,6	66,1
Coût alimentaire total (DA/lot)	11 227	15 163	15 876
Coût / kg de gain (DA/kg)	**244,9**	**258,7**	**240,1** ✓

Ce tableau révèle que le lot T20 présente le **coût le plus bas par kilogramme de gain produit (240,1 DA/kg)**, légèrement inférieur à celui du lot T0 (244,9 DA/kg) et nettement inférieur à celui du lot T10 (258,7 DA/kg). Ce résultat, a priori contre-intuitif compte tenu du coût plus

élevé de la caroube, s'explique par la nettement meilleure efficacité de conversion alimentaire du lot T20 (ICA = 3,15 contre 4,50 pour T0) : produire un kilogramme de gain nécessite moins d'aliment, ce qui compense le surcoût unitaire de la caroube.

5.3. Discussion de l'analyse économique

L'analyse économique de cet essai met en évidence un résultat remarquable : bien que la caroube soit commercialisée à un prix supérieur à celui de l'orge (70 vs 50 DA/kg), l'incorporation à 20 % dans la ration génère un coût de production par kilogramme de gain comparable, voire légèrement inférieur, à celui de la ration témoin sans caroube. Ce résultat s'explique entièrement par l'amélioration de l'indice de consommation : un animal qui produit plus de viande avec la même quantité d'aliment est intrinsèquement plus économique à élever, quelle que soit la valeur unitaire de l'aliment.

Le niveau d'incorporation à 10 % (T10) se révèle économiquement moins favorable que T0 et T20, avec un coût de 258,7 DA/kg de gain, en raison d'une forte utilisation d'orge (116,6 kg/lot) sans amélioration d'efficacité proportionnelle. À l'inverse, le niveau de 20 % (T20) atteint l'optimum technico-économique : il maximise la croissance (GMQ = 212 g/j), minimise l'ICA (3,15) et minimise le coût par kilogramme de gain produit. Par ailleurs, l'utilisation de la caroube, ressource locale produite en Algérie, réduit la dépendance vis-à-vis de l'orge importée, dont le prix est soumis aux fluctuations des marchés internationaux et à la dépréciation du dinar, ce qui constitue un avantage stratégique supplémentaire pour les systèmes d'élevage algériens.

Conclusion partielle

L'incorporation de la caroube (*Ceratonia siliqua*) en substitution partielle de l'orge dans la ration de concentré a significativement amélioré les performances d'engraissement des agneaux de race Ouled Djellal. Le lot T20 (20 % de caroube) a enregistré le gain de poids le plus élevé (11,0 kg), le GMQ le plus important (212 g/j) et l'indice de consommation le plus faible (3,15 kg MS/kg gain), traduisant une meilleure efficacité alimentaire par rapport au témoin. Le lot T10 a également montré des résultats supérieurs au témoin pour l'ensemble de ces paramètres. L'appétibilité des rations supplémentées en caroube n'a pas été affectée, les taux de refus restant faibles et comparables entre les trois lots. Les caractéristiques des carcasses confirment ces résultats : le poids de la carcasse, l'indice de compacité, le poids du foie et les dépôts adipeux internes sont significativement supérieurs dans les lots T20 et T10 par rapport au témoin. Les paramètres biochimiques sanguins — cholestérol, triglycérides, urée et glycémie — restent dans les limites physiologiques normales pour les trois traitements, attestant l'innocuité métabolique de la caroube.

Sur le plan de la composition des rations, les analyses de laboratoire révèlent une légère augmentation de la teneur en matière sèche et en matières grasses avec le niveau d'incorporation

de la caroube, ce qui est cohérent avec ses propriétés nutritionnelles. L'analyse économique confirme l'intérêt de la caroube comme ressource énergétique locale, économique et durable : le lot T20 affiche le coût alimentaire le plus faible par kilogramme de gain produit (240,1 DA/kg), inférieur à celui du lot témoin (244,9 DA/kg), malgré un prix unitaire de la caroube plus élevé que celui de l'orge. Ces résultats confirment l'intérêt global de la caroube comme ressource énergétique locale, durable et économiquement compétitive pour l'engraissement ovin en zone semi-aride algérienne, en remplacement partiel de l'orge dont le coût est soumis aux fluctuations des marchés d'importation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de ce travail consacré à l'étude de l'incorporation des gousses de caroube (Ceratonia siliqua L.) dans les rations d'engraissement des agneaux de race Ouled Djellal, il ressort que la valorisation des ressources alimentaires locales constitue une alternative prometteuse pour améliorer la durabilité des systèmes d'élevage ovins en zones arides et semi-arides.

