



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique

Université Chadli Ben Djedid D'El Tarf

Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie

Département Des Sciences Agronomiques

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat

En Sciences Agronomiques

Option

Production Animale

Par

Guernaz Siham

THEME

Les enveloppes et les tourteaux de graines des figues de barbarie dans l'alimentation de la caille : effet sur les performances zootechniques, les paramètres d'abattage et la qualité de la viande

Devant Le Jury :

Président

Dr TLAILIA Salah

Pr. U de Chadli Ben Djedid

Directeur de thèse

Dr ARBOUCHE Rafik

Pr. U de Ghardaia

Co-Directeur de thèse

Dr BENRACHOU Noura

MCA. U de Chadli Ben Djedid

Examineur

Dr BOUZID Riad

Pr.U De Chadli Ben Djedid

Examineur

Dr MAAYOUF Rabah

MCA. U de El Oued

Examineur

Dr BERGHICHE Amine

MCA.U de Souk Ahras

Année universitaire 2024/2025

DEDICACE

À mes chers parents, qui m'ont soutenue sans relâche, m'inculquant les valeurs du travail, de la persévérance et de l'humilité. Votre amour et vos sacrifices ont été la lumière qui m'a guidée tout au long de ce parcours.

À mon époux bien-aimé, dont la patience, le soutien et l'affection m'ont donné la force d'avancer même dans les moments les plus difficiles. Merci d'avoir cru en moi et d'avoir été mon roc.

À mes précieux enfants, Amira, Zakaria et Ibrahim, qui sont ma plus grande source de motivation et d'inspiration. Que ce travail soit un témoignage de mon engagement à toujours viser l'excellence pour vous offrir un avenir radieux.

À mes frères et ma sœur, pour leur soutien inconditionnel et leur présence réconfortante à chaque étape de mon parcours.

À mes amis, compagnons de route dans cette aventure, merci pour votre encouragement, votre bienveillance et ces moments de partage qui ont rendu ce chemin plus agréable.

G Siham

REMERCIEMENTS

Mon tout premier remerciement va à Dieu, qui m'a permis, par Sa grâce, de mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur ARBOUCHE R., Professeure à l'Université de Ghardaïa, pour son encadrement, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de cette étude. Je la remercie également pour la confiance qu'elle m'a accordée.

Ma vive reconnaissance s'adresse également à monsieur ARBOUCHE Fodil, le père et le conseiller de tous les étudiants. Responsable de notre post graduation pour toute son aide, ces efforts et sacrifices pour la réussite de cette post graduation et surtout de nous avoir fait confiance.

J'adressons mon remerciement le plus sincère et le plus chaleureux à ma Co-promoteur, Mme N. BENRACHOU.,

Je souhaite exprimer mes sincères remerciements à Monsieur Telailia Salah Eddine, Professeur à l'Université Chadli Ben Djedid – El Tarf –, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury d'évaluation de cette thèse.

Je remercie aussi chaleureusement Messieurs Bouzid Riad, Berghiche Amine et Maayouf Rabe, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury.

Résumé

Cette étude examine les effets de l'incorporation des cosses déshydratées et du tourteau de graines de figue de Barbarie dans l'élevage de la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*), en phases d'élevage séquentielles et non séquentielles. Un total de 600 cailles âgées d'un jour (répartition équilibrée entre mâles et femelles, 1:1) et affichant un poids moyen de $7 \pm 0,3$ g ont été réparties aléatoirement en quatre groupes : un groupe témoin et trois groupes expérimentaux recevant respectivement 10 %, 20 % et 30 % de cosses déshydratées et de tourteau de graines de figue de Barbarie. Ces régimes ont été testés selon des schémas d'élevage séquentiels et non séquentiels.

Les résultats montrent une augmentation significative ($p < 0,05$) du poids vif à 45 jours lorsque ces sous-produits ont été intégrés durant la phase de finition ou sur l'ensemble de la période d'élevage. De même, l'ingestion alimentaire moyenne quotidienne et l'indice de consommation se sont nettement améliorés ($p < 0,05$). Le rendement carcasse a également augmenté de manière significative ($p < 0,05$), avec un gain d'environ 6 points pour le groupe recevant la dose finale et une hausse d'environ 8 points pour le groupe recevant 30 % d'incorporation sur toute la période. Par ailleurs, la teneur en protéines de la viande s'est accrue de 5 points dans ce dernier groupe, tandis que la teneur en lipides a diminué d'environ 2 points par rapport au groupe témoin.

En conclusion, l'incorporation des cosses déshydratées et du tourteau de graines de figue de Barbarie durant la phase de finition ou sur l'ensemble de l'élevage améliore significativement les performances de croissance, le rendement carcasse et la qualité de la viande.

Mots-clés : sous-produits, carcasse, qualité de la viande, figue de Barbarie, performances zootechniques.

Abstract:

This study investigated the effects of incorporating dehydrated husks and prickly pear seed cake into coturni-culture during sequential and non-sequential rearing phases. A total of 600 day-old *Coturnix coturnix japonica* quail (equal sex ratio, 1:1), with an average weight of 7 ± 0.3 g, were randomly assigned to four groups: one control group and three experimental groups with incorporation rates of 0%, 10%, 20%, and 30% of dehydrated husks and prickly pear seed cake. These were tested in sequential and non-sequential rearing phases. Results showed that live weights at 45 days significantly increased ($p < 0.05$) when prickly pear by-products were introduced during the finishing phase or throughout the rearing period. Similarly, average daily feed intake and feed conversion ratio also improved significantly ($p < 0.05$). Carcass yield increased markedly ($p < 0.05$), with the final incorporation group showing a rise of approximately 6 points, and the full incorporation group (30%) exhibiting an increase of about 8 points. Furthermore, the meat protein content was 5 points higher in the full incorporation group, while fat content was reduced by approximately 2 points compared to the control. In conclusion, the incorporation of dehydrated husks and prickly pear seed cake during the finishing phase or throughout the rearing period significantly enhanced growth performance, carcass yield, and meat quality.

Keywords: by-products; carcass; meat quality; prickly pear, zootechnical performance

الملخص

تبحث هذه الدراسة في تأثير إدماج القشور المجففة وكُسب بذور التين الشوكي في تربية السمان الياباني (*Coturnix coturnix japonica*) خلال مراحل تربية متسلسلة وغير متسلسلة. شملت التجربة 600 فرخ سمان بعمر يوم واحد (بنسبة جنسية متساوية 1:1) بوزن متوسط قدره 0.3 ± 7 غرام، وتم توزيعها عشوائياً على أربعة مجموعات: مجموعة شاهدة وثلاث مجموعات تجريبية تلقت نسب إدماج قدرها 10%، 20%، و30% من القشور المجففة وكُسب بذور التين الشوكي، وتم اختبارها في أنظمة تربية متسلسلة وغير متسلسلة.

أظهرت النتائج تحسناً ملحوظاً ($p < 0.05$) النهائية في الوزن الحي عند عمر 45 يوماً عند إدماج هذه المخلفات خلال مرحلة التسمين أو خلال كامل فترة التربية. كما تحسن كل من متوسط استهلاك العلف اليومي ومعامل التحويل الغذائي بشكل كبير ($p < 0.05$). كذلك، زاد مردود الذبيحة بشكل ملحوظ ($p < 0.05$)، حيث ارتفع بحوالي 6 نقاط في المجموعة التي تلقت أعلى نسبة إدماج خلال المرحلة النهائية، وارتفع بحوالي 8 نقاط في المجموعة التي تلقت 30% من الإدماج طوال فترة التربية. بالإضافة إلى ذلك، زادت نسبة البروتين في اللحم بحوالي 5 نقاط في هذه المجموعة، بينما انخفضت نسبة الدهون بحوالي نقطتين مقارنة بالمجموعة الشاهدة.

ختاماً، يساهم إدماج القشور المجففة وكُسب بذور التين الشوكي خلال مرحلة التسمين أو خلال كامل فترة التربية في تحسين الأداء الإنتاجي، ومردود الذبيحة، وجودة اللحم بشكل ملحوظ.

الكلمات المفتاحية: المخلفات الزرعية، الذبيحة، جودة اللحم، التين الشوكي، الأداء الزووي تقني.

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviations	Significations
J.-C	Jésus-Christ
/	Par
%	Pourcentage
°C	Degrés Celsius
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
NRC	Nutrient Requirements of poultry
ANOVA	Analysis of Variance
Ca	Calcium
Mg	Magnésium
j	Jour
Cm	Centimètre
g	Gramme
ha	Hectare
SC	Superficie cultivée
S de P t	Superficie de production totale
QPPC	Quantités produites par des plantations commerciales
UP	Utilisation principale
T	Tonne
mm	Millimètre
MS	Matière sèche
Kg	Kilogramme
mg	Milligramme
USD	United States Dollar, soit dollar des États-Unis
CO2	Dioxyde de carbone
Kcal/kg	Kilocalorie par kilogramme
CMV	Complément minéral et vitamine
m	Mètre
PV	Poids vif
QI	Quantité ingéré
IC	Indice de consommation
GMQ	Gain moyen quotidien
h	Heur
SPFB	Sous-produits de figue de barbarie
FB	Figuier de barbarie

LISTE DES FIGURES

Figure 1: répartition géographique d’opuntia dans le monde	5
Figure 2: photos des cladodes de différentes zones.....	6
Figure 3: photos des fleurs de différentes zones.....	7
Figure 4: photos des fruites de différentes couleurs	7
Figure 5: Répartition des grands producteurs de figue de barbarie selon quantité produites en tonnes	11
Figure 6: Répartition des grands producteurs.....	11
Figure 7: Importance des plantations réalisées par wilaya.....	13
Figure 8: Les différents produits du figuier de Barbarie : huile des graines de figue de Barbarie (a), confiture (b), vinaigre (c), farine des grains (d), savon naturel à base de figue de Barbarie (e).....	14
Figure 9: caille japonaise Coturnex japonica : a- femelle ; b- male	30
Figure 10: Production de viande de caille dans différents pays, en milliers de tonnes.....	31
Figure 11: La production mondial de viande par type	32
Figure 12: Evolution du marché de la viande de caille dans le monde (2018-2032).	33
Figure 13: Présentation géographique du site d’expérimentation	45
Figure 14: vue interne du bâtiment d’élevage	46
Figure 15: abreuvoirs et mangeoires de premier âge.....	46
Figure 16: trémies de 12Kg et Abreuvoirs siphoniques de 8litres	47
Figure 17: <i>Eleveuses a gaz butane de type parabole.</i>	47
Figure 18: Cailleteaux d’un jour de souche Coturnix coturnix japonica.....	48
Figure 19: Les sous-produit de la transformation des figues de barbarie. A : les enveloppes, B : les tourteau broyé, C : Tourteau en bouchon	49
Figure 20: Régime alimentaire des quatre lots	52
Figure 21: le pesage des animaux	54
Figure 22: protocole de la détermination de la teneur de la viande en cendre selon les méthodes de l’ AOAC	57
Figure 23 : Poids vifs a 21j (en g) selon les taux de substitution et phase d’élevage.....	62
Figure 24: Poids vifs a 1j, 21j et 45j (en g) selon les taux de substituions et phase d’élevage	62
Figure 25: Courbe de croissance pour la substitution durant la phase de démarrage.....	63
Figure 26: Courbe de croissance pour la substitution durant la phase de finition.....	63
Figure 27: Courbe de croissance pour la substitution durant les deux phases	64
Figure 28: Evolution de la quantité ingérée moyenne selon le niveau de substitution et au cours de la période d’élevage	66
Figure 29: Evolution de l’indice de consommation selon le niveau de substitution et la phase d’élevage.....	67
Figure 30: Les caractéristiques d’abattages en fonction de taux de substitution et phase d’élevage.....	69
Figure 31: La qualité de la viande des cailles en fonction du taux de substitution et la phase d’incorporation	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: quelques Informations clés sur la filière figue de barbarie dans le monde	10
Tableau 2: Pourcentage des quantités exportées de FB dans les exportations mondiales	11
Tableau 3: répartition des plantations de figuier de barbarie	13
Tableau 4 : Quelques variétés de la figue de barbarie cultivées dans le monde et en Algérie.	15
Tableau 5: les Exigences écologiques de la Figue de Barbarie.....	18
Tableau 6: L'analyse chimique de la poudre de graines de figue de barbarie	19
Tableau 7: Teneur en acides gras (%) de l'huile de figue de Barbarie (Opuntia ficus-indica) de différents pays.....	21
Tableau 8 : les différentes propriétés médicinales de la figue de barbarie	22
Tableau 9: récapitulatif des maladies du figuier de Barbarie.....	24
Tableau 10: Le tableau présente les métabolites primaires et secondaires présents dans différentes espèces d'Opuntia en mg/g.....	27
Tableau 11 : Différentes espèces de cailles du genre Coturnix et leurs répartitions géographiques	29
Tableau 12: Besoins en aliment par phase d'élevage.....	39
Tableau 13: Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unités par kilogramme d'aliment à 90% de matière sèche.....	40
Tableau 14: la composition d'aliment de démarrage et de croissance et d'aliment d'élevage et de production des œufs	43
Tableau 15: Disposition des différents groupes en fonction du taux d'incorporation des enveloppes déshydratées et du tourteau de graines de figue de barbarie dans les différentes phases d'élevage.....	48
Tableau 16: Composition chimique en % de MS des sous-produits de la transformation des figues de barbarie.....	50
Tableau 17: Formules (kg/100 kg d'aliment) des aliments de démarrage-croissance (DC) (1 à 20 jours) et de finition (F) (21 à 45 jours) distribués aux cailles en fonction du taux de substitution du tourteau de soja par le tourteau des graines de figue de barbarie	51
Tableau 18: Effets du taux de substitution sur la croissance pondérale (g) et le gain moyen quotidien (GMQ g/j/sujet) des cailles.....	61
Tableau 19: Effets du taux de substitution sur l'ingéré moyen (IM en g/sujet) et l'indice de consommation (IC) des cailles	66
Tableau 20: Effets du taux de substitution sur les caractéristiques des carcasses et la qualité de la viande des cailles	69
Tableau 21: La qualité de la viande	70

Table Des Matières

Introduction	1
1. Origine et répartition géographique :	4
2. Description général :	5
2.1. Les cladodes des opuntias	5
2.2. Les bourgeons :	6
2.3. Les aréoles :	Erreur ! Signet non défini.
2.4. Les fleurs :	6
2.5. Le fruit :	7
3. Nomenclature et appellation :	8
4. Systématique de la plante :	8
5. La culture de figuier de barbarie, sa production et son exportation	10
5.1. Dans le monde	10
5.2. En Algérie :	12
6. Les usines de transformation de la figue de barbarie les plus réputés en Algérie ..	14
7. Les différentes Variétés de figes de barbarie cultivées dans le monde et en Algérie	15
8. Exigences écologiques du figuier de barbarie :	16
8.1. Température :	17
8.2. Précipitations :	17
8.3. Sol :	17
8.3.1. Type de sol.	17
8.3.2. Le pH	17
8.4. Lumière :	17
9. Utilisation de la figue de barbarie :	18
9.1. Usages du figuier de barbarie en alimentation humaine :	18
9.2. Usages cosmétiques	20
9.3. Usages fourragers	21
9.4. Usages médicaux :	22
9.5. Usages agronomique :	23
9.6. Usages industriels	23
10. Maladies du figuier de barbarie	23
11. Facteurs antinutritionnels :	25

11.1.	Les Tanins :	25
11.1.1.	Les tanins hydrolysables	25
11.1.2.	Les tanins condensés	25
11.2.	Les saponines	26
11.3.	L'oxalate :	26
1.	Présentation de la caille japonaise <i>Coturnix japonica</i>	28
2.	Origine et domestication de la caille japonaise	28
3.	Classification de la caille japonaise	28
4.	Habitat et répartition géographique	28
4.1.	Habitat	28
4.2.	Répartition géographique	29
4.3.	Description et sexage de la caille japonaise	29
5.	La production dans le monde :	30
5.1.	Évolution du marché de la viande de caille :	32
6.	Reproduction chez la caille japonaise	33
6.1.	Facteurs influençant la fertilité, l'incubation et l'éclosion des œufs de caille	34
7.	Conditions environnementales d'élevage des cailles	34
7.1.	La température	34
7.2.	L'humidité	35
7.3.	Les exigences d'espace	35
7.4.	L'éclairage	35
8.	Le logement des cailles	35
8.1.	Système de volière	36
8.2.	Système de plancher	36
8.3.	Système de cage	36
9.	L'alimentation des cailles	36
9.1.	les besoins nutritionnels de la caille japonaise	37
9.1.1.	Besoins énergétiques :	37
9.1.2.	Besoins en protéines	38
9.1.3.	Besoins en vitamines	38
9.1.4.	Les substances minérales :	38
9.1.5.	La consommation d'aliment et besoin en eau :	39
9.2.	Quelques exemples d'aliment pour la caille japonaise :	41
9.2.1.	Aliment iso énergétique :	41

9.2.2.	Aliment isoprotéique	41
10.	Quelques notes sur l'élevage des cailles de chair	43
	Objectif :.....	45
	Matériel et méthodes	45
1.	Matériel	45
1.1.	Lieu et période de l'expérimentation	45
1.2.	Bâtiment et équipements.....	45
1.3.	Les animaux	47
1.4.	Caractéristiques des aliments.....	49
1.4.1.	Matières premières utilisées et leurs seuils d'incorporations	49
2.	Méthodes	52
2.1.	Conduite d'élevage	52
2.2.	Paramètres étudiés	53
2.2.1.	Taux de mortalité :	53
2.2.2.	La pesée des animaux	53
2.2.3.	Consommation d'aliments	54
2.2.4.	Indice de consommation (IC)	54
2.2.5.	Gain moyen quotidien : GMQ (g/j)	54
2.3.	Conditions de pré-abattage, abattage et rendements.....	55
2.4.	Analyses physico-chimiques de la viande	55
2.4.1.	Préparation de l'échantillon	55
2.4.2.	Mesure du ph	56
2.4.3.	Détermination de la teneur en eau	56
2.4.4.	Détermination de la matière minérale	56
2.4.5.	Dosage de la matière grasse.....	57
2.4.6.	Détermination de la teneur en protéines	58
2.5.	Analyse statistique	59
I.	Résultats	60
1.	Effet sur les performances zootechniques	60
1.1.	Mortalités :.....	60
1.2.	Croissance :.....	60
1.2.1.	Au cours de la phase de démarrage-croissance(1-20j)	60
1.2.2.	Au cours de la phase de démarrage-croissance(21-45j)	60
1.3.	Consommation d'aliment et l'efficacité alimentaire :	64

1.3.1.	Ingéré moyen quotidien (IMQ)	64
1.3.2.	Indice de consommation (IC)	65
1.4.	Effet sur les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande	67
II.	Discussion	71
1.	Les performances zootechniques	71
2.	Les paramètres d'abattage	73
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Introduction Générale

Introduction

En Algérie et comme tous les pays de nord d'Afrique, pour pallier à l'insuffisance en protéines animales liée à la sécheresse persistante, l'accent a été mis depuis quelques années sur l'élevage des espèces à cycle court dont les volailles. Un programme d'amélioration de la production avicole suppose et l'ajout de nouvelles espèces d'oiseaux, comme la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*), pour compléter les espèces existantes. L'élevage de cailles fournit déjà des protéines alimentaires de haute qualité pour la consommation humaine (**Khosravi et al, 2016**).

Il est économiquement viable et techniquement réalisable car les cailles sont assez résistantes à diverses maladies, atteignent la maturité sexuelle à l'âge de 6 semaines et s'adaptent facilement aux diverses conditions d'élevage (**Randall et Bolla, 2008**). Cependant, le défi majeur dans la durabilité à long terme de la production de cailles reste le coût des protéines alimentaires et l'approvisionnement en acides aminés essentiels (**Wickramasuriya et al., 2015 ; Rezaeipour et al., 2016**). Et comme la plupart des pays en développement, l'Algérie est dépendante de l'importation de matières premières pour la production d'aliments pour animaux domestiques, ce qui entraîne des coûts trop élevés pour les populations les plus pauvres pour subvenir aux besoins en protéines animales. Selon (**Guermah et al. 2016**), les coûts d'alimentation représentent 60 à 70 % des dépenses de l'ensemble du processus de production. L'utilisation de sous-produits agricoles et agro-industriels dans les rations des animaux domestiques est un moyen de réguler voire de baisser le prix de revient de ces produits (**Arbouche et al, (2021); bara et al, (2021) et Boubekour, (2021)**). Des études spécifiques sur les sous-produits ont été menées afin d'évaluer leur potentiel d'incorporation dans l'alimentation animale. Toutefois, leur intégration dans les rations doit respecter les recommandations nutritionnelles classiques afin d'éviter tout déséquilibre et de garantir le maintien des performances zootechniques à un niveau optimal (**Chapoutot et al., 2019**). Par ailleurs, les taux d'incorporation de ces sous-produits varient en fonction de l'espèce animale et du type de sous-produit concerné (**Ouzzir et al., 2020**).

À ce jour, la figue de Barbarie fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques à travers le monde, notamment en raison de la valeur de son huile, considérée comme l'une des plus chères au monde.

Bien que cette ressource soit abondante à l'échelle locale, elle demeure sous-exploitée et sa consommation reste essentiellement saisonnière. Pourtant, la valorisation des sous-produits issus de la transformation de ses fruits (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.1768) représente une alternative prometteuse, d'autant plus que cette espèce est largement présente dans les régions arides et semi-arides du pays, couvrant une superficie de 55 671 hectares (HCDS, 2015).

Les figues de Barbarie jouent un rôle économique essentiel dans de nombreuses régions arides, où elles sont produites en grande quantité. Le figuier de Barbarie est reconnu comme une culture polyvalente (Nazareno, 2017) et constitue une alternative alimentaire intéressante (Makkar, 2017). Ses tiges et ses fruits offrent une large gamme d'applications, notamment dans l'alimentation humaine (fruits frais, pâte, confiture, salades et boissons rafraîchissantes), la nutrition animale (fourrage complémentaire pour bovins, ovins et caprins), ainsi que dans le domaine médical (effets antidiabétiques). De plus, cette plante est exploitée pour la production de divers produits industriels tels que l'alcool, le savon, les pigments, les pectines et les huiles.

Cependant, la transformation de la figue de Barbarie génère d'importantes quantités de sous-produits, comme les pelures et les tourteaux de graines, qui, en l'absence de valorisation, peuvent contribuer à la pollution environnementale (Boumali, 2022).

L'utilisation des sous-produits de la figue de Barbarie a été largement étudiée dans l'alimentation animale. Par exemple, Moula et al. (2019) ont exploré l'incorporation du fruit entier en Algérie, tandis que Badr et al. (2019) ont mené des recherches similaires en Égypte. De son côté, Ragab (2007) a étudié l'utilisation de l'enveloppe du fruit avec l'ajout d'enzymes. Cherif et al. (2022) ont testé l'incorporation de pelures déshydratées et de tourteaux de graines de figuier de Barbarie dans l'alimentation des poulets de chair, tandis que Benteboula et al. (2023) ont étudié l'utilisation des tourteaux de graines de figuier de Barbarie dans l'alimentation des poulets de chair en Algérie.

Ces sous-produits sont également valorisés dans l'alimentation des ruminants et des monogastriques (El-Nagmy et al., 2001 ; Ragab, 2007 et 2012). En dehors du domaine de la nutrition animale, ils trouvent aussi leur place dans l'industrie agroalimentaire. Par exemple, Bouazizi et al. (2020) ont étudié leur utilisation comme substitut partiel de la farine de blé dans la préparation de biscuits. De plus, Anwar et Sallam (2016) ont exploré l'incorporation de poudre d'écorces de figue de Barbarie pour améliorer la qualité du pain pané.

La présente étude vise ainsi à évaluer les effets du remplacement partiel du maïs par des pelures déshydratées et du tourteau de soja par des tourteaux de graines dans l'alimentation des

Introduction Générale

cailles, tout au long de leur cycle d'élevage, en adoptant une approche séquentielle et complète. Cette étude avait pour but d'évaluer les effets d'une substitution partielle du maïs et du tourteau de soja par les sous-produits de la transformation des fruits d'Opuntia (enveloppes et tourteaux de graines) dans l'alimentation des cailles sur les paramètres de croissances, les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande.

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : Figuier de Barbarie

1. Origine et répartition géographique :

Le figuier de Barbarie est largement répandu dans le monde, notamment au Mexique, en Amérique du Nord et du Sud, en Afrique, en Australie et dans la région méditerranéenne (**Barbera et al., 1992 ; Nerd & Mizrahi, 1995 ; Kabas et al., 2006 ; Salem et al., 2004 ; Yahia & Mondragon-Jacobo, 2011**). Cette plante pousse naturellement dans les régions arides et semi-arides (**Ennouri, 2005**) et trouve son origine dans les zones arides et semi-arides du Mexique (**Arba et al., 2000 ; El Mannoubi et al., 2008 ; Orwa et al., 2009 ; Kavirindi, 2010 ; Abdel-Hameed et al., 2014**).

Au Mexique, le figuier de Barbarie a été utilisé par l'Homme depuis environ 6500 ans avant J.-C., constituant une des bases de l'alimentation des populations indigènes (**Arba et al., 2000**). Son introduction en Espagne a eu lieu après la découverte de ce cactus, et c'est principalement à travers l'expansion espagnole aux XVI^e et XVII^e siècles qu'il s'est diffusé en Afrique du Nord. Le retour des Maures expulsés d'Espagne en 1610 a également contribué à son implantation dans leurs terres natales. Ces derniers ont apporté avec eux ce qu'ils appelaient « l'arbre à figue indien » et l'ont planté autour de leurs villages (**Diguet, 1928 ; Benzarga, 2010 ; Mabrouk et al., 2016 ; Inglese et al., 2018**).

Rapidement, le figuier de Barbarie s'est naturalisé dans le bassin méditerranéen, devenant un élément emblématique des paysages côtiers et insulaires (**Casa & Barbera, 2002 ; Mulas & Mulas, 2004 ; Oumiloud, 2012**). Il est particulièrement développé dans la partie occidentale de la Méditerranée, notamment dans le sud de l'Espagne, le Portugal et en Afrique du Nord (**Tunisie, Algérie et Maroc**) (**Bensalem et al., 2002 ; Arba, 2009**).

Au XVIII^e siècle, cette plante a connu une forte expansion en Sicile (**Maataoui & Hilali, 2002**) et plus tard, a été introduite dans le nord du Brésil au XIX^e siècle (**Falcao et al., 2013**).

Dans certains pays, comme l'Italie, l'Espagne et le Mexique, la culture du cactus est développée de manière intensive et moderne. Ces pays ont mis en place des programmes de recherche et de développement visant à optimiser la production, qu'il s'agisse de fruits, de fourrage ou même d'applications industrielles (**Mulas et Mulas, 2004**).

Cependant, dans d'autres régions, notamment en Australie et en Afrique du Sud, certaines variétés de cactus, comme la variété asperme, sont perçues comme des mauvaises herbes. Cela s'explique par leur capacité exceptionnelle à se propager rapidement, ce qui en fait une menace pour les écosystèmes locaux (**Orwa et al., 2009**).

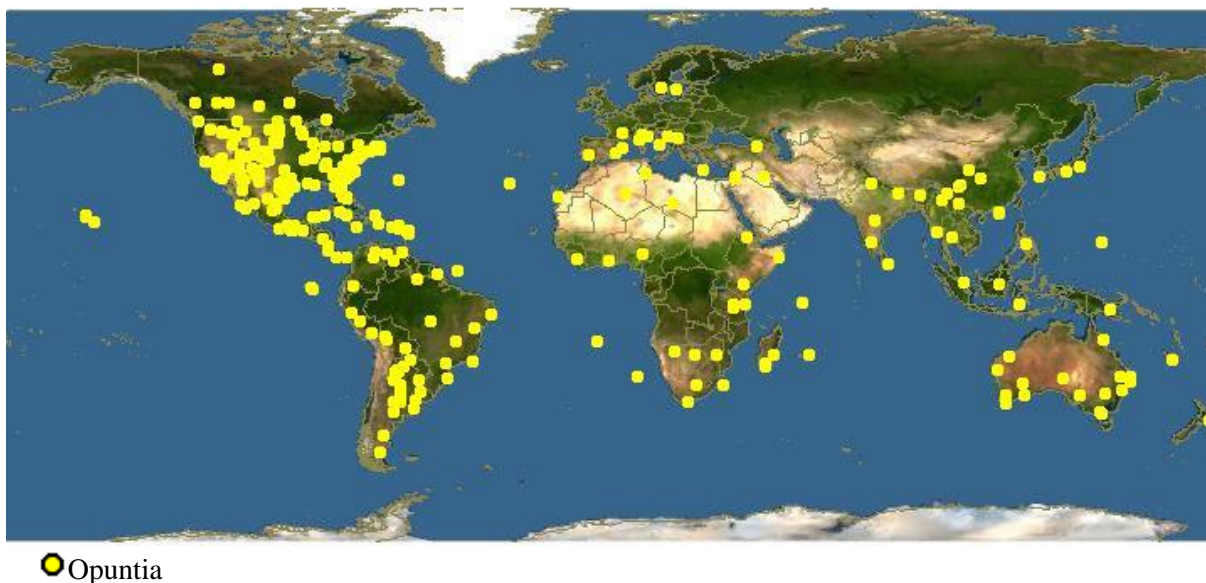


Figure 1: répartition géographique d'opuntia dans le monde
(<https://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Opuntia>) 14/02/2025

2. Description général :

De nombreux chercheurs se sont intéressés aux Opuntias, comme en témoignent les travaux de **Bravo (1978)**, **Pimienta (1990)**, **Sudzuki, Muñoz et Berger (1993)**, **Sudzuki (1999)**, **Scheinvar (1999)**, **Barbera, Inglese et Pimienta (1999)**, ainsi que **Nobel et Bobich (2002)**. Le figuier de Barbarie, plus connu sous son nom scientifique *Opuntia ficus-indica*, est une espèce représentative de cette famille.

En général, les opuntias se présentent sous forme d'arbustes pouvant atteindre une hauteur de 3,5 à 5 mètres (**Khédira & Goetz 2018**). Leur système racinaire est particulièrement développé et adapté aux milieux arides : il est densément ramifié, avec de nombreuses racines fines et superficielles. La longueur des racines dépend étroitement des conditions agro-environnementales locales et des pratiques agricoles, notamment l'usage de l'irrigation et des engrais (**Villegas et de Gante, 1997**).

2.1. Les cladodes des opuntias :

Les cladodes caractérisés par leurs textures succulentes et leurs structure articulées, prennent la forme de raquettes ovales ou allongées pouvant atteindre 60 à 70 cm de long, en fonction de la disponibilité en eau et en nutriments (**Sudzuki, Muñoz et Berger, 1993**). Lorsqu'elles mesurent environ 10 à 12 cm de longueur, ces jeunes cladodes sont tendres et peuvent être consommées comme un légume. Leur croissance se poursuit généralement pendant environ 90 jours. Ces derniers contiennent 90,7 % d'eau et 1,54 % de cendre (**Al-Mushhin, Amina, 2022**) les niveaux de minéraux variaient en fonction des espèces, du lieu de culture et de l'état

des feuilles. Le potassium était le minéral dominant, représentant 60 % de la cendre totale, suivi par le calcium, le sodium et le fer, alors que le magnésium était absent. Il est intéressant de souligner que le calcium est crucial pour la rétention d'eau dans les tissus succulents.

(Stintzing and Carle, 2005).

2.2. Les bourgeons :

Les bourgeons appelés aréoles, sont présents sur les deux faces des cladodes. Ces aréoles ont la capacité de produire de nouveaux cladodes, des fleurs ou des racines, en fonction des conditions environnementales (Sudzuki, Muñoz et Berger, 1993). D'autre part, Adli et al. (2017) ont mené une étude sur la diversité phénotypique de 20 variétés d'*Opuntia ficus-indica*, avec et sans épines, dans la steppe algérienne. Leurs résultats ont mis en évidence une variation graduelle des épines et des aréoles, influencée par les conditions climatiques.

La composition chimique des cladodes varie en fonction de la variété, du stade de croissance et des conditions environnementales. Elles se distinguent par une haute valeur nutritive, notamment grâce à leur richesse en minéraux, en protéines, en fibres alimentaires et en composés photochimiques. (Bensadon et al, 2010)

Les aréoles ont deux types de rachis dans leur cavité : petite et grande. Les petits, groupés en grand nombre, sont appelés «glochides» et les grands sont des feuilles modifiées selon certaines autorités (Granados et Castañeda, 1996).

Quand les gens entrent en contact avec la plante, des épines qui sont susceptibles de pénétrer la peau, et cela peut être un obstacle sérieux lors de la récolte, le traitement et la consommation du fruit.

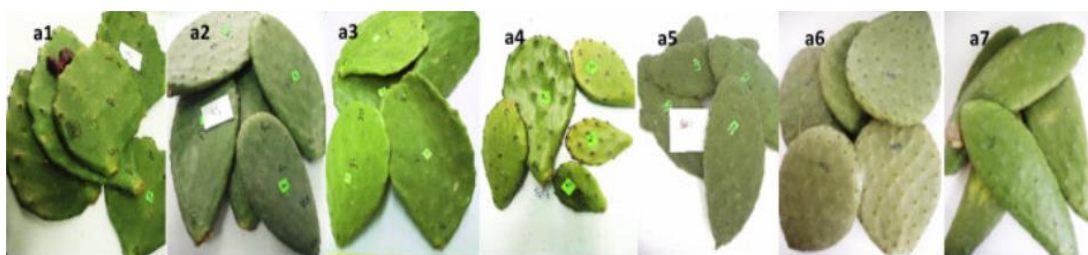


Figure 2: photos des cladodes de différentes zones (Elhani et al, 2019)

2.3. Les fleurs :

Les fleurs, hermaphrodites et solitaires, se développent à partir du sommet des excroissances ou coussinets. Elles sont supérieures, avec une couleur variant entre le jaune et le rouge. Leurs enveloppes florales ne sont pas distinctement différenciées en calices et corolles. (FAO, 2013).

Dans la plupart des régions du monde, les plantes fleurissent une fois par an, bien qu'au Chili, sous certaines conditions environnementales et avec de l'eau fourni pendant l'été, il y a une deuxième floraison en automne (Sudzuki, Muñoz et Berger, 1993).



Figure 3: photos des fleurs de différentes zones (Elhani et al , 2019)

2.4. Le fruit :

Le fruit est une 'fausse' baie car elle a un ovaire qui est simple et charnu. La forme et la taille des fruits est variable. Chessa et Nieddu (1997) et Ochoa (2003) ont décrit les types de fruit - ovoïde, rond, elliptique et oblong avec Bordures plates, concaves ou convexes. Les couleurs varient à travers le rouge, orange, violet, jaune et vert avec de la pulpe de même couleur. L'épiderme du fruit est similaire à celui du cladode, y compris aréoles et abondantes glochides et épines. L'épaisseur de la peau des fruits est variable, tout comme la quantité de pulpe. Ce dernier contient de nombreuses graines, normalement mangées avec la pulpe. Certains fruits montrent des graines avortées, qui augmente la proportion de pulpe comestible. En réponse à la préférence exprimée sur certains marchés pour des fruits sans pépins ou à faible teneur en graines, les efforts d'amélioration génétique se sont orientés vers l'identification et la multiplication des variétés répondant à cette exigence. (Mondragón- Jacobo, 2004). Ces fruits sont d'une valeur nutritionnelle importante, ils sont sucrés et juteux et semblable à la plupart des fruits comme les oranges, les pommes, les poires, les cerises...etc. (Barbera et al., 1992). Un seul fruit du figuier de Barbarie plus au moins gros, pèse entre 30 et 150 g (Loudyi, 1995) et se compose d'environ 30 à 40 % de pelure, 60 à 70 % de pulpe et 2 à 10 % de graines (El Kossori et al., 1998 ; Duru et Turker, 2005).