L'analyse bibliographique réalisée a mis en évidence les qualités nutritionnelles de la caroube, caractérisée par une richesse en sucres, une valeur énergétique élevée et la présence de composés bioactifs, notamment les tanins, qui peuvent exercer des effets bénéfiques sur la santé digestive et l'utilisation des protéines lorsqu'ils sont incorporés à des niveaux appropriés. Les caractéristiques zootechniques de la race Ouled Djellal, reconnue pour son adaptation aux conditions climatiques difficiles, sa bonne vitesse de croissance et son efficacité alimentaire, renforcent l'intérêt de cette stratégie alimentaire.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation de la caroube à des taux modérés d'incorporation permet d'améliorer les performances de croissance et l'efficacité alimentaire, tout en contribuant à la réduction des coûts liés à l'alimentation. En revanche, des niveaux d'incorporation élevés peuvent limiter la digestibilité des nutriments en raison de la teneur en tanins, ce qui souligne l'importance de déterminer le taux optimal d'utilisation.

En définitive, la caroube apparaît comme une ressource alimentaire locale, économique et durable, capable de remplacer partiellement les céréales conventionnelles dans les rations d'engraissement des agneaux Ouled Djellal, sans compromettre leurs performances zootechniques. Toutefois, des études complémentaires portant sur la qualité de la viande, la digestibilité, les paramètres métaboliques et l'évaluation économique à grande échelle demeurent nécessaires afin de confirmer et de consolider ces résultats.

Ainsi, cette étude ouvre des perspectives encourageantes pour le développement d'une alimentation animale plus autonome, plus rentable et mieux adaptée aux contraintes environnementales des régions arides et semi-arides.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

Références

Abdelhamid Baa 1, 2. ,. (2018). Effets de l'incorporation de sous-produits de l'oasis sur les performances d'engraissement et les caractéristiques de la carcasse de l'agneau d'Ouled Djellal.

Abdelhamid Baa 1, 2. ,. (2018). Effets de l'incorporation de sous-produits de l'oasis sur les performances d'engraissement et les caractéristiques de la carcasse de l'agneau d'Ouled Djellal.

Adili, N. e. (2024, 10 15). Influence of physiological stage on energy, nitrogen and mineral status of Ouled Djellal ewes in arid zone. *Revista Cientifica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, pp. 1-5.

Aicha, Z. D. (2021, 07 01). Effect of gender on hematological parameters in growing Ouled Djellal sheep of semi-aride zones of Northeastern Algeria. *South Asia Journal of Experimental Biology*, pp. 407-417.

APPROCHE DE L'ETUDE ZOOTECHNICO-SANITAIRE DES OVINS DE LA. (2015).

Arbouche, R. A. (2013). Factors influencing reproductionparameters of ewes Ouled Djella. *Archivos de Zootecnia*, 311-314.

Bechchari, A. E. (2015). Analyse de l'évolution du système pastoral du Maroc oriental*Revue d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*. *FAO AGRIS - International System for Agricultural Science and Technology*.

Belhaj, k., & m. F. (2021). Effect of Age and Breed on Carcass and Meat Quality Characteristics of Beni-Guil and Ouled Djellal Sheep Breeds. *The Scientific World Journal* , 1-8.

Belkasmi, F. (2021). Modeling of reproduction growth and productivity performances of sheep farming in the semi-arid. Sétif, Université Ferhat Abbas Sétif, Algeria.

Ben Sassi-Zaidy, N. e. (2019). *Genetic homogenization of indigenous sheep breeds in Northwest Africa.* Science Reports.

Bouaziz, O. e. (2016). Mineral status of Ouled Djellal breeding sheep according to food. Constantine, Université de Constantine 1, Algeria.