Figure 4: photos des fruites de différentes couleurs (Elhani et al , 2019)

3. Nomenclature et appellation :

Plusieurs noms sont attribués au figuier de barbarie afin de donner une parfaite présentation de cette plante :

Il existe plusieurs appellations selon les différentes régions dont le Nopal est le nom mexicain de la plante. **En Espagne**, outre Nopal, Nopallito, on l'appelle familièrement Nopalcito, Tuna, Ensada, Higos de Pala, Higos de Mauro ; **en Andalousie** : Chumbera ou Higuera Chumbra. Dans **les pays francophones** du bassin méditerranéen, où il est très populaire, l'*Opuntia* est une appellation savante, vient du latin Opuntius, d'Oponite, *L'Opuntia vulgaris* Miller 1768 et *l'Opuntia ficus-indica* Miller 1768 sont les deux espèces les plus répandues sur terre, mais la plante peut porter un nom différent selon l'idiome local (**Benattia , 2017**).

Aussi il est surnommé Cardasse, Chardon d'Afrique, Cactus raquette, Figuier à raquettes, Raquerre, Figuier de Barbarie (vient du mot Berbérie), Figuier d'Inde, Figuier du chameau, Oursin des sables, Châtaigne du désert, Semelle du Pape, (**Halmi, 2015**) et, plus trivialement : Main de velours ou Chatte à piquants ; en **Italie**, Fico de India ; en **Angleterre** : Barbary fig, Devils tongue , Prickly pear (poire à épines), Indian fig tree; en **Allemagne** : Feigenkaktus, Feigendistel, Indische Feige, Opuntie ; en **Grèce** : Chardon des Indes, Figuier des Francs ; en Hollande : Gewcone vyg, Indiannsche wyg ; au Portugal : Opuncia. En **Égypte** c'est l'El-tin-el-Choki. (**Schweizer. 1997**) Au **Maghreb**, suite au reflux des Maures chassés d'Espagne, les Arabes apprécièrent ce figuier d'un nouveau genre à la mode chez les Chrétiens, ils lui donnèrent le nom de Karmous ensarra (chardon des Nazaréens) ou Figuier des Chrétiens Il est appelé aussi, Cactus-raquette, oponce (**Felice ,2004**). **En Tunisie**, l'*Opuntia ficus-indica* est connu sous le nom de « hendi », en Algérie « hindia » (**Oued et al.,1990**). Au **Maroc** le figuier de barbarie possède plusieurs noms vernaculaires : « zaâboul », et « aknari». (**Briha.2012**). **En kabyle** figues de Barbarie (*takermust*, plur. *tikirmusin*) (**Hammad, 1989**)

4. Systématique de la plante :

Le terme « cactus » qui vient du grec « kaktos », désignant le chardon. De même, ficus indica signifie clairement la figue des indes. Le terme Opuntia a probablement un rapport aux « Opuntes », ou « Opunces » peuple de la Grèce antique, de la région de Béotie. (**Anaya-Perez. 2001**)

Les cactacées ou cactées sont des végétaux phanérogames, angiospermes, dicotylédones (SCHWEIZER, 1997) Le figuier de Barbarie appartient à la famille des *Cactaceae* (Gibson & Nobel, 1986; Schweizer, 1997 et Enouri, 2014 Osuna-Martínez et al., 2014).

Où elle renferme environ 1600 espèces avec le centre de la diversité maximale au Mexique qui abrite 669 espèces. (Guzman et al. 2003 In: Reyes-Aguero et al, 2006 ; Nefzaoui Et al., 2014)

La tribu des Opuntieae comprend le genre *Opuntia*, subdivisé à son tour en quatre sous-genres : *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous genre *Platyopuntia* comprend 150 à 300 espèces, parmi lesquelles figure *Opuntia ficus-indica*. Cette espèce est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes. (Dubeux et al .2006). En effet, peu d'études ont été effectuées sur ce sujet et le haut degré de plasticité ainsi que le peu d'informations génétiques sur la plante ont rendu la systématique du genre *Opuntia* difficile (Pimienta-Barrios, 1993).

Les cactacées (ou cactées) sont des végétaux phanérogames appartenant à la classe des dicotylédones, polypétales. Ce sont des arbustes et des arbres vivaces, à tiges charnues, caliciflores, apparemment aphytes. Leurs fleurs sont grandes, rotacées, hermaphrodites. (soulaire.1948)

Classification taxonomique des cactus poires (Stintzing et al., 2002).

Royaume: Plantae

Sous-royaume: Tracheobionta

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida

Sous-classe: Caryophyllidae

Ordre: Caryophyllales

Famille: Cactaceae

Genre: Opuntia

Espèce: Opuntia ficus-indica (L.) Mill., 1768

5. La culture de figuier de barbarie, sa production et son exportation :

5.1. Dans le monde

Le tableau ci-dessous décrit la production mondiale de figue de barbarie. Le Brésil occupe la première place en termes de superficie cultivée, tandis que la Tunisie se distingue par la production la plus élevée issue de terres cultivées. Le Mexique, bien qu'il dispose d'une très grande superficie totale, arrive en deuxième position pour la production à partir de champs exploités. Les pays comme le Maroc, l'Italie et l'Algérie jouent également un rôle important, même si les rendements et les méthodes de culture varient d'une région à l'autre ; On souligne également la diversité des usages de la figue de barbarie : alimentation animale, production de fruits ou encore extraction d'huile. Malgré sa large présence à travers le monde, la production reste encore relativement peu développée (Production mondiale totale : 1 900 000 tonnes).

Tableau 1 : quelques Informations clés sur la filière figue de barbarie dans le monde selon (PAMPAT 2 – 2021) cité par (PÖSCHK, 2023)

Pays	S C (ha)	S de P totale	Q P P C (tonnes)	U P	Remarques
Brésil	600 000	900 000	-	Fourrage	Premier pays en termes de superficie cultivée.
Mexique	230 000	3 000 000	430 000	Consommation et transformation	Plus de 400 variétés de figuier de Barbarie.
Tunisie	117 770	600 000	552 000	Fruits frais et transformation	Rendement moyen de 4,7 tonnes/ha selon les régions et années.
Éthiopie		360 000	-	Fruits frais et transformation	Développement récent de la chaîne de valeur (CdV).
Maroc	150 000	Non spécifié	40 3 200	Consommation, autoconsommation et pertes	40% de la production perdue, seulement 56% commercialisée.
Algérie	52 000	Non spécifié	75 000	Fourrage et clôture	Utilisé surtout en périodes de sécheresse.
Italie	8 597	15000	151 264	Fruits frais	Rendement élevé (jusqu'à 25 t/ha avec irrigation).
Autres pays	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié	Fruits frais et fourrage	Contribution faible à la production mondiale.

S C : Superficie cultivée S P : Superficie de production Q P P C : Quantités produites par des plantations commerciales U P : Utilisation principale

Le tableau 1 illustre la répartition mondiale de la culture de la figue de barbarie selon la superficie totale, la superficie cultivée et les usages. Le Brésil et le Mexique se distinguent clairement par l'étendue de leurs zones, où le Brésil occupe la première place en termes de superficie cultivée avec 600000 ha, Il est suivi au Mexique, où la superficie cultivée est estimée à 230000 ha. Confirmant aussi la domination de l'Amérique latine. Concernant, l'Afrique du Nord (Maroc, Tunisie et Algérie) détient une part importante, ce qui reflète l'importance de cette région. Enfin, la présence de producteurs plus modestes (Éthiopie, Italie...) témoigne de la diversité géographique de cette culture à l'échelle internationale.

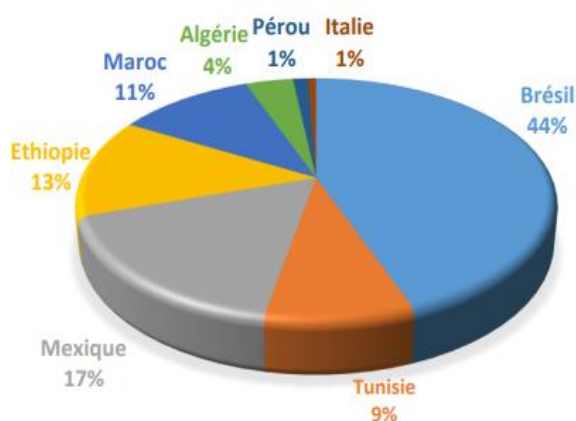


Figure 6: Répartition des grands producteurs De figue de barbarie Selon la surface cultivée En ha PAMPAT (2021).

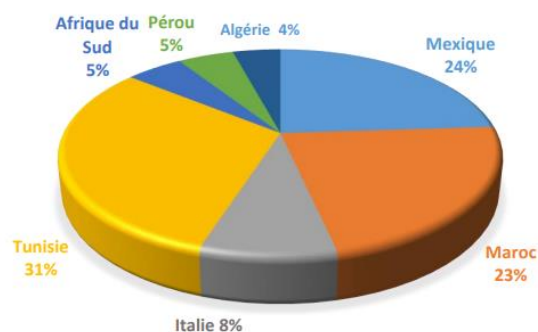


Figure 5: Répartition des grands producteurs de figue de barbarie selon quantité produites en tonnes PAMPAT (2021).

Tableau 2: Pourcentage des quantités exportées de FB dans les exportations mondiales (Source : PAMPAT, 2021)

N°	Pays	Exportations (2018)	Pourcentage	Clients
1	Mexique	42 876	80,72 %	États-Unis d'Amérique (93 %), Canada (3,2 %)
2	Italie	6 107	11,50 %	Allemagne (30 %), Suisse (18 %), Royaume-Uni (10 %)
3	Argentine	1 684	3,17 %	États-Unis d'Amérique (100 %)
4	Tunisie	837	1,58 %	Libye (22 %), Koweït (21 %), EAU (19 %), France (7 %)
5	Maroc	340	0,64 %	France (48 %), Mauritanie (22 %), Espagne (19 %), Allemagne (11 %)
6	Autres*	1 241	2,34 %	-
Total		53 115	(100,00 %)	

Le tableau ci-dessus présente le classement des principaux exportateurs de figue de barbarie dans le monde en 2018, en fonction des quantités exportées.

*Autres ** : Ces pays sont l'Algérie (2 T), le Pérou (14 T), l'Afrique du Sud (20 T), la Jordanie (71 T), l'Arabie Saoudite (237 T), le Portugal (188 T), le Thaïlande (25 T), le Liban (233 T), la Turquie (74 T), le Vietnam (20 T), l'Égypte (57 T), l'Inde (279 T) et les EAU (21 T).

Le marché mondial de la figue de barbarie reste encore peu développé. Malgré une production annuelle dépassant les 1 862 413 tonnes, les exportations restent limitées, représentant seulement 2,85 % de cette production, soit environ 53 115 tonnes par an. De plus, si l'on exclut les exportations du Mexique, qui à lui seul représente 80,72 % des exportations mondiales, celles des autres pays combinés ne dépassent même pas 0.54 % de la production mondiale **PAMPAT (2021)**.

5.2. En Algérie :

La figue de barbarie a longtemps occupé une place fondamentale dans l'agriculture algérienne, jouant un rôle clé à la fois comme haie protectrice et source de fruits nutritifs et rafraîchissants, souvent désignés sous le terme de "nourriture des Arabes". (Amrouni, 2019)

Aujourd'hui, elle continue de jouer un rôle essentiel dans les efforts de réhabilitation de la steppe algérienne. Depuis 1994, le Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) a mis en place des programmes visant à restaurer les zones steppiques, en introduisant des arbustes fourragers tels que l'atriplex et les cactacées. Ces initiatives reposent sur la participation active des agro-pasteurs, auxquels le HCDS fournit à la fois le matériel nécessaire et un soutien technique (**Belgacem, 2012**). En 2015, ces efforts avaient permis de réhabiliter près de 60 000 hectares répartis sur 10 wilayas et 106 communes des zones arides et semi-arides, avec une gestion décentralisée confiée aux communes ou aux agro-pasteurs.

Les plantations de figuiers de barbarie sont principalement localisées sur les hauts plateaux, notamment dans des régions comme Batna, Biskra, Bordj-Bou-Arréridj, Constantine, ainsi que sur les hauts plateaux algérois, entre 550 et 750 mètres d'altitude, et jusqu'à 1100 mètres à Ain-Sefra (**Piédallu, 1990**). À l'ouest et au centre du pays, l'Opuntia s'étend sur plus de 25 000 hectares, couvrant des zones telles que Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Ain-Témouchent, Oran, Mascara, Sidi-Bel-Abbès et Tlemcen. C'est dans ces régions, en particulier en milieu rocailleux sur les hauteurs montagneuses, que l'on observe les meilleures récoltes de figues de barbarie (**Walali Loudyi, 1995**).

En dehors des zones sahariennes et montagneuses, la culture du cactus est largement présente dans le paysage rural algérien. Elle se développe en plantations régulières autour des villages, souvent sous forme de haies délimitant les parcelles agricoles ou les vergers. Cette culture s'intègre naturellement au système d'exploitation agricole traditionnel. (ARBA, 2000).

Tableau 3: répartition des plantations de figuier de barbarie réalisées par le (HCDS, 2015)

Wilaya	Nombre de commune	Nombre de périmètres	Superficie (Ha)
M'sila	20	31	16139
B.B.A	6	21	9336
BOUIRA	5	12	3067
SETIF	3	4	1085
BISKRA	5	7	1672
Tébessa	24	6425	15882
Khenchela	18	1277	4306
O.E. Bouaghi	10	609	766
Souk Ahras	8	1994	6534
Batna	7	8	400
TOTAL	106	10388	59187

En terme d'importance des plantations, les wilayas de M'sila et Tébessa viennent en tête avec 27% des plantations réalisées suivies respectivement par la wilaya de B BA avec 17% et la wilaya de Souk Ahras avec 11% des plantations totales réalisées.

Alors que (Huffpost Algérie, 2015) a noté que 60% de la plantation est dans la municipalité de Sidi-Fredj .

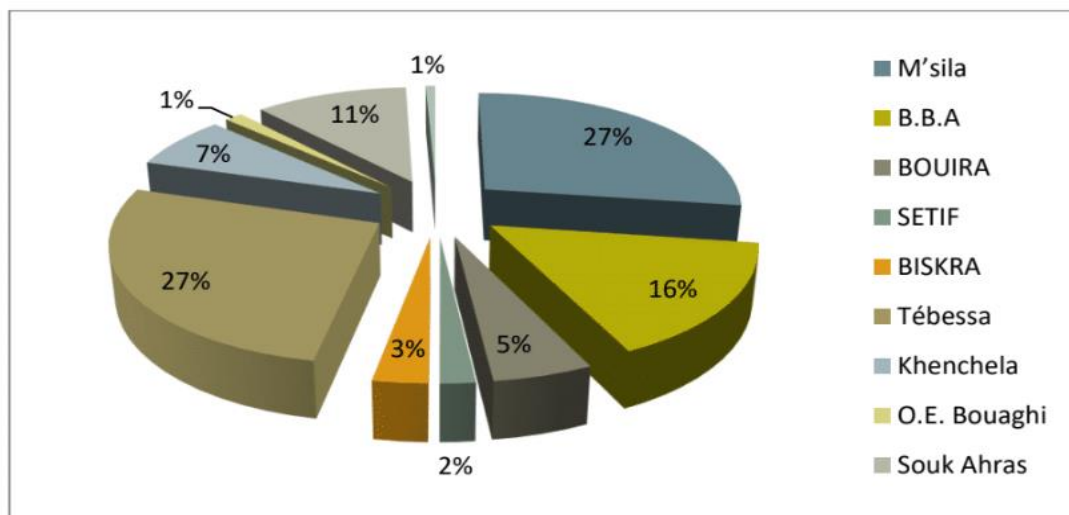


Figure 7: Importance des plantations réalisées par wilaya. (HCDS, 2015)

Ces données constituent les seules informations actuellement disponibles, car aucune Direction des Services Agricoles (DSA) ne dispose de statistiques précises sur la superficie cultivée ou le niveau de production annuelle. En effet, la figue de barbarie n'a été officiellement reconnue comme une filière agricole qu'à partir du 15 novembre 2018, date de promulgation de l'arrêté complétant celui du 5 avril 2015 établissant la liste des filières agricoles.

6. Les usines de transformation de la figue de barbarie les plus réputés en Algérie :

L'usine de transformation, située à Sidi-Fredj wilaya de Souk Ahras et s'étendant sur une superficie de 5 000 m², joue un rôle essentiel dans la valorisation du figuier de Barbarie. Avec une capacité de transformation d'environ 2 tonnes par heure, elle assure le conditionnement des figues de Barbarie et la production d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, de jus, de confitures et d'aliments destinés au bétail. Cette infrastructure constitue une opportunité majeure pour améliorer les revenus des habitants de la wilaya de Souk Ahras (Agence Ecofin, 2015).

Par ailleurs, plusieurs entreprises et coopératives se sont spécialisées dans la transformation du figuier de Barbarie en divers produits agroalimentaires et cosmétiques. L'entreprise **Thafath**, basée à Ouadhias (Tizi-Ouzou), se consacre à la collecte des figues de Barbarie et à l'extraction d'huile à partir des graines, jusqu'à la commercialisation du produit final. **Romais**, implantée à El-Kseur (Béjaïa), propose une gamme variée de produits issus du figuier de Barbarie, notamment du jus, du vinaigre, de la confiture, de l'huile et de la pâte de figues. Enfin, la coopérative privée **NOPALTEC ALGÉRIE** se distingue par son expertise dans la production et la transformation du figuier de Barbarie, ainsi que dans le conditionnement des produits dérivés. Son activité englobe la fabrication de confitures à partir des cladodes, la production de marinades, de *Halkouma*, de crèmes dermiques et d'huile extraite des graines.



Figure 8: Les différents produits du figuier de Barbarie : huile des graines de figue de Barbarie (a), confiture (b), vinaigre (c), farine des grains (d), savon naturel à base de figue de Barbarie (e). Facebook

7. Les différentes Variétés de figues de barbarie cultivées dans le monde et en Algérie :

Les différentes Variétés de figues de barbarie cultivées dans le monde et en Algérie sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Quelques variétés de la figue de barbarie cultivées dans le monde et en Algérie.

Pays	Variété	Caractères	Références
Maroc	Aissa	pulpe jaune orangé, maturité précoce, plus sucrée et juteuse.	Arba, 2009
	Moussa	pulpe jaune orangé à maturité tardive, plus sucrée et juteuse	
	El Akria	Pulpe rouge carmin.	
	El Bayda	pulpe verte clair.	
	Dellahia	pulpe verte, plus sucrée et juteuse, maturité tardive	
	Essaouira	forme de petite poire à pulpe rouge pourpre, plus acide.	
Italie	Gialla, ou 'Surfarina'	la couleur de la peau peuvent varier de vert au jaune-orange	Cassano et al. (2007) Saenz, 2013 FAO 2018
	Rossa ou 'Sanguigna' ;	la couleur de la peau peuvent varier de vert au rouge-rubis	Saenz, 2013
	Bianca ou 'Muscaredda' ou 'Sciannarina'	la couleur de la peau peuvent varier de vert au blanc-paille	Saenz, 2013
Egypte	Al Sharqiyah	Couleur de la pulpe orange-jaune.	(Bouzoubaâ et al., 2014)
Éthiopie	Limo	Pulpe rose et cladode sans épines.	Ayele, 2010
	Morado	Pulpe blanch	
Afrique du Sud	Algerian	Pulpe rose foncé	Keitum et Mashope, 2007
	Santa Rosa	Orange	
Algérie	Vertes	(sans épines, peau vert clair, forme ovoïde, portion comestible vert clair)	Chougui et al., (2013a)
	Jaunes	(épineuse, peau jaune, forme allongée, portion comestible jaune-orange)	
	Rouge	(avec épines, peau rouge, forme allongée, portion consommable rouge)	
	Orange	(épineuse, peau orange, forme ovoïde, portion comestible orange)	

Selon **Walali Loudyi (1995)**, les espèces d'*Opuntia* les plus largement répandues au Maroc, comme dans le reste du Maghreb, sont *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia dillenii*, *Opuntia vulgaris* et *Opuntia compressa*. Toutefois, **Cherif (2016)** indique que cette culture ne compte pas moins de 40 variétés au total, dont six sont à fruits comestibles et particulièrement adaptées à la transformation industrielle.

La figue de Barbarie algérienne se distingue non seulement par son goût sucré et savoureux, mais aussi par sa teneur élevée en graines, surpassant celle des variétés marocaines et tunisiennes. Certains la considèrent même parmi les meilleures du bassin méditerranéen, juste après celle de la Sicile.

En Algérie les fruits de cactus, principalement destinés au commerce local, sont présents sur les marchés où ils sont vendus sur les marchés locaux en saison sèche **FAO, (2018)**. On distingue généralement deux grands groupes de variétés :

- ✓ **Les cactus inermes** : souvent domestiqués et cultivés sur des superficies limitées.
- ✓ **Les cactus épineux** : plus répandus en raison de leur résistance à la destruction par le bétail. Cependant, en période de sécheresse extrême, les dromadaires consomment les raquettes de ces cactus malgré leurs épines (**Neffar, 2012**).

Des rameaux inermes, issus de mutations de bourgeons, ont été observés sur des pieds épineux. De même, il n'est pas rare de trouver des rameaux épineux sur des pieds inermes. Il semble qu'il n'existe pas de variétés totalement inermes, mais plutôt des formes présentant des aiguillons plus ou moins rares. Par ailleurs, il existe un continuum entre les formes très épineuses et inermes, avec des épines de tailles et de densités variables (**Poupon, 1975**). Chez les variétés dites inermes, les plants issus de semis développent des épines la première année, avant que celles-ci ne disparaissent la seconde année.

Enfin, le caractère épineux étant dominant par rapport au caractère inerme, cela ouvre des perspectives intéressantes pour la sélection et l'amélioration génétique des clones sans épines dans plusieurs espèces de cactus.

8. Exigences écologiques du figuier de barbarie :

Le figuier de Barbarie - *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill 1786. - est une plante CAM (métabolisme acide crassulacéen) 'est un type de photosynthèse dans lequel la plante ouvre ses stomates la nuit pour absorber le CO₂' cultivée dans une large gamme d'environnements, donnant lieu à des différences majeures de survie et du développement des plantes, et de potentiel de récolte (**Benattia, 2017**). Le succès écologique des opuntias, spécifiquement *O. ficus-indica*, est largement dû à la particularité de leur mode quotidien d'assimilation du

carbone et de perte d'eau, toutes deux ayant lieu principalement pendant la nuit. (FAO, 2018) ; parmi les facteurs climatiques qui contrôlent les caractéristiques écologiques du figuier de barbarie la précipitation, la température, la nature des sols et le drainage etc..., ils sont en dépendance principalement avec sa croissance et sa distribution

8.1. Température : Le figuier de barbarie tolère une large gamme de températures. Il peut survivre à des températures extrêmes allant de -10°C à 50°C, mais il prospère mieux dans des conditions où les températures sont modérées, entre 15°C et 30°C (Felker et al., 2006).

8.2. Précipitations : Cette plante est extrêmement résistante à la sécheresse. Elle peut se développer avec des précipitations annuelles de 200 mm à 600 mm. Dans des conditions de précipitations très faibles, elle peut survivre grâce à sa capacité à stocker l'eau dans ses cladodes (Mulas et Mulas, 2004).

8.3. Sol :

8.3.1. Type de sol : Le figuier de barbarie peut pousser dans une variété de types de sols, y compris les sols pauvres et pierreux. Cependant, il préfère les sols bien drainés pour éviter l'excès d'humidité qui pourrait entraîner la pourriture des racines (Inglese et al., 2002).

8.3.2. Le pH : Il tolère des sols avec un pH variant de 5 à 8, mais l'optimum se situe autour de 6-7 (Felker et al., 2006).

8.4. Lumière : Le figuier de barbarie nécessite une exposition en plein soleil pour une croissance optimale. Il est très sensible à l'ombrage qui peut réduire significativement la production de fruits et la croissance des cladodes (Inglese et al., 2002).

Le tableau ci-dessous résumant les exigences écologiques de la figue de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*)

Tableau 5: les Exigences écologiques de la Figue de Barbarie

Facteur	Exigence	Référence
Température	tolère jusqu'à 50 °C, Croissance optimale entre 27°C et 30°C. Tolère des températures basses jusqu'à -16°C, mais le gel peut endommager la plante.	Jorge et al . (2023)
Précipitations	survit avec 150 mm/an Préfère les régions semi-arides avec de faibles précipitations (200-600 mm/an). Utilise efficacement l'eau disponible et tolère la sécheresse.	Barbera et al. (1995) Jorge et al . (2023)
Type de sol	Sols bien drainés, sableux à limoneux, pH de 6 à 7.5. Supporte les sols pauvres et prévient l'érosion.	Inglese et al. (2017) Jorge et al ., (2023)
Lumière	tolère ombre partielle Nécessite une exposition en plein soleil pour une croissance optimale.	García de Cortázar, et Nobel., (1992). Cicala et al., (1997)
Sécheresse	Besoins en eau très faibles, idéal pour des régions souffrant de sécheresse. Peut tolérer la salinité modérée des sols.	Radi et al., (2023)

9. Utilisation de la figue de barbarie :

En Afrique, le figuier de Barbarie est principalement cultivé pour la préservation des sols dégradés, mais il possède un fort potentiel de valorisation à travers divers usages alimentaires, cosmétiques, médicinaux et industriels (**FIA, 2010**)

9.1. Usages du figuier de barbarie en alimentation humaine :

Le figuier de Barbarie est largement consommé sous différentes formes :

- ✓ Fruits frais : très appréciés pour leur saveur sucrée et leur richesse en vitamines. Le fruit est principalement constitué d'eau $89,30 \pm 0.72$ **Temagoult, (2017)**, ce qui en fait un élément précieux dans les régions arides et semi-arides.

La présence d'eau est préservée par la pelure épaisse et mucilagineuse. Le mucilage a une forte capacité à fixer l'eau et contribue à éviter la déshydratation des fruits. Ils sont également appelés figues de Barbarie, sont consommés frais ou transformés en jus, confitures, et autres produits alimentaires. La pulpe du fruit du figuier de barbarie est particulièrement riche en minéraux, avec une forte concentration de potassium. On trouve également de grandes quantités de phosphore, de magnésium et de calcium (**Mazari et Mahdeb, 2021**). La teneur des fruits en eau est de 85,4 à 86,80 % ; alors que la quantité totale de substances phénoliques, de flavonoïdes, de flavonols, de vitamine C, de caroténoïdes totaux et de bétalaïnes, (**Mazari et al, 2018**).

✓ Produits transformés : pulpe et jus pour la fabrication de confitures, gelées, glaces et aliments pour enfants (**Russel et Felker, 1987 ; Saenz, 2000 et Cassano et al., 2010**).

✓ Farine de figue : Les figues de Barbarie contiennent de nombreuses graines d'une enveloppe dure qui représentent 10 à 15% du poids de la pulpe (**FAO, 2018**). Elles sont normalement considérées comme des déchets de fabrication de la confiture et du jus. Cette poudre blanchâtre riche en fibres, en protéines, et en acides gras essentiels, ce qui en fait un complément alimentaire nutritif. La farine de figue issue des graines ou des raquettes, elle est utilisée en pâtisserie ; et peut être ajoutée aux préparations culinaires et même à la semoule de couscous enrichir des soupes (**Cherif, 2016**).

Tableau 6: L'analyse chimique de la poudre de graines de figue de barbarie

Parametre	Les MOYENS %	Les auteurs
l'humidité	2,34	Benattia et al, 2018
	6,9	Janin et al, 1996
	7,15	Coskuner et Tekin, 2003
Lipide	6,9	Benattia et al, 2018
	11,75	Janin et al, 1996
	6,15	Coskuner et Tekin, 2003
Matiere seche	97,66	Benattia et al, 2018
	93,1	Janin et al, 1996
	92,85	Coskuner et Tekin, 2003
Cendre	91,24	Benattia et al, 2018

✓ Vinaigre d'Opuntia : une innovation aux propriétés digestives et antioxydantes (Cherif, 2016).

✓ Colorants naturels : les bétalaines extraites des fruits sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique comme alternative aux teintures synthétiques (Piga, 2004 ; Fernandez-Lopez, 2002). La concentration en pigments dépend de plusieurs facteurs, en particulier du stade de maturité du fruit (Coria Cayupán et al., 2011). Ils ont des propriétés antioxydantes plus fortes que celles de l'acide ascorbique (Butera et al., 2002 ; Stintzing et al., 2005). De plus Les bétacyanines (couleur rougeâtre), sont prisées comme alternatives aux colorants synthétiques en agroalimentaire et pharmacie. Leur stabilité entre pH 4 et 7 les rend idéales pour les aliments peu acides (Castellar, 2003).

- Nopalitos : jeunes pousses consommées comme légume au Mexique et aux États-Unis, riches en vitamine C et en calcium (Habibi, 2004).
- Boissons alcoolisées : obtenues à partir de la fermentation de la pulpe (Espirad, 2002).

9.2. Usages cosmétiques

Plusieurs études ont été menées sur l'huile des graines et l'huile extraite à partir de la pulpe ainsi que les organes floraux (Ennouri et al., 2005). Il convient de mentionner qu'une tonne de fruits procure environ trente kilos de graines, cette quantité permet d'en extraire un litre d'huile car les graines ont une teneur en huile relativement faible ; En raison de sa rareté et de ses propriétés antioxydantes et anti-âge très recherchées par l'industrie cosmétique (Sepúlveda et Sáenz, 1988 ; Ghazi et al., 2013), l'huile de graines du figuier de Barbarie est l'une des plus chères sur le marché mondial (Mazari et Mahdeb, 2021), d'ailleurs les auteurs (Ramadan et Mörsel, 2003 ; Kouba et al., 2015) ont notés qu'il est riche en acides gras insaturés et contient également d'autres composants bénéfiques, tels que les stérols, les tocophérols, la vitamine E, le β -carotène et la vitamine K

Tableau 7: Teneur en acides gras (%) de l'huile de figue de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de différents pays (FAO, 2018)

Acide Gras	Pays						
	Maroc (a)	Turquie (b)	Afrique du Sud (a)	Tunisie (acg)	Allemagne (d)	Chili (e)	Algérie (f)
Palmitique (C16 : 0)	11.9	10.6-12.8	13.7	12.2-12.7	23.1	16.2	13.1
Stéarique (C18 : 0)	3.4	3.3-5.4	3.38	3.2-3.9	2.67	3.3	3.5
Oléique (C18 : 1n-9)	21.3	13-23.5	15.7	16.4-22.3	24.1	19.9	16.3
Vaccénique (C18 : 1n-7)	–	5.1-6.3	–	4.8	–	–	5.3
Linoléique (C18 : 2n-6)	60.8	49.3-62,1	64.38	53.5-60.6	32.3	57.7	61.8

(a).Gharby et al. (2015) (b).Mattháus et Özcan (2011) (c).Tlili et al. (2011) (d).Ramadan et Mörsel (2003) (e).Sepúlveda et Sáenz (1988) (f).Chougui et al. (2013b) (g).Ouerghemmi et al., 2013

Le tourteau qui est le résidu de l'extraction de figue de barbarie, En raison de sa concentration élevée en saponines, il est efficace pour ses propriétés nettoyantes. (savon naturel 100%), antiacnéique, mais aussi anti rides il est utilisé dans les formulations dermabrasions (gommage). (Touré et al, 2016) .

Les antioxydants et les acides gras présents dans le tourteau de graines de figues de Barbarie en font un ingrédient prisé dans les produits de soins de la peau. Il aide à hydrater, régénérer et protéger la peau.

Le mucilage des raquettes est utilisé dans les shampoings, crèmes hydratantes et produits dermatologiques (Pimienta-Barrios, 1993) ; Il remplace avantageusement la graisse de baleine dans la préparation des crèmes et des pommades. (Briha .2012).

9.3. Usages fourragers

Les raquettes du figuier de Barbarie constituent une source de fourrage essentielle dans les zones arides. Avec une productivité pouvant atteindre 100 tonnes/ha/an en conditions optimales (Monjauze et Le Houérou, 1965). Elles sont riches en eau, sucres et vitamines mais pauvres en protéines brutes et fibres, nécessitant souvent une complémentation alimentaire (Ben Salem et al., 1996) ; Les raquettes de cactus sont appréciées par le bétail (Nobel et al, 1987).

Il est intéressant de remarquer que les cladodes ont une teneur élevée en acide malique et la teneur de cet acide oscille à cause du rythme diurne CAM FAO, (2018). Les auteurs (Lila et al. 2004 ; Mohammed et al., 2004 ; Newbold et al., 2005) ont conduit des études in vitro et in vivo pour montrer que l'acide malique réduisait les émissions de méthane. Donc le cactus peut améliorer la valeur nutritive d'une alimentation de faible qualité (par exemple des rations à base de paille) à cause de sa teneur élevée en glucides solubles et une faible quantité en fibres alimentaires comparablement avec la paille, le foin ...

Les tourteaux des grains sont également utilisés comme complément alimentaire pour le bétail, fournissant une source de protéines et de fibres qui peuvent améliorer la digestion et la santé générale des animaux. Certaines études prouvent que le tourteau de soja peut être remplacé par le tourteau d'opuntia dans les formules alimentaires pour alimenter les volailles (Cherif et al, 2022 et Benteboula et al, 2023) et pour alimenter les lapins (El-Neney et al, 2019 ; hassan et al , 2019).

9.4. Usages médicaux :

Le figuier de Barbarie présente divers bienfaits médicaux :

- Réduction du cholestérol grâce au mucilage des raquettes (Fernandez et al., 1990).
- Prévention des maladies cardiovasculaires et digestives (Alimi et al., 2013).
- Utilisation des cochenilles vivant sur Opuntia pour la production de carmin, un colorant rouge naturel employé dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique (Habibi, 2004).
- Utilisation traditionnelle : en Afrique du Nord et au Mexique, les raquettes hachées étaient appliquées en cataplasmes pour traiter les inflammations et blessures (Schweizer, 1997).

Le tableau 8 résume les différents types des utilisations médicales

Tableau 8 : les différentes propriétés médicales de la figue de barbarie

Propriétés	Auteurs
Anti-cancer	Zou et al. (2005) ; Sreekanth et al. (2007) ; (Hahm et al., 2010) ; Harlev et al. (2013)
Anti-inflammatoire	(Allegra et al., 2005) ; Allegra et al., 2014)
Anti-ulcérogènes et anti-gastrites	Lee et al. (2001) et Galati et al. (2003)
Anti-hyperlipidémique	Wolfram et al. (2002) ; (Angulo-Bejarano et al., 2014
Antidiabétiques	(Bwititi et al., 2000 ; Frati Munari et al., 2004 ; Yang et al., 2008) ; (Angulo-Bejarano et al., 2014
Anti viral	FAO 2018
Amélioration de la mémoire	Kim et al., (2010)
Augmente la densité osseuse	(Kang et al., 2012)
Anti artériosclérose	Taleb et Hattab, 2014).

9.5. Usages agronomique :

Le figuier de Barbarie est une plante aux multiples usages, valorisable comme fertilisant grâce à la biotransformation de ses racines et raquettes en matière organique (**Le Houerou, 1996 ; Mandouri, 2000**), ainsi, le tourteau de graines de figues de Barbarie est utilisé comme engrais organique pour améliorer la fertilité du sol et la croissance des plantes en raison de sa richesse en nutriments. Son rôle dans la restauration des sols arides a été démontré, notamment à Milpa Alta (Mexique), où il a permis de réhabiliter des terres dégradées (**Arba et al., 2009 ; Orwa et al., 2009**), et en Somalie, où il a contribué à la fixation des dunes (**Saenz et al., 2004**).

Il sert également de clôture, limite la propagation des incendies et agit comme barrière contre l'érosion (**Le Houerou, 1996 ; Orwa et al., 2009**). De plus, ses fragments broyés éloignent les parasites et réduisent les mauvaises herbes (**Benattia, 2017**). Enfin, sa floraison prolongée attire les abeilles, favorisant l'apiculture (**Arba, 2009**).

9.6. Usages industriels

Au Chili, les raquettes du cactus, après leur fermentation naturelle, sont utilisées en tant que matière première et source importante dans la production d'un gaz vital (le biogaz). Elles sont productives, leur rendement est élevé, et elles sont source d'énergie vitale. Leurs utilisations sont nombreuses. En outre, elles sont employées comme élément renforçant le tissage des vêtements fabriqués en coton. (**Cherif, 2016**).

10. Maladies du figuier de barbarie

Le figuier de barbarie est relativement résistant aux maladies et aux ravageurs, nécessitant donc moins d'intrants chimiques pour sa culture, ce qui réduit l'empreinte environnementale de sa production (**Rodríguez et al., 2010**). Mais cela n'empêche que le figuier de Barbarie souffre de plusieurs maladies biotiques et abiotiques, il est certain que la plupart des maladies infectieuses sont causées par des champignons, alors qu'un très petit nombre de bactéries, phytoplasmes et virus sont signalés comme pathogènes. (**FAO, 2018**).