Boudebza, A. A.-L. (2020, 12 30). Effects of Ouled Djellal ewes' body condition scores on their bloodmetabolic profile, productive and reproductive performances. Constantine, Department of Animal Production, Institut des Sciences Vetérinaires, University of Constantine 1, Mentouri Brothers, Algeria, Algeria.

Contribution to assessment of energy requirements in ruminant lambs of the Ouled Djellal breed. (2018). NA, Département de Zootechnie, 16200 El-Harrach Alger.

Croissance post-sevrage d'agneaux mâles Ouled Djellal conduits en élevage extensif en Algérie. (2021).

Djaalab, I. M.-M. (2013). Evaluation of the nutritive value of the diet of Ouled Djellal breed's sheep in Semi-arid zone. *Options Méditerranéennes*, 103-107.

Djaout, A. e. (2017). Origine de la race Ouled-Djellal. Blida, Université de Blida, Algérie.

Djellal F., M. A. (2021). Weaning weight and compensatory growth in lambs Ouled Djellal breed (Algeria). *Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes*, 199-203.

Effets de l'incorporation de sous-produits de l'oasis sur les performances d'engraissement et les caractéristiques de la carcasse de l'agneau d'Ouled Djellal. (2018).

Gaouar, S. e. (2015). Admixture and local breed marginalization threaten Algerian sheep diversity. *PLoS ONE*, 10(4).

Ghernouti, N. B. (2017). Contol Region of mtDNA identifies three migration events of sheep breeds in algeria. *Small Ruminant Research*, 155,66-71.

Ghernouti, N. e. (2017). Control Region of mtDNA identifies three migration events of sheep breeds in Algeria . *Small Ruminant Research*, 66-71.

Harkat, S. L.-L. (2015). *Phenotypic characterization of the major sheep breed in Algeria* . Vaesovie, Pologne: Communication présentée au 66th Annual Meeting of European Federation of Animal Science.

K. Mohammedi, Z. L. (2021). Growth dynamics and altitude effect on growth performance of Ouled Djellal lambs during the pre-weaning period. *Agricultural Science and Technology*, 12-16.

Kamal Belhaj 1, F. M.-L. (2021). Composition centésimale, profil en acides aminés et teneur en minéraux de quatre viandes de mouton élevées en extensif au Maroc : une étude comparative.

Kamal Belhaj, F. M. (2021). Effet de l'âge et de la race sur les caractéristiques de qualité de la carcasse et de la viande des races ovines Beni-Guil et Ouled-Djellal. *The Scientific World Journal*, 1 8.

Kamal Belhaj, F. M. (2021). Effet de l'âge et de la race sur les caractéristiques de qualité de la carcasse et de la viande des races ovines Beni-Guil et Ouled-Djellal. *The Scientific World Journal*, 1 8.

Tabet, N. M.-B.-H. (2022). Effet de la restriction hydrique sur certaines fonctions physiologique de lq brebis Ouled Djellal en Algérie. *Journées 3R*.

Taherti, M. A. (2023). Reproduction Characteristics of OOuled Djellal Rams in a Semi-arid Area in Algeria. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 717-726.

Taherti, M. A. (2024). Breeding season and body condition influence on zootechnical parameters of Ouled Djellal ewes in Semi-arid areas. *Veterinarska Sranica*, 489-501.

Wikipédia. (2023). *Ouled Djellal (race ovine)*. Récupéré sur Wikipédia, l'encyclopédie libre: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ouled_Djellal_(race_ovine)

Youcefi, A. &. (2024). Distribution of sheep breeds in the border area of Naama (Wester Algeria). *Western Balkan Journal of Agricultral Economics and Rural evelopment*, 109-121.

(s.d.).

(Baa, 2018). (s.d.).

A, D. M. (2013, 12 31). Path Coefficient Analysis Of Body Weight And Biometric Traits In Ouled-djellal Breed (algeria). l'Algérie.

Baa, A. A. (2018). Effects of incorporating oasis by-products on fattening performance and carcass characteristics of Ouled Djellal. Biskra, l'Algérie.