Tableau 9: récapitulatif des maladies du figuier de Barbarie

Type de maladie	Nom	Symptômes	Facteurs favorisants	Méthodes de gestion	Références
Fongiques	Anthracnose	Taches noires et enfoncées sur cladodes et fruits	Humidité élevée, températures modérées	Élimination des parties infectées, fongicides spécifiques, amélioration de l'aération	Kim et al. (2000), Ayoub et al. (2016)
	Pourriture des racines	Décoloration des racines, flétrissement des cladodes, mort de la plante	Sols mal drainés, excès d'humidité	Drainage du sol, réduction de l'irrigation, fongicides systémiques	FAO (2018)
	Fusariose	Jaunissement et flétrissement des cladodes, pourriture au collet	Sols infectés, humidité excessive	Rotation des cultures, agents antifongiques, variétés résistantes	Pettinari (1951) in FAO (2018), Mishra & Tiwari (2018)
	Rouille	Pustules jaune-orange sur cladodes et fruits	Présence du champignon <i>Puccinia opuntiae</i>	Fongicides à base de cuivre, élimination des parties infectées, amélioration de l'aération	Walali (1995)
Virales	Virus de la mosaïque	Taches claires et sombres formant une mosaïque sur les cladodes	Transmission par outils contaminés et insectes vecteurs	Désinfection des outils, contrôle des vecteurs	Arancibia et al. (1998)
	Cactus X Virus (CactX)	Décoloration des segments, taches jaunes ou chlorotiques	Outils contaminés, contact entre plantes infectées	Désinfection des outils, isolement des plantes saines	Barthe & Brown (1995)
	Virus de la nécrose (ONV)	Nécrose des segments des tiges, réduction de la photosynthèse	Contact direct, outils contaminés	Hygiène stricte, désinfection des outils	Ochoa et al. (2003)
Bactériennes	Bactériose molle	Décomposition aqueuse des tissus, odeur désagréable	Conditions humides et chaudes	Élimination des zones infectées, traitements à base de cuivre	Saad et al. (1998)
	Galle du collet	Excroissance tumorale à la base de la tige	Présence de <i>Rhizobium radiobacter</i> , sols infectés	Éviter les variétés sensibles, traitement préventif des boutures	Gutiérrez (1992), FAO (2018)
Abiotiques	Blessures dues au froid	Réduction du rendement, taches nécrotiques sur fruits	Températures < -5°C, sensibilité selon le cultivar	Protection des cultures contre le froid	FAO (2018)
	Blessures de grêle	Dommages variables selon l'intensité de la tempête	Grêle pendant la croissance des cladodes et fruits	Traitement au cuivre, élimination des parties sévèrement touchées	FAO (2018)

11. Facteurs antinutritionnels :

L'Opuntia, aussi connu sous le nom de figuier de Barbarie, contient plusieurs facteurs antinutritionnels (terpènes, alcaloïdes, oxalates, saponines, tannins), ceux-ci peuvent réduire la valeur alimentaire de ces ressources fourragères et pourraient aussi affecter directement la santé des animaux (PATERSON et al., 1998 ; SALEM et al., 2004 ; KHAN et al., 2014)

11.1. Les Tanins :

Le "tanin" (ou tannin) est une substance qui peut être d'origine végétale ou minérale. Sa caractéristique principale est sa capacité à convertir la peau fraîche en un matériau qui ne se décompose pas, comme le cuir. Cette capacité est due à la formation de liaisons entre les molécules de tanins et les fibres de collagène de la peau (Brunton, 2009). Ils peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments. Ils peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (Ref'at et al, 2008)

11.1.1. Les tanins hydrolysables

Les tanins hydrolysables sont divisés en deux sous-classes : les gallotanins et les ellagitanins. Leur hydrolyse produit respectivement de l'acide gallique et de l'acide ellagique. Ils possèdent un noyau polyol (dans la plupart des cas le D-glucopyranose) dont les fonctions hydroxyles sont estérifiées par des unités d'acide gallique. Une forme simple de ce type de tanins est le pentagalloylglucose, molécule très réactive à l'origine de la plupart des formes plus complexes (par exemple la castalagine chez le châtaignier) (Canon, 2010). On distingue deux groupes : les tanins hydrolysables et condensés.

11.1.2. Les tanins condensés

Les tanins condensés appelés aussi proanthocyanidines ou procyanidines sont des polyphénols de masse molaire élevée. Ils résultent de la polymérisation auto-oxydative ou enzymatique des unités de flavan-3,4-diol liées majoritairement par les liaisons C4-C8 (parfois C4-C6) des unités adjacentes, et se nomment proanthocyanidines de type B. Lorsque la condensation se produit entre les unités adjacentes par la liaison C4-C8 et par une liaison d'éther additionnelle entre C2 et C7, les proanthocyanidines sont dits de types A (Wollgast & Anklam, 2000 ; Dykes & Rooney, 2006).

Dans une étude menée par **Negesse et al. (2009)**, ils ont examiné certains facteurs anti-nutritionnels présents dans les cladodes, à la fois matures et jeunes, du cactus inerme (*O. ficus-indica*) cultivé en Éthiopie. Leurs résultats ont montré des teneurs totales en tannins de 21 et 42 g d'équivalent acide tannique par kg de matière sèche (MS) respectivement. Par contre, une étude distincte menée par **Ben Salem et al. (2002a)** a révélé une teneur beaucoup plus faible en tannins (1 g d'équivalent acide tannique par kg de MS) pour la même espèce de cactus, mais cette fois cultivée en Tunisie.

11.2. Les saponines

Le terme "saponine" provient du mot latin "sapo", qui signifie savon. Cette dénomination est due à la capacité de ces composés à produire de la mousse lorsqu'ils sont agités avec de l'eau. Les saponines sont constituées d'aglycones non polaires liés à un ou plusieurs sucres. Cette association d'éléments structurels polaires et non polaires est à l'origine de leur capacité à mousser en solution aqueuse. Par définition, une saponine est un glycoside de stéroïde ou de triterpène. On distingue deux types de saponines : les saponines stéroïdes et les saponines triterpéniques, qui sont toutes deux biosynthétiquement dérivées de l'oxyde de squalène. (**Manach et al, 2004**). Les études de (**Touré et al, 2016**) ont montré que la teneur en saponine de la graine, de la peau et du cladode est de $20,40 \pm 0,02$; $63,60 \pm 0,10$; $87,20 \pm 0,10$ (g/kg) respectivement. Cependant t une faible teneur en saponines (2-5 g kg⁻¹ MS) a été signalée par **Ben Salem et al., (2002a) et Abidi et al. (2009b)**

11.3. L'oxalate :

La concentration totale d'oxalate fluctue entre 60 et 120 g par kg de matière sèche (MS). Selon une étude menée par **Abidi et al. (2009b)**, les cladodes de cactus épineux contiennent plus d'oxalate (110-118 g par kg de MS) que les cactus inermes (102-105 g par kg de MS) qui poussent dans les régions arides de la Tunisie. Le fait que ces oxalates soient insolubles est bénéfique car ils ne sont pas toxiques. Toutefois, il est important de noter que les oxalates insolubles peuvent se lier au calcium (Ca) et au magnésium (Mg), les rendant ainsi inaccessibles pour la microflore du rumen et l'animal hôte.

Tableau 10: Le tableau présente les métabolites primaires et secondaires présents dans différentes espèces d'*Opuntia* en mg/g Sipango et al 2022

Variété	Tanins	Oxalates	Flavonoïdes	Saponines	Phénoliques	Références
<i>O. humifusa</i>	-	-	23,5	-	23,0	Jun., et al (2013)
<i>Opuntia Strica</i>	-	-	1,65	-	1,99	Alves., et al (2017)
<i>O. Cochenillifera</i>	-	2,1	1,87	-	1,51	Alves., et al (2017). da Silva., Et al (2021)
<i>O. megacantha</i>	42	-	25	-	71,4	Haile et al (2016)
<i>O.ficus-indica (L.) Mill</i>	29,5	-	109	-	265	Bakari et al., (2017)
<i>O. ficus-indica</i>	5,5	-	11,2	22,5	19,6	Figuroa-Pérez et al., (2017)

Chapitre 2 :

Elevage et Alimentation de la Caille

1. Présentation de la caille japonaise *Coturnix japonica*

La caille japonaise *Coturnix japonica* est une espèce aviaire de l'ordre des Galliformes et la famille des Phasianidés. Elle est considérée comme une espèce modèle des laboratoires pour sa petite taille, sa croissance rapide, sa grande production d'œufs et son élevage peu coûteux (Mills *et al.*, 1997). La caille est une espèce importante pour la production de viande et d'œufs, grâce à sa croissance rapide, sa maturité sexuelle précoce (début de la ponte à 6-8 semaines), son taux de production (180 à 300 œufs par an) et sa courte période d'incubation.

(Schwartz et Allen, 1981; Garwood et Diehl, 1987; Reddish *et al.*, 2003 et Hutu, 2020). Elle est considérée comme animale modèle du laboratoire (Huss *et al.*, 2008).

Les études comparatives entre la caille japonaise *Coturnix japonica* et le poulet domestique *Gallus domesticus* (appartenant à la même famille et qui représente le standard des espèces aviaires), permettent de déceler certains réarrangements intra chromosomiques qui auraient pu se produire au cours de l'évolution (Zlotina *et al.*, 2012 ; Kayang *et al.*, 2006).

2. Origine et domestication de la caille japonaise

La plus ancienne représentation connue de la caille est trouvée dans les hiéroglyphes égyptiens (2000 ans avant J.C). Les premiers écrits sur la domestication de la caille datent du XIIe siècle au Japon. Ces oiseaux ont été domestiqués soit au Japon ou amenés là par la Chine (Mills *et al.*, 1997 ; Shanaway, 1994; Huss *et al.*, 2008).

3. Classification de la caille japonaise

La caille japonaise appartient à l'ordre des Galliformes et à la famille des Phasianidés, dont son nom scientifique *Coturnix japonica* (Linné, 1758). La caille du Japon appartient de l'ordre des Galliformes au genre *Coturnix*. Elle a été longtemps considérée comme une sous-espèce de la caille des blés *Coturnix coturnix* (Westmore, 1952).

Elle peut vivre de 2 à 3 ans à l'état sauvage et de 2 à 6 ans en captivité, selon les études de Sharma *et al.* (2000), Zlotina *et al.* (2012) et Kawahara *et al.* (2013).

4. Habitat et répartition géographique

4.1. Habitat

La caille du Japon fréquente les habitats ouverts, prairies, cultures, steppes, clairières forestières. Elle semble moins sensible à l'humidité car on la trouve également en terrain marécageux (Mills *et al.*, 1997 ; Hennache et Ottaviani, 2011).

4.2. Répartition géographique

La caille japonaise distribuée en Mongolie, en Sibérie méridionale, en Chine, en Corée, au Japon, dans le nord-Vietnam, au Myanmar et au Bhoutan. Elle hiverne dans le sud de la Chine, (Mills *et al.*, 1997). Des observations ponctuelles ont été faites en Thaïlande, dans le nord-est de l'Inde, au Cambodge et aux Philippines. Elle a été introduite à Hawaï et à la

Réunion (Shwartzet *al.*, 1949; Hennache et Ottaviani, 2011).

Il existe près de 200 espèces de cailles distribuées dans toutes les régions du monde (Guezgouz et Khelifi, 2020) in (Kartout, 2010). Dont les plus sont illustrées dans le tableau 11

Tableau 11 : Différentes espèces de cailles du genre *Coturnix* et leurs répartitions géographiques (Guezgouz et Khelifi, 2020) in (Sharma *et al.*, 2001 ; Fuller *et al.*, 2004).

Différentes Espèces	Distribution géographique
Caille des blés (<i>Coturnix coturnix</i>)	De la Grande-Bretagne à la Chine centrale, et en Afrique.
Caille japonaise (<i>Coturnix japonica</i>)	Est de la Chine.
Caille nattée (<i>Coturnix coromandelica</i>)	Sud du continent indien.
Caille arlequin (<i>Coturnix delegorguei</i>)	Sud de l'Afrique.
Caille des chaumes (<i>Coturnix pectoralis</i>)	Sud de l'Australie.
Caille tasmane (<i>Coturnix ypsilophora</i>)	Indonésie, Nouvelle-Guinée et Australie.
Caille peinte de Chine (<i>Coturnix chinensis</i>)	De l'Inde au Sud-Est de l'Australie.
Caille bleue (<i>Coturnix adansonii</i>)	Sud de l'Afrique.

4.3. Description et sexage de la caille japonaise

La caille japonaise est caractérisée par un plumage du corps de couleur principalement brun cannelle plutôt foncé, alors que Zhang *et al.* (2013), ont signalés qu'il existe une variation de la couleur du plumage chez les cailles japonaises résulte généralement d'une mutation soit dans la région transcrite du gène responsable de la couleur, soit dans sa région régulatrice.

A l'âge adulte, le plumage de la caille japonaise présente un dimorphisme sexuel, permettant de différencier les deux sexes dès l'âge de trois semaines (Ratnamohan, 1985 ; Mizutani, 2003). Chez la femelle, les plumes sur la gorge et la poitrine sont longues et pointues avec des taches noires caractéristiques (Woodardet *al.*, 1973)(Figure 9 a). Chez le mâle, les plumes de la poitrine sont d'une couleur orange uniforme. Cette coloration orangée apparaît également sur les joues (Figure 9 b), tandis que les plumes des joues des femelles sont le plus souvent de couleur crème (Ernst, 1978 ; Mills *et al.*, 1997).



Figure 9: caille japonaise *Coturnix japonica* : a- femelle ; b- male D' après www.quails-in-esseXVII.co.uk 6/02/2025

Les mâles adultes ont une glande au niveau du cloaque qui sécrète une substance blanche mousseuse. La taille de cette glande peut être utilisée comme un indicateur externe de la fonction testiculaire chez les oiseaux (Ernest, 1978 ; Ratnamohan, 1985 ; Randall, 2008). La glande cloacale est également utile pour différencier les mâles des femelles des souches ayant un plumage autre que de type sauvage (Shanaway, 1994 ; Baer, 2015).

Le poids de la caille japonaise varie entre 100 et 160 g et une longueur du corps variant entre 120 et 180 mm pour les lignées légères (Mondry, 2016) alors que pour les lignées lourdes peuvent atteindre un poids vif de 235 et 280 g, et elles mesurent entre 120 et 180 mm de longueur et consomment quotidiennement 20 à 25 g d'aliment, (La Voix du paysan camerounais, 2010) cité par (Muyima et al., 2024). En moyenne le poids vif à 42j peut atteindre un de 165 g (ITELV, 2012).

5. La production dans le monde :

L'élevage de la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) occupe une place de plus en plus importante dans l'industrie avicole mondiale, contribuant de manière significative à la production de viande et d'œufs. Selon les données récentes, la viande de caille représente environ 0,2 % de la production mondiale de viande de volaille, tandis que les populations de cailles constituent environ 11,8 % de l'ensemble des oiseaux d'élevage, se classant ainsi en deuxième position après les poules pondeuses. Les principaux pays spécialisés dans l'élevage de cailles comprennent la Chine, l'Espagne, la France, l'Italie, le Brésil, les États-Unis et le Japon ; Ces nations ont développé des industries avicoles solides, jouant un rôle majeur tant sur les marchés locaux qu'internationaux (LUKANOV, 2019).

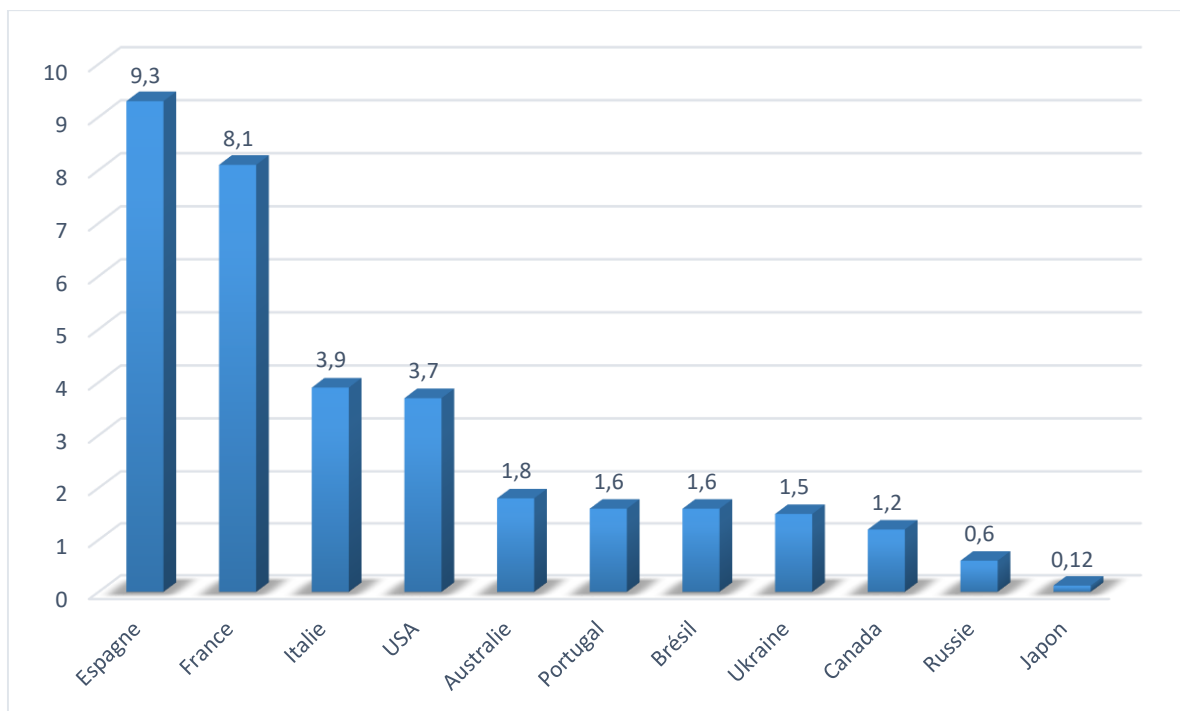


Figure 10: Production de viande de caille dans différents pays, en milliers de tonnes.
Premavalli et al (2015)

Le marché de la viande de caille découle principalement de celui des œufs de caille et évolue généralement avec un certain retard par rapport à ce dernier. Les principaux pays producteurs de viande de caille sont la Chine, l'Espagne, la France, l'Italie et les États-Unis.

La figure ci-dessus illustre les volumes de production de viande de caille dans différents pays, à l'exception de la Chine, qui domine largement ce secteur avec une production annuelle d'environ 200 000 tonnes. L'Espagne est le deuxième plus grand producteur, avec 9 300 tonnes par an, ce qui représente moins de 5 % de la production totale de volailles spécifiques dans le pays et seulement 1 % de la production de poulets de chair.

La France occupe la troisième place avec une production d'environ 8 100 tonnes de viande de caille, suivie de l'Italie et des États-Unis, qui produisent respectivement 3 900 et 3 700 tonnes. Le Japon, quant à lui, affiche une production de viande de caille relativement faible, contrairement à celle des œufs de caille, où il se classe au deuxième rang mondial.

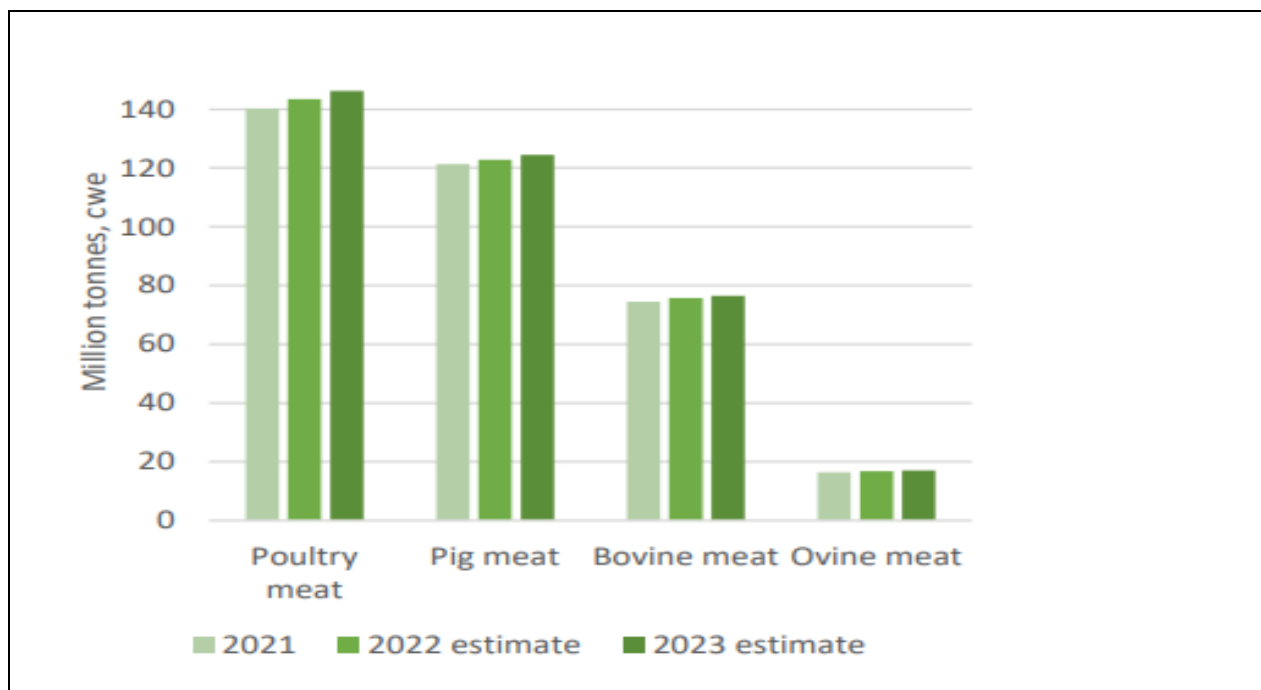


Figure 11: La production mondiale de viande par type FAO, (2024)

En 2023, la production mondiale de viande a progressé de 1,5 %, atteignant 371 millions de tonnes. Cette croissance, portée principalement par la volaille, puis par la viande porcine, bovine et ovine, s'explique par une forte augmentation en Asie, notamment en Chine, ainsi qu'au Brésil et en Australie. Toutefois, certaines régions, comme l'Europe, l'Afrique et l'Amérique du Nord, ont connu un recul, en particulier dans la production porcine en raison de coûts élevés et de crises sanitaires. Cette dynamique reflète l'influence des conditions économiques, sanitaires et climatiques sur le secteur de l'élevage mondial FAO, (2024).

L'obtention de statistiques précises et complètes sur la production de cailles reste un défi, car ces données sont souvent regroupées avec celles d'autres types de volailles. De plus, un grand nombre de producteurs ne sont pas officiellement enregistrés, ce qui complique encore davantage la collecte d'informations fiables. **Katerynych et Pankova, (2020)**.

5.1. Évolution du marché de la viande de caille :

La taille du marché de la viande de caille était estimée à 11,71 milliards de dollars USD en 2023. La production de cailles devrait augmenter en raison de leur **croissance rapide** et de la **forte demande** dans plusieurs pays, notamment le **Japon, l'Ukraine, le Canada et la Russie (Katerynych et Pankova, 2020)**

L'industrie du marché de la viande de caille devrait croître, passant de **12,76 milliards de dollars USD en 2024 à 25,4 milliards de dollars USD d'ici 2032**. Le **taux de croissance annuel moyen (CAGR)** du marché de la viande de caille est estimé à **environ 8,98 %** sur la période de prévision (2024-2032). **Wise Guy Reports, (2025)**



Figure 12: Evolution du marché de la viande de caille dans le monde (2018-2032). *Wise Guy Reports, (2025)*

Ce graphique met en évidence la croissance soutenue du marché de la viande de caille entre 2018 et 2032, exprimée en milliards de dollars américains (USD). On observe une augmentation significative, notamment entre 2023 (11,71 milliards USD) et 2032 (25,39 milliards USD), avec une valeur estimée à 12,76 milliards USD en 2024. Le taux de croissance annuel composé (CAGR) sur la période 2019-2032 est évalué à 8,98 %, reflétant une demande croissante, stimulée par les bénéfiques nutritionnels de la viande de caille et une meilleure accessibilité du produit. Cette dynamique traduit une tendance durable, soutenue par les avancées technologiques et l'évolution des habitudes alimentaires.

6. Reproduction chez la caille japonaise

La caille japonaise domestique marquée par la perte du phénotype migrateur, peut se reproduire toute l'année. Elle commence à pondre à l'âge de sept semaines et produisent environ 300 œufs par an chacun avec un poids de 7-11g. (**villot et al., 2013**). Pour la production d'œufs fertiles, les cailles mâles devraient être mis avec les femelles à l'âge de 8-10 semaines (**Priti et Satish, 2014**).

Il est important d'éviter l'accouplement des individus étroitement liés, car la consanguinité augmente l'incidence des anomalies et peut réduire considérablement les performances de reproduction (**Ernst, 1978 ; Mills et al., 1997 ; Narinc et al., 2013**). Pour cette raison, il est souhaitable d'enregistrer les numéros de poules sur les œufs, les incuber dans des groupes et marquer de façon permanente les poussins au moment de l'éclosion (**Randall et Bolla, 2008**).

6.1. Facteurs influençant la fertilité, l'incubation et l'éclosion des œufs de caille

L'échec d'éclosion des œufs de caille peut être dû à l'infertilité des œufs, à la mort embryonnaire avant incubation ou à un développement insuffisant (**Shanaway, 1994**).

La fertilité des œufs dépend notamment du rapport mâles/femelles, un déséquilibre pouvant compromettre la reproduction (**Shanaway, 1994**), ainsi que de l'âge du troupeau, les mâles atteignant leur pic de fertilité entre 10 et 15 semaines (**Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994 ; Coban et al., 2008 ; Seker et al., 2009**). D'autres éléments, comme la génétique, l'alimentation et l'état sanitaire du troupeau, jouent également un rôle crucial (**Sadeghi et al., 2013**). La photopériode influence directement la ponte : une durée d'éclairement inférieure à 12 heures peut la réduire voire l'interrompre (**Robinson et Follett, 1982 ; Huss et al., 2008 ; Blesbois et Brillard, 2009**). En raison de leur fragilité et de leur petite taille (**Woodard et al., 1973**), les œufs de caille nécessitent une manipulation minutieuse pour préserver leur viabilité embryonnaire (**Shanaway, 1994 ; Romao et al., 2010**). Un stockage dans des conditions optimales, à une température de $14\pm 3^{\circ}\text{C}$ avec une humidité de $70\pm 10\%$, est indispensable, et la conservation ne doit pas dépasser une semaine pour éviter une baisse progressive du taux d'éclosion (**Ratnamohan, 1985 ; Randall et Bolla, 2008 ; Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994**). Un préchauffage à 37°C pendant 6 heures avant le stockage peut améliorer les résultats d'incubation (**Lotfi et al., 2010**).

L'incubation, qui s'étend sur 16 à 18 jours selon la souche (**Woodard et al., 1973**), requiert des conditions rigoureuses : une température de $37.5 - 37.6^{\circ}\text{C}$ dans les incubateurs ventilés (**Moraes et al., 2008**), une humidité de 65-72% pour favoriser une bonne éclosion (**Shanaway, 1994**) et une ventilation efficace afin d'assurer une répartition homogène de la chaleur et de l'oxygène tout en évitant l'accumulation de CO_2 (**Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994**). De plus, le retournement des œufs, effectué 4 à 6 fois par jour, est indispensable pour éviter les malformations embryonnaires (**Woodard et al., 1973**). Enfin, les œufs fertiles sont transférés en éclosoir aux alentours du 14^e ou 15^e jour (**Ernst, 1978**), et les poussins nouvellement éclos doivent sécher durant 8 à 12 heures avant d'être retirés de l'incubateur (**Shanaway, 1994**).

7. Conditions environnementales d'élevage des cailles

7.1. La température

La température est particulièrement importante pour les poussins de caille d'un jour, parce qu'ils sont extrêmement sensibles aux froids et aux courants d'air. La source de chaleur peut être utilisée avec succès et devraient être placé 30-46 cm au-dessus du plancher de l'enclos. La zone de neutralité thermique pour les poussins de caille est entre 35 et 37°C à 1 jour d'âge suivie d'une réduction à 33°C à 31°C à une semaine et à deux semaines d'âge, respectivement. La température doit être maintenue à environ 35°C pendant les trois premiers jours puis diminuée progressivement de 0,5°C tous les jours jusqu'à une température de 21-23°C aux environs de la quatrième semaine d'âge quand les poussins sont pleinement emplumés. Les poussins doivent être protégés contre les courants d'air froid, surtout durant la nuit (**Shanaway, 1994**).

7.2. L'humidité

L'humidité est importante aussi pour le bien-être des poussins de caille. Un faible taux d'humidité est souvent associé à une croissance défectueuse de plumes et une mauvaise couverture par le plumage ; tandis que l'humidité élevée affecte les capacités de respiration, en particulier lorsqu'elle est associée à une température élevée (**Shanaway, 1994**).

7.3. Les exigences d'espace

Après l'éclosion, les poussins sont logés soit dans des cages d'élevage ou au sol sur la litière.

Le système de cages peut être simple ou à étages multiples. Le surpeuplement pendant le démarrage et les stades d'élevage peut conduire au ralentissement du taux de croissance, l'apparition de maladies, le picage et le cannibalisme.

(**Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008**).

7.4. L'éclairage

Les cailleteaux doivent être élevés sous 24 heures continues de lumière pour les deux premières semaines, après quoi le programme lumineux dépend de la finalité de la production. Si les oiseaux sont destinés à la production de viande, ils peuvent avoir 23 heures de lumière et une heure d'obscurité, ou un éclairage intermittent (éclairage interrompu). Un programme qui alterne trois heures d'obscurité et une heure de lumière répété six fois pourrait aider à réduire la prise alimentaire et à améliorer l'efficacité alimentaire, en plus de l'économie évidente de l'électricité (**Shanaway, 1994**).

8. Le logement des cailles

Selon le type et la taille de l'élevage, il ya 3 systèmes de logement de base :

8.1. Système de volière

Les éleveurs de cailles exotiques et ornementales, utilisent souvent des systèmes de volière, qui sont basés sur le concept qui permet aux poules et aux coqs d'exprimer confortablement leur comportement personnel et social particulier (saut, vol...etc), assurant ainsi non seulement les fonctions biologiques des oiseaux, mais aussi leur bien-être. Le rythme quotidien est stimulé par la lumière naturelle qui sera soutenue par l'éclairage artificiel si nécessaire et l'agressivité diminue significativement, et devient rare chez les cailles japonaises élevées dans les volières (**Schmid et Wechsler, 1997**).

8.2. Système de plancher

Les systèmes de plancher pour les cailles varient considérablement selon leurs méthodes de construction et leur capacité. La différence fondamentale est dans le type de sol et de litière qui peut être profonde ou semi-profonde. En outre, les bâtiments peuvent avoir des façades ouvertes ou fermées. Les sols doivent être de préférence inclinés et fabriqués à base de ciment pour permettre un bon drainage et une maintenance de l'hygiène (**Sigh, 2010**).

8.3. Système de cage

Largement utilisé dans les élevages industriels de caille pour la production d'œuf ou de viande. Le système de cage est utilisé seul ou en combinaison avec le système de planchers et c'est le système le plus utilisé pour l'élevage de la caille japonaise (**Padmakumar et al., 2000**).

Le système de plancher et par comparaison au système de cage avait des effets positifs sur les paramètres de production et de reproduction de la caille japonaise **Roshdy et al (2010)**.

9. L'alimentation des cailles

L'alimentation joue un rôle important dans la croissance de la caille, il représente environ 60% à 80% du coût total des élevages avicoles comme pour tout autre type d'élevage (**Shamna et al., 2013 ; AVFA, 2007**). L'aliment consommé par les cailles doit satisfaire leurs besoins en contenant les classes de nutriments suivants : eau, protéines, carbohydrates, lipides, minéraux et vitamines. (**Bensahli, 2016**).

Tous ces nutriments doivent être fournis à des quantités suffisantes et adéquates pour un meilleur taux de croissance. L'énergie est considérée comme le facteur le plus important ainsi que les acides aminés essentiels (**Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008**).

Les caractéristiques physiques de l'aliment affectent également la quantité d'aliment consommée. La nature physique des aliments implique la taille des particules, la couleur, le goût et l'odorat. Pour ce qui est de l'effet de la taille des particules, il est prouvé que la caille

préfère les granules (**Shanaway, 1994**). Selon **Nilforoush et al (2015)**, les cailles alimentées à base de 25% d'aliment broyé avec 75% de granulé, ont donné les meilleures performances de croissance et caractéristiques morphométriques de l'intestin grêle.

Comparée à celle des animaux de basse-cour, et en particulier à celle des poules, la nutrition chez les cailles présente des différences sensibles.

Elle implique notamment l'utilisation de rations à haute teneur protéique et vitaminique. (**Artese, 1986 ; Prabakaran, 2003 et Mondry, 2016**)

Plus que les autres volailles, la caille réclame un régime parfaitement équilibré. Toute déficience alimentaire ou erreur d'alimentation risque d'être catastrophique, surtout chez les jeunes dont la croissance est extrêmement rapide. Un déséquilibre alimentaire est fréquemment responsable de l'apparition de trouble pathologique.

9.1. LES BESOINS NUTRITIONNELS DE LA CAILLE JAPONAISE

La croissance rapide des jeunes oiseaux, en particulier des cailles, ainsi que la forte productivité en œufs des femelles dépendent d'une alimentation appropriée contenant tous les nutriments essentiels : protéines, glucides, lipides, oligo-éléments et vitamines (**Ibatullin et al., 2020**). Donc Les constituants nécessaires pour préparer l'aliment de la caille japonaise sont les mêmes que pour le poulet ; mais les besoins de la caille japonaise en protéines et en acides aminés sont plus importants, En outre et à cause de leur petite taille, la granulométrie doit être plus fine jusqu'à l'âge de deux semaines (**Prabakaran, 2003**). L'alimentation et l'eau sont fournies ad libitum grâce à des mangeoires et des abreuvoirs propres. Les femelles reçoivent un supplément en minéraux sous la forme de coquilles d'huîtres, afin d'éviter notamment tout problème de minéralisation de la coquille des œufs. (**Le bot, 2014**).

9.1.1. Besoins énergétiques :

L'énergie est un élément essentiel de l'alimentation des volailles, qui doit être fournie en quantité suffisante pour répondre aux besoins des oiseaux en matière d'entretien, de croissance optimale, de production d'œufs et de reproduction (**Farrell et al., 1982**). Ces besoins énergétiques varient en fonction de l'âge, du statut reproductif et de la température ambiante (**Shim et Vohra, 1984**). Le **NRC (1994)** recommande un apport énergétique de 2900 Kcal/kg pour les cailles en phase d'élevage et de production. L'Institut central de recherche avicole recommande 2800 Kcal/kg durant les phases de démarrage et de finition pour la variété de cailles de chair, tandis que pour les cailles pondeuses, les besoins sont de 2750 Kcal/kg aux stades poussin et croissance, et de 2600 Kcal/kg au stade de ponte. Alors **N'guessan, et al**

(2020) ont recommandes (environ 2700 à 3000 kcal/kg) pour les poussins de 0 à 3 semaines et 2900 à 3000Kcal/kg pour les poussins de 4 à 6 semaines.

9.1.2. Besoins en protéines

Les poussins de **caille** présentent une vitesse de croissance très rapide, ce qui entraîne des besoins nutritionnels élevés, notamment en protéines. À l'éclosion, ils pèsent environ 7 g et atteignent un poids corporel d'environ 110 g en seulement 6 semaines (**Woodard et al., 1973 ; Berrama et al., 2011**).

Les besoins en protéine des cailles sont nettement plus importants que ceux des volailles de basse-cour. Une ration contenant 30% de protéines avec une énergie métabolique de 2770 kcal/kg semble être la plus efficace pour favoriser la croissance des cailles. (**Woodard et al., 1973**). D'autre part **Sharifi et al., (2011)** a mentionné que des chercheurs ont observés des performances (poids vif, gain moyen quotidien et indice de consommation) supérieures chez des cailles nourries avec un régime contenant 24 % de protéines brutes par rapport à un régime contenant 22,08 % de protéines brutes.