Croissance post-sevrage des agneaux males oulde djllal conduit en élevage extensifs en Algérie. (2021, 06 06). Sétif, Agronomie, l'Algérie.

Croissance post-sevrage des agneaux males oulde djllal conduit en élevage extensifs en Algérie. (2021, 05 06). Sétif, Agronomie, l'Algérie.

F Lamrani, A. B. (2015, 3 27). Croissance d'agneaux Ouled Djellal élevés sur chaumes de céréales dans la région de Guelma, Algérie. Guelma, l'Algérie.

Farid Mansouri, A. T. (18 05 2021). Effect of Age and Breed on Carcass and Meat Quality Characteristics of Beni-Guil and Ouled-Djellal Sheep Breeds. The scientific world journal.

N Rebai1, 2. A. (2023, 5). Effets de régimes contenant différentes proportions de féverole (Vicia faba var. minor) sur les performances d'engraissement, les caractéristiques des carcasses et la qualité de la viande d'agneaux mâles de race Ouled Djellal. El Tarf, l'Algérie.

Anonyme. (1992). Grille de notation pour l'appréciation de la conformation des carcasses ovines. Conseil des Communautés Européennes.

Anthropic. (s.d.). Claude pour l'analyse de données. Récupéré sur https://claude.com/

Battle, I. &. (1997). Carob tree Ceratonia siliqua L. Rome : IPGRI.

Chehma, A. e. (2000). Valorisation des rebuts de dattes dans l'alimentation des ruminants. Options Méditerranéennes, 147-152.

Feedipedia. (2012). Carob (Ceratonia siliqua), pod meal, without seeds. Récupéré sur https://feedipedia.org/node/11933

Giger-Reverdin, S. A. (1990). Prévision de la valeur énergétique des aliments composés pour les ruminants. INRA Productions Animales, 59-71.

Giger-Reverdin, S. e. (1990). Prediction of net energy value of compound feeds for ruminants. INRA Productions Animales, 59-71.

Grau, R. &. (1953). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. Naturwissenschaften, 29-30.

Inc, S. I. (2013). SAS/STAT® 9.4 User's Guide . Cary, NC: SAS Institute Inc.

Normand, J. &.-J. (2002). Appréciation de la qualité des carcasses et des viandes. France: Institut de l'Elevage.

Pearson, A. &. (1994). Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products . Springer.

Pelegrin-Valls, J. e. (2022). Is the inclusion of carob (Ceratonia siliqua L.) pulp in the concentrate of weaned light lambs worth it? Animal Feed Science and Technology, 115452.

Taherti, M. e. (2023). Reproduction Characteristics of Ouled Djellal Rams in a Semi-arid Area in Algeria. Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 717-726.

Wikipedia. (s.d.). Analyse de variance . Récupéré sur Wikipedia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_de_la_variance

Wikipédia. (s.d.). Unité fourragère. Récupéré sur Wikipédia: https://fr.wikipedia.org/wiki/Unit%25C3%25A9_fourrag%25C3%25A8re

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 12/07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : ……..**DJEFFAL Samia**…… Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : ..... **BAICHE Amani** .....

Spécialité : .....**Production et Nutrition Animale**.....

Intitulé : **Effet d'une supplémentation énergétique à base de ressources locales sur les performances zootechniques des agneaux Ouled Djellal.**

.....

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

BOULTAMEN.

Président(e) de Jury

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 12/07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : ……..**DJEFFAL Samia**…… Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : ..... **BOUHZAM Lamia** .....

Spécialité : .....**Production et Nutrition Animale**.....

Intitulé : **Effet d'une supplémentation énergétique à base de ressources locales sur les performances zootechniques des agneaux Ouled Djellal.**

.....

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

BOUHADJRA N.

Président(e) de Jury

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 12/07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : ……..**DJEFFAL Samia**…… Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : ..... **LAOUACHERIA Boutaina** .....

Spécialité : .....**Production et Nutrition Animale**.....

Intitulé : **Effet d'une supplémentation énergétique à base de ressources locales sur les performances zootechniques des agneaux Ouled Djellal.**

.....

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

BOUGHABZA N.

Président(e) de Jury