En phase de production, les besoins en protéines varient selon les références : ils sont estimés entre 25 et 28 % selon **Cain et Cowley (1914)** et entre 23 et 25 % d'après **Mondry (2016)**.

Ce taux élevé de protéines est indispensable pour fournir aux cailles les acides aminés et en particulier la lysine, que leur organisme réclame en quantité importantes.

Il est possible de réduire jusqu'à 20% seulement les protéines de la ration de ponte à condition toutefois, d'apporté en contre partie une proportion suffisante de lysine, dans le même ordre d'idées, une proportion de protéines de 24% est satisfaisante dans un régime de croissance si le taux de lysine n'est pas inférieur à 1.3%. **Artese, 1986**. La ponte maximale est obtenue avec un régime à 2,65kcal d' EM/g contenant 16-17 % de protéines brutes. Le besoin en protéines totales est donc bien inférieur à celui qui a été recommandé jusqu'à présent.

9.1.3. Besoins en vitamines

Ils sont eux aussi assez considérables, notamment en ce qui concerne la vitamine A. la caille est en effet un oiseau extrêmement sensible à l'avitaminose.

Les exigences en vitamine du complexe B sont généralement couvertes lorsqu'on utilise des aliments composés équilibrés. La vitamine D3 ne peut être apportée en quantités suffisantes par aucun produit simple de la ration. Une supplémentation est par conséquent indispensable.

9.1.4. Les substances minérales :

Les minéraux se divisent en deux catégories : les éléments majeurs (calcium, phosphore, potassium, sodium, chlore, soufre et magnésium) et les oligoéléments (cobalt, cuivre, fer, iode, manganèse, sélénium et zinc). Ils jouent un rôle essentiel dans la croissance des volailles, en favorisant le développement du poids, la solidité des os et le renforcement du système immunitaire

9.1.5. La consommation d'aliment et besoin en eau :

Les cailles doivent pouvoir disposer à tout moment, d'eau propre. Le problème de l'abrévement ne peut être négligé sous aucun prétexte.

On a pu constater que la ponte des cailles, restées vingt quatre heures sans nourriture, ne subissait qu'un fléchissement passager : par contre, le manque d'eau pendant le même laps de temps provoque inévitablement une chute de ponte très marquée, et souvent un arrêt total de la production. Il est nécessaire de renouveler l'eau, au moins une fois par jour, surtout en saison chaude, et de maintenir les abreuvoirs en parfait état de propreté.

Tableau 12: Besoins en aliment par phase d'élevage selon (le CS, 2011)

Âge	Ration/jour/tête	Provende
1 ^{re} semaine	10 g	cailles 1 ^{er} âge
2 ^e semaine	15 g	cailles 1 ^{er} âge
3 ^e semaine	17 g	cailles 1 ^{er} âge
4 ^e semaine	19 g	cailles 2 ^e âge
5 ^e semaine	20 g	cailles 2 ^e âge
6 ^e semaine	22 g	cailles 2 ^e âge
7 ^e semaine jusqu'à la vente	25 g	Pondeuses

Le tableau ci-dessous résume toutes les besoins nutritionnels de la caille :

Tableau 13: Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unités par kilogramme d'aliment à 90% de matière sèche (NRC, 1994)

Nutriments	Unité	Démarrage et croissance 2,900*	Reproduction 2,900*
<u>Protéines et acides aminés</u>			
Protéines	%	24,0	20,0
Arginine	%	1,25	1,26
Glycine+sérine	%	1,15	1,17
Histidine	%	0,36	0,42
Isoleucine	%	0,98	0,90
Leucine	%	1,69	1,42
Lysine	%	1,30	1,00
Méthionine	%	0,50	0,45
Méthionine+cystine	%	0,75	0,70
Phénylalanine	%	0,96	0,78
Phénylalanine+Tyrosine	%	1,80	1,40
Thréonine	%	1,02	0,74
Tryptophane	%	0,22	0,19
Valine	%	0,95	0,92
<u>Graisse</u>			
Acide linoléique	%	1,0	1,0
<u>Macroéléments</u>			
Calcium	%	0,80	2,5
Chlore	%	0,14	0,14
Magnésium	Mg	300	500
Non phytates phosphore	%	0,30	0,35
Potassium	%	0,40	0,40
Sodium	%	0,15	0,15
<u>Oligo-éléments</u>			
Cuivre	mg	5	5
Iode	mg	0,30	0,30
Fer	mg	160	20
Manganèse	mg	60	60
Sélénium	mg	0,2	0,2
Zinc	mg	25	50
<u>Vitamines liposolubles</u>			
A	UI	1650	3300
D3	UI	750	900
E	UI	12	25
K	mg	1	1
<u>Vitamines hydrosolubles</u>			
B12	mg	0,003	0,003
Biotine	mg	0,3	0,15
Choline	mg	2,000	1,500
Acide folique	mg	1	1
Niacine	mg	40	20
Acide pantothénique	mg	10	15
Pyridoxine	mg	3	3
Riboflavine	mg	4	4
Thiamine	mg	2	2

* Concentrations typiques énergétiques alimentaires, exprimées en kcal EM/ kg de nourriture

9.2. Quelques exemples d'aliment pour la caille japonaise :

9.2.1. Aliment iso énergétique :

Les céréales et leurs sous-produits tiennent une grande place dans l'alimentation des cailles. Ils constituent la principale source d'énergie. Ils ajoutent également un certain volume à la ration en même temps qu'une proportion de substance non digestible la cellulose bien sûr.

Ces dernières, lentement considérées comme inutiles activement en réalité le métabolisme facilitant la digestion et l'absorption des aliments. (Artese, 1986 et Mondry 2016) Les grains, et surtout leurs sous-produits contiennent une qualité appréciable de vitamine B qui prévient les polynévrites, et de vitamine E indispensable à la fécondation et à l'éclosabilité des œufs.

Les meilleures céréales pour l'alimentation des cailles sont le maïs jaune (Larbier et Leclercq, 1992 ; Gynieys, 2003 ; Leeson et Summers, 2005 ; Berrama et al, 2011; Mondry, 2016)., le blé (Larbier et Leclercq, 1992 ; Berrama et al, 2011 ; Mondry, 2016), sa teneur en protéines est plus élevée que celle du maïs (Gynieys, 2003), mais elle est très variable. Elle dépend des variétés et des conditions agronomiques (Larbier et Leclercq, 1992) ; par contre, l'avoine et le seigle sont à déconseiller et ne doivent jamais être utilisés seuls, car ils ont une faible proportion d'albumen contre une forte proportion d'enveloppe externe ce qui exprime les mauvaises valeurs énergétiques (bensahli, 2016) .

L'orge est une céréale avec une teneur moyenne en énergie et en protéines. Elle est peu employée pour la volaille (Gynieys, 2003 ; Leeson et Summers, 2005). Une forte utilisation peut conduire à des baisses de performances chez les jeunes volailles (Gynieys, 2003),

Une intéressante étude faite à l'université du Missouri a montré que le sorgho, pour sa part, possédait un certain pouvoir antiparasitaire chez les cailles. (Artese, 1986), la mouture des grains pour la constitution de la ration joue un rôle important. Les meilleurs résultats, à l'indice de consommation, et le minimum de pertes en cours d'élevage ont été obtenus avec des aliments dans la composition desquels entraient des moutures fines. (Artese, 1986)

9.2.2. Aliment isoprotéique

Elles comprennent essentiellement les tourteaux, les farines de viande et de poisson, et les sous-produits laitiers. Parmi les tourteaux, le seul à retenir pour l'alimentation des cailles est le tourteau de soja cuit (Stein, 2008 ; Berrama et al, 2011). Il est un constituant important de la ration dans laquelle il entre jusqu'à 40% et parfois d'avantage. Mais le tourteau de colza qui

est fabriqué en général à partir de graines entières, et renferme environ 36.80% de protéines brutes (**Beghoul, 2015**), avec un équilibre en acides aminés assez proche que celui du soja.

Compte tenu de la forte teneur en polyosides insolubles et en tanins (provenant des téguments), l'énergie métabolisable est relativement faible et constitue un des problèmes de ce tourteau. (**Larbier et Leclercq, 1992**).

Le tourteau de colza est exclu de l'alimentation des pondeuses. En effet, le tourteau de colza contient un composé, la sinapine, dont le métabolisme digestif communique un goût de poisson aux œufs. (**Beghoul, 2015**).

La farine de viande provient de la cuisson et du séchage des déchets d'abattoir ou d'industrie de la viande. Le seul facteur limitant leur utilisation dans l'alimentation de volailles est leur richesse en minéraux (10 %, de MS, de calcium et de 3,9 %, de MS, de phosphore). La teneur en phosphore des farines animales est 30 fois plus importante que celle des matières végétales et sa digestibilité est de l'ordre de 80 % contre 20 à 30 % pour les légumineuses (**Ngom, 2004**).

Alors que la farine de poisson, riches en acides aminés essentiels, peuvent être avantageusement utilisées. La farine de poisson est une excellente source de protéines et de minéraux. Sa valeur énergétique alimentaire varie surtout en fonction de sa teneur en huile et en minéraux résiduels. (**Wiseman et al., 1984**). Les farines de poisson sont très riches en lysine (5,47 à 5,89 % MS) et en acides aminés soufrés (2,74 à 2,95 % MS) d'où leur importance capitale dans l'alimentation de volaille (**Larbier et Leclercq, 1992**).

Les sous-produits laitiers sont généralement représentés par la poudre de lait écrémé qui s'avère très intéressante, et peut être incluse à toute formule de croissance ou de production. Son prix élevé constitue cependant un inconvénient majeur. (**Artese, 1986**)

En ce qui concerne les farines fourragères on peut considérer la farine de luzerne déshydratée est la seule valable. Elle est particulièrement riche en vitamine antihémorragique et en riboflavine. Elle ne peut dépasser 10% en poids dans une formule de production et 5% seulement dans une formule de croissance. (**Artese, 1986**)

Pour couvrir les besoins alimentaires de la caille il faut utiliser un aliment spécial pour les cailles. Le tableau ci-dessous présente la formule alimentaire utilisée pour les cailles

Tableau 14: la composition d'aliment de démarrage et de croissance et d'aliment d'élevage et de production des œufs (Elsabile et elbadri, 2002)

Composition en %	Démarrage et croissance	Production des œufs
Maïs moulu	46.5	49.4
Tourteau de soja « 50% protéine »	34.3	21.0
Farine de viande et des os « 50% protéine »	5.0	4.0
Farine de poisson	3.0	5.0
Lait en poudre partiellement écrémé	2.0	2.0
Farine de la luzerne	4.6	7.4
Phosphate bicalcique	0.2	1.4
Poudre de chaux		5.5
Sel	0.3	0.2
Graisse végétale ou animale	2.0	2.0
CMV	2.0	2.0
Méthionine	0.1	0.1

10. Quelques notes sur l'élevage des cailles de chair

- Les oiseaux sont généralement sélectionnés pour leur croissance rapide et leur conversion alimentaire élevée « souche spéciale ».
- Le principe qui régit l'élevage de la caille de chair est celui du 'tout-plein / tout vide', (Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008).
- Dans la plupart des élevages commerciaux, les oiseaux sont élevés mâles et femelles ensemble dans les mêmes cages.
- Le poids moyen d'un poussin de caille à la naissance se situe entre 7 et 9 grammes et le plumage des cailles est complètement formé vers l'âge de 3 semaines (Özbey et al., 2006; Dauda et al., 2014)
- La vitesse de croissance des cailleaux est normalement rapide de l'éclosion à cinq semaines d'âge. Elle ralentit par la suite. Le poids adulte est atteint à environ 50 jours d'âge.
- Pour atteindre le poids de 162,4 le cailleaux a consommé pendant les 42j près de 553g d'aliments. Cela signifie qu'une caille consomme environ 3,59 grammes d'aliments pour chaque gramme de poids vif gagné. (Ouaffai et al., 2018).

- La croissance de la caille est affectée par un certain nombre de facteurs, y compris la souche, le sexe faveur deuxième semaine des femelles (**Bonos et al.,2010**), l'âge, la densité (**Padmakumar et al., 2000**) (qu'une augmentation de la prise alimentaire est principalement associée à une réduction de la concurrence pour l'alimentation, l'apport en nutriments, la photopériode et la température :
- La température à un effet inverse sur la quantité d'aliment consommé par oiseau , le gain de poids, la conversion de l'aliment et les caractéristiques de la carcasse (**Özbey et al., 2004**)
- La photopériode affecte aussi le taux de croissance en influant directement sur la durée de la prise alimentaire aux mangeoires. Lorsque les oiseaux sont soumis à de longues périodes de lumière, leur consommation alimentaire augmente en proportion de la durée d'éclairage. En conséquence, leur poids corporel augmente (**Shanaway, 1994**). La durée de lumière optimale est de 8 heures/jour afin de retarder l'activité sexuelle (**Randall et Bolla, 2008**).
- L'alimentation joue un rôle important dans la croissance de la caille, il représente environ 70% du coût total de production, l'aliment consommé par les cailles doit satisfaire leurs besoins en contenant les classes de nutriments suivants : eau, protéines, carbohydrates, lipides, minéraux et vitamines. Tous ces nutriments doivent être fournis à des quantités suffisantes et adéquates pour un meilleur taux de croissance. (**Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008**).

Les caractéristiques physiques de l'aliment « la taille, la couleur, le gout, et l'odorat des particules » affectent également la quantité d'aliment consommée. Les cailles alimentées à base de 25% d'aliment broyé avec 75% de granulé, ont donné les meilleures performances de croissance et caractéristiques morphométriques de l'intestin grêle **Nilforoush et al (2015)**.

Partie Expérimentale

Matériels & Méthodes

Objectif :

Cette étude vise à minimiser les coûts de production de la viande blanche, à travers l'incorporation des sous-produits de la transformation des figues de barbarie, en substitution aux matières premières conventionnelles (maïs et tourteau de soja) composant les formules alimentaires des cailles.

Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1. Lieu et période de l'expérimentation

L'étude a été réalisée dans un centre d'élevage professionnel de cailles (Wilaya de Sétif, Algérie) au cours du mois de mai 2023 (photo 01).



Figure 13: Présentation géographique du site d'expérimentation google earth ,(2025)

1.2. Bâtiment et équipements

Dans un bâtiment d'une superficie totale d'environ 200 m² doté d'un système de refroidissement par pads et ventilateurs, une zone expérimentale de 100 m² a été délimitée à l'aide d'un film plastique noir, pour l'isoler du reste de la structure. La zone expérimentale a été subdivisée en quatre lots, comprenant trois lots expérimentaux et un lot témoin, séparés les uns des autres par un grillage galvanisé à mailles fines. Chaque lot occupe une superficie de 5 m² (L= 2,5 m ×l= 2,5 m), avec une densité de 150 sujets par lot (photo 02).

Afin de minimiser l'influence des variations environnementales sur les résultats, les lots ont été disposés de manière homogène à l'intérieur du bâtiment.



Figure 14: vue interne du bâtiment d'élevage ; (Guernaz, 2023)

Lors de la phase de démarrage, l'alimentation a été distribuée dans des assiettes disposées sur du papier kraft, afin de limiter les pertes d'aliment (1 dans photo 03). L'abreuvement était assuré à l'aide de petits abreuvoirs adaptés à cette phase (2 dans photo 03). Le chauffage a été assuré grâce à des radiants à gaz de petite taille (5 dans photo 03). La température intérieure était ajustée en fonction de l'âge des cailleteaux grâce à un thermomètre placé dans leur zone de vie permettant ainsi de maintenir une température contrôlée (7 dans photo 03).



Figure 15: abreuvoirs et mangeoires de premier âge

Durant la phase de finition, ces équipements ont été remplacés par des trémies d'une capacité de **12 kg** (3 dans photo 04) et des abreuvoirs siphoides d'une capacité de **8 litres** (4 dans photo 04), qui ont été maintenus jusqu'à la fin de l'élevage, ainsi qu'à des éleveuses fonctionnant au gaz butane de type parabole (6 dans photo 05). L'éclairage a été assuré par des lampes fournissant un niveau lumineux de 60 lux par m².



Figure 16: trémies de 12Kg et Abreuvoirs siphoides de 8litres



Figure 17: Eleveuses a gaz butane de type parabole.

La litière utilisée tout au long de l'expérimentation était constituée de sciure de bois, étalée sur une épaisseur de 10 cm pour assurer une bonne rétention de chaleur. Cette litière était renouvelée deux fois par semaine afin de prévenir la souillure et le dégagement d'ammoniac dans le bâtiment.

Enfin, une balance électronique d'une précision de 2 g a été utilisée pour effectuer les pesées, qu'il s'agisse du poids des cailleaux, de la quantité d'aliment distribuée ou du refus, tout au long de l'expérimentation.

1.3. Les animaux

Des cailles domestiques, de race « Coturnix coturnix japonica », ont fait l'objet de notre expérimentation. Agés d'un jour (01 jour) au début de l'expérimentation (photo 06), ils ont été élevés pendant 45 jours. Les 600 cailleaux utilisés pesaient individuellement en moyenne 7g \pm 0,5g et provenaient d'un même couvoir privé d'Amoucha (Wilaya de Setif).



Figure 18: Cailleteaux d'un jour de souche *Coturnix coturnix japonica*

Ils ont été répartis aléatoirement en 4 lots homogènes de 150 sujets chacun, avec 01 lot témoin et 04 lots expérimentaux. (Tableau 15)

Tableau 15: Disposition des différents groupes en fonction du taux d'incorporation des enveloppes déshydratées et du tourteau de graines de figue de barbarie dans les différentes phases d'élevage

	Démarrage-croissance			Finition		
	Taux d'incorporation					
groupe Témoin (T)	0			0		
Groupes expérimentaux						
D_{ETFB}	10	20	30	0	0	0
F_{ETFB}	0	0	0	10	20	30
DF_{ETFB}	10	20	30	10	20	30

D_{ETFB} : Groupe dont les sous-produits ont été introduits en phase démarrage-croissance

F_{ETFB} : Groupe dont les sous-produits ont été introduits en phase finition

DF_{ETFB} : Groupe dont les sous-produits ont été introduits toutes les phases d'élevage

1.4. Caractéristiques des aliments

1.4.1. Matières premières utilisées et leurs seuils d'incorporations

Les sous-produits de la transformation des figues de barbarie utilisées durant l'expérimentation ont été acquis au niveau d'une unité de transformation de la wilaya de Souk-ahras (Photo 7).



Figure 19: Les sous-produit de la transformation des figues de barbarie. A : les enveloppes, B : les tourteau broyé, C : Tourteau en bouchon

Les aliments ont été conçus dans une unité de fabrication des aliments de bétail située à la commune de Ain oulmene, wilaya de Sétif.

Les régimes ont été formulés selon les directives de l' N.R.C (1994). La composition chimique des deux sous-produits sont répertoriés dans le tableau2.

Tableau 16: Composition chimique en % de MS des sous-produits de la transformation des figues de barbarie

déshydratées	Tourteau	Enveloppes
Matière sèche (MS)	94.3	94.5
Matières organiques	98.3	91.3
Matières azotées totales	8.8	5.6
Cellulose brute	55	52.3
Matières grasses	2.7	4
Matières minérales	1.7	8.7
Extractif non azoté	31.7	29.4
Energie brute (kcal/kg de MS)	4443	4166
Energie métabolisable (kcal/kg de MS)	1818	1710
Lysine (g/100g de protéines)	0.54	0.98
Méthionine (g/100g de protéines)	0.32	0.52
Cystine (g/100g de protéines)	0.31	0.62

Energie métabolisable : estimée selon la formule de **Carpenter et Clegg (1956)** avec **EM** (kcal/kg de MS) = 35,3 x **PB** (%) + 79,5 x **MG** (%) + 40,6 x **ENA** (%) + 199 (**EM** : énergie métabolisable, **PB** : Protéines brutes, **MG** : Matières grasses, **ENA** : Extractif non azoté).

La fabrication des aliments a été assurée dans une unité spécialisée dans la production d'aliments pour bétail, située à Ain Oulmene (Sétif).

Quatre types de formules alimentaires ont été élaborés (tableau 17) :

- Une ration témoin ne contenant aucun sous-produit (Lot Témoin),
- Trois rations expérimentales désignées par **Lot D_{TEFB}**, **Lot F_{TEFB}** et **Lot DF_{TEFB}**, dans lesquelles des sous-produits de figue de barbarie (tourteaux et enveloppes) ont été incorporés respectivement à 10 %, 20 % et 30 % respectivement, en substitution partielle du tourteau de soja et du maïs et en fonction des phases d'élevage. Le mélange des ingrédients a été effectué à l'aide d'un mélangeur horizontal garantissant une homogénéité optimale des rations (Photo 20).

Tableau 17 : Formules (kg/100 kg d'aliment) des aliments de démarrage-croissance (DC) (1 à 20 jours) et de finition (F) (21 à 45 jours) distribués aux cailles en fonction du taux de substitution du tourteau de soja par le tourteau des graines de figue de barbarie et du maïs par les enveloppes déshydratées de figue de Barbarie.

Matériels et Méthodes

Tableau 17: Formules (kg/100 kg d'aliment) des aliments de démarrage-croissance (DC) (1 à 20 jours) et de finition (F) (21 à 45 jours) distribués aux cailles en fonction du taux de substitution du tourteau de soja par le tourteau des graines de figue de barbarie

	Lot T		Lot DTEFB						Lot FTEFB						Lot DFTEFB					
	DC	F	DC			F			DC			F			DC			F		
	0	0	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Mais	55	62	49,5	44	38,5	62	62	62	55	55	55	55,8	49,6	43,3	49,5	44	38,5	55,8	49,6	43,3
Enveloppes déshydratées de FB	0	0	5,5	11	16,5	0	0	0	0	0	0	6,2	12,4	18,6	5,5	11	16,5	6,2	12,4	18,6
Tourteau de soja 46%	36	23	32,4	28,8	25,2	23	23	23	36	36	36	20,7	18,4	16,1	32,4	28,8	25,2	20,7	18,4	16,1
Tourteau de graines de FB	0	0	3,6	7,2	10,8	0	0	0	0	0	0	2,3	4,6	6,9	3,6	7,2	10,8	2,3	4,6	6,9
Son de blé	5	12	5	5	5	12	12	12	5	5	5	12	12	12	5	5	5	12	12	12
Calcaire	1,8	1,2	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	1,2	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	1,2	1,8	1,8	1,8	1,2	1,2	1,2
Phosphore Bi-calcique	1,2	0,8	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8
Complément Minérale Vitaminé (CMV)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Teneurs en nutriments calculées																				
Énergie métabolisable (kcal/kg de MS)	3113	3108	2973	2808	2694	3108	3108	3108	3113	3113	3113	2974	2840	2703	2973	2808	2694	2974	2840	2703
Matière grasse (%)	3,6	4,07	3,58	3,38	3,56	4,07	4,07	4,07	3,6	3,6	3,6	4,05	4,01	3,98	3,58	3,38	3,56	4,05	4,01	3,98
Protéine brute (%)	24,56	19,87	22,2	20,7	19,3	19,9	19,9	19,9	24,6	24,6	24,6	18,6	18,6	16,1	22,2	20,7	19,33	18,6	18,6	16,15
Matières minérales %	3,79	3,30	3,98	4,10	4,35	3,30	3,30	3,30	3,79	3,79	3,79	3,61	3,92	4,24	3,98	4,10	4,35	3,61	3,92	4,24
Cellulose brute %	5,0	4,7	9,1	13,5	18,0	4,7	4,7	4,7	5,0	5,0	5,0	10,5	13,1	17,3	9,1	13,5	18,0	10,5	13,1	17,3
Lysine (% de PB)	4,13	3,82	3,80	3,49	3,17	3,82	3,82	3,82	4,13	4,13	4,13	3,55	3,29	3,03	3,80	3,49	3,17	3,55	3,29	3,03
méthionine (% de PB)	1,73	1,80	1,61	1,48	1,36	1,80	1,80	1,80	1,73	1,73	1,73	1,68	1,59	1,43	1,61	1,48	1,36	1,68	1,59	1,43

CMV: mineral and vitamin supplement composed of: calcium: 150,700 mg/kg, sodium chloride: 332,000 mg/kg, vitamin A: 800,000 UI, vitamin D3: 150,000 UI, vitamin E: 1,500 mg/kg, vitamin K: 200 mg/kg, vitamin B1: 100 mg/kg, vitamin B2: 450mg/kg, vitamin B3: 780 mg/kg, vitamin B6: 150 mg, vitamin B12: 1 mg/kg, PP: 1,000 mg/kg, folic acid: 50 mg/kg, biotin: 1.5 mg/kg, choline chloride: 35,000 mg/kg, iron: 3,600mg/kg, copper: 2,250 mg/kg, zinc: 7,500 mg/kg. The diets were formulated in accordance with the directives of the CNRC (1994).

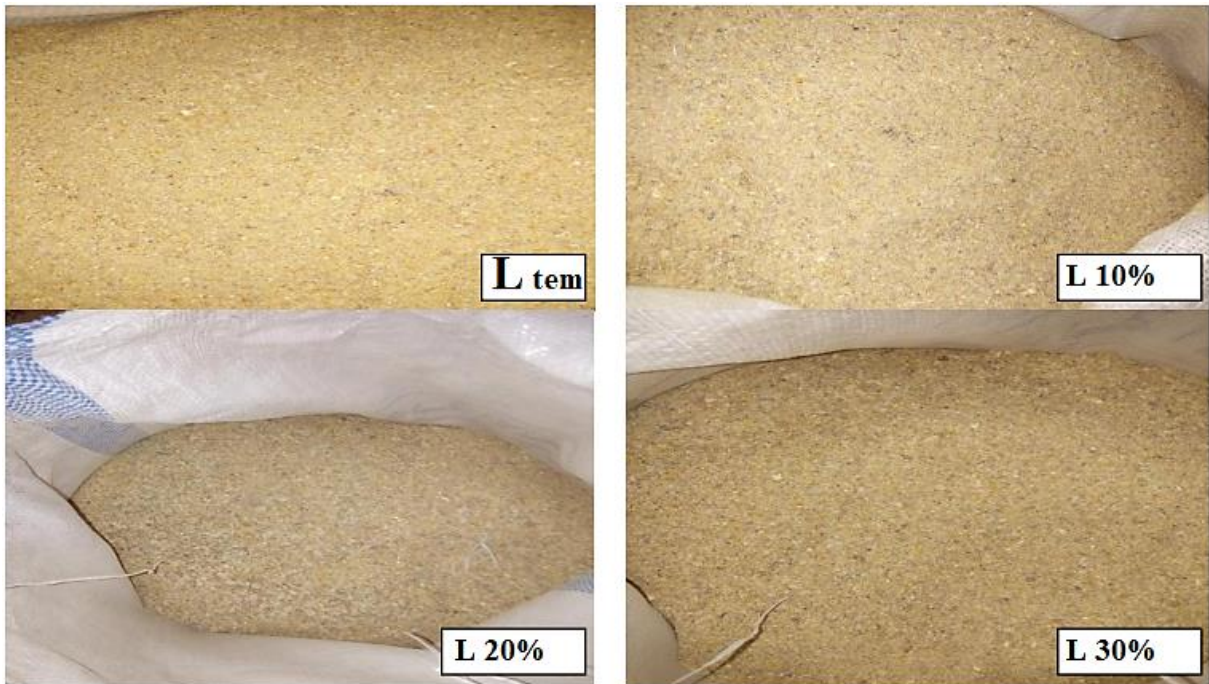


Figure 20: Régime alimentaire des quatre lots

2. Méthodes

2.1. Conduite d'élevage

Avant la réalisation des lots, le bâtiment a été dans son ensemble lavé à l'eau javérisé (5%) et chaulé. Une fois la réalisation des lots terminés, une seconde désinfection du même type que la première a été utilisée. A l'entrée du bâtiment, un pédiluve a été installé avec de l'eau javérisé à 40%. Les éleveuses ont été allumées 24h avant l'arrivée des cailleaux pour assurer une température homogène dans l'ensemble du bâtiment et les abreuvoirs ont été remplis avec de l'eau sucrée (20%) pour réduire le stress du transport.

La réception des cailleaux a été effectuée le 16 avril 2023. Une sélection a été effectuée pour éliminer tous les sujets morts lors du transport ou présentant certaines anomalies physiques. Les cailleaux ont fait l'objet de pesées et répartis de façon aléatoire dans les 4 lots. Pour les conditions d'ambiances, la température et l'éclairage ont été contrôlé tout au long de l'expérience selon les normes utilisées pour l'élevage de cailles. Au cours de la première semaine, la température moyenne à l'intérieur du bâtiment a été maintenue à 39°C, avant d'être progressivement abaissée à 36°C pendant la phase de démarrage-croissance. Elle a ensuite été stabilisée à 24°C durant la phase de finition. Un éclairage continu a été appliqué pendant les deux premières semaines, puis la durée d'éclairage a été réduite à 12 heures par jour pour le reste de l'expérimentation.

Les distributions d'aliments et d'eau de boisson a été ad libitum, et le refus d'aliment a été pesé quotidiennement. Afin de prévenir l'apparition de certaines maladies, des vaccins sont administrés aux cailleaux durant l'expérimentation. Ces derniers ont été vaccinés contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse, deux pathologies courantes et potentiellement graves en élevage avicole.

2.2. Paramètres étudiés

Dans le cadre de cette expérience, les mortalités ainsi que les principales performances zootechniques ont été enregistrées. Les paramètres mesurés ont été : le poids vif (PV), la quantité d'aliments distribuée et refusée et la mortalité. La quantité ingérée (QI), l'indice de consommation (IC) ; le gain moyen quotidien (GMQ) ont été calculé. Ces indicateurs permettent d'évaluer l'efficacité des différentes rations alimentaires et de suivre l'évolution de la croissance des cailles tout au long de l'expérimentation.

2.2.1. Taux de mortalité :

Le taux de mortalité a représenté un indicateur non négligeable pour la réussite de l'expérimentation. Il a été apprécié à travers le recensement des individus morts durant l'expérimentation. Pour apprécier le pourcentage, la formule suivante a été appliquée:

$$\text{« Taux de mortalité \% = nombre des cailles morts par phase / nombre initial des cailles par phase* 100 »}$$

2.2.2. La pesée des animaux

Les cailleaux ont été pesés individuellement à trois moments clés de l'expérimentation : lors de leur réception (photo 09), à la fin de la phase de démarrage-croissance, et à la fin de la phase de finition (45 jours) (photo 09). Il est important de souligner que les pesées ont été réalisées systématiquement avant la distribution matinale de l'aliment et à une heure fixe, afin d'assurer une mesure standardisée et cohérente tout au long de la période d'élevage. Pour garantir une précision optimale, une balance électronique a été utilisée lors de chaque pesée.



Figure 21: le pesage des animaux (Guernaz, 2023)

2.2.3. Consommation d'aliments

La consommation alimentaire a répondu à la quantité de nourriture que l'animal a ingérée lorsqu'il a eu libre accès. La quantité d'aliment distribuée et celle refusée de chaque lot ont été notée quotidiennement. Ces informations ont par la suite permis de calculer la quantité d'aliments ingérée, l'indice de consommation durant les périodes de croissance et de finition ainsi que l'indice de consommation total durant toute la période d'élevage. L'aliment ingéré a été obtenu par la soustraction de la quantité d'aliment distribué par l'aliment refusé.

« $QI (g) = \text{quantité distribuée (g)} - \text{quantité refusée (g)} / \text{nombre de poulets présents.} \gg$

2.2.4. Indice de consommation (IC)

L'Indice de Consommation (IC) a été un paramètre permettant de connaître la quantité exacte d'aliment qui a été ingérée par rapport aux poids des animaux. Ce paramètre a été utilisé pour mesurer l'efficacité des aliments étudiés. Il a été apprécié à partir de la formule suivante :

« $IC = \text{aliment total consommé (kg)} / \text{poids total des animaux (kg)} \gg$

2.2.5. Gain moyen quotidien : GMQ (g/j)

Le gain de poids moyen est un des facteurs mesurés pour apprécier la performance zootechnique d'un animal. Il permet de connaître l'évolution pondérale et le poids d'un individu après chaque phase d'élevage. Il a été défini comme étant l'accroissement du poids corps obtenu par un animal nourri avec un type d'aliment donné pendant une période donnée. Il est le résultat entre le poids final et le poids initial d'une période donnée sur le nombre des jours.

« $GMQ (g/j) = Poids\ final (P1) - Poids\ initial (P0)/nombre\ des\ jours .$ »

2.3. Conditions de pré-abattage, abattage et rendements

Au terme du 45e jour d'élevage, après une période de 8 heures de jeûne, l'ensemble des animaux de chaque lot a été soumis à une pesée préalable à la procédure d'abattage. 50 cailles ont été pris aléatoirement dans chaque lot et pesées de nouveau afin de servir à l'étude des différents paramètres post-abattage. L'abattage a été effectué selon la méthode classique : les cailles ont été abattues par section horizontale de la veine jugulaire et laissées à saigner pendant quelques minutes, puis déplumé et éviscéré.

Les paramètres mesurés durant cette procédure sont :

- Poids vif à l'abattage (PVA) : relevé avant l'abattage.
- Poids plein (PP) : poids des carcasses de cailles après la plumaison, sans pattes, ni tête.
- Poids éviscéré (PEC) : poids des carcasses après éviscération.
- Poids des viscères (PV) : poids total des viscères après extraction.
- Poids des abats comestibles :
 - Foie (PF),
 - Gésier (PG).
- Poids des pattes (PPT) et poids de la tête (PT) : relevés après avoir été coupés et plumés.
- Poids des plumes (PPI) : poids total des plumes après la plumaison

2.4. Analyses physico-chimiques de la viande

Après l'abattage des cailles, les échantillons (carcasses) au nombre de 200 ont été acheminées au laboratoire d'analyse d'essais physico-chimiques et microbiologiques situé dans la commune de Sétif, wilaya de Sétif pour mesurer les paramètres physico-chimiques de la viande. Ces derniers ont été faits selon les méthodes officielles d'AOAC relatives aux viandes et produits carnés.

2.4.1. Préparation de l'échantillon

- ✓ L'échantillon représentatif d'un lot, est constitué d'une seule unité d'au moins 200g de viande;
- ✓ Broyer l'échantillon couper en morceaux dans un mortier ou un hachoir jusqu'à obtention d'un mélange bien homogène ;
- ✓ conserver au réfrigérateur pour éviter sa détérioration et tout changement dans sa composition. L'analyse doit être effectuée dans les 24 h.

2.4.2. Mesure du pH

A 24 heures post mortem, la mesure du pH a été faite par insertion (~ 2 cm de profondeur) directe de l'électrode d'un pH-mètre portable dans le muscle pectoral des animaux, selon la méthode de EL-Rammouz, (2005).

2.4.3. Détermination de la teneur en eau

Après obtention d'un mélange homogène de la prise d'essai, l'échantillon a été dessiqué à l'étuve à 103°C ±2°C jusqu'à masse constante. La détermination de la teneur en eau dans la viande de la caille a été déterminée et calculé selon les méthodes de l' AOAC (1990).

- Peser la capsule vide m_0 puis transvaser de 2à3g de l'échantillon dans la capsule et peser à nouveau m_1
- Placer la capsule avec échantillon à l'étuve durant 3 heures à 103°C
- Placer la capsule dans un dessiccateur
- Peser après séchage m « une masse constante »

$$\ll \text{Humidité totale \%} = m_1 - m / m_1 - m_0 * 100 \gg$$

2.4.4. Détermination de la matière minérale

La teneur en cendres dans la viande de la caille est déterminée par incinération d'un échantillon de 1g de produit préalablement broyé dans un four à 550°C pendant 6 heures. Le mode opératoire est représenté dans la figure selon les méthodes de l'AOAC (1990).

- Broyer la viande ;
- peser 1 à 2 g du broyat dans le creuset P1, sachant que P0 c'est le poids du creuset à vide;
- porter le creuset contenant les broyats au four à 550°C durant 6h ;
- retirer le creuset du four ; les refroidir dans le dessiccateur ;
- peser à nouveau les creusets P2

$$\ll \text{TMM} = P2 - P0 / P1 * 100 \gg$$

TMM : teneur en matière minérale en%

P2 : masse du creuset plus produit incinéré en g ;

P1 : masse du produit à incinérer en g ;

P0 : masse du creuset à vide en g.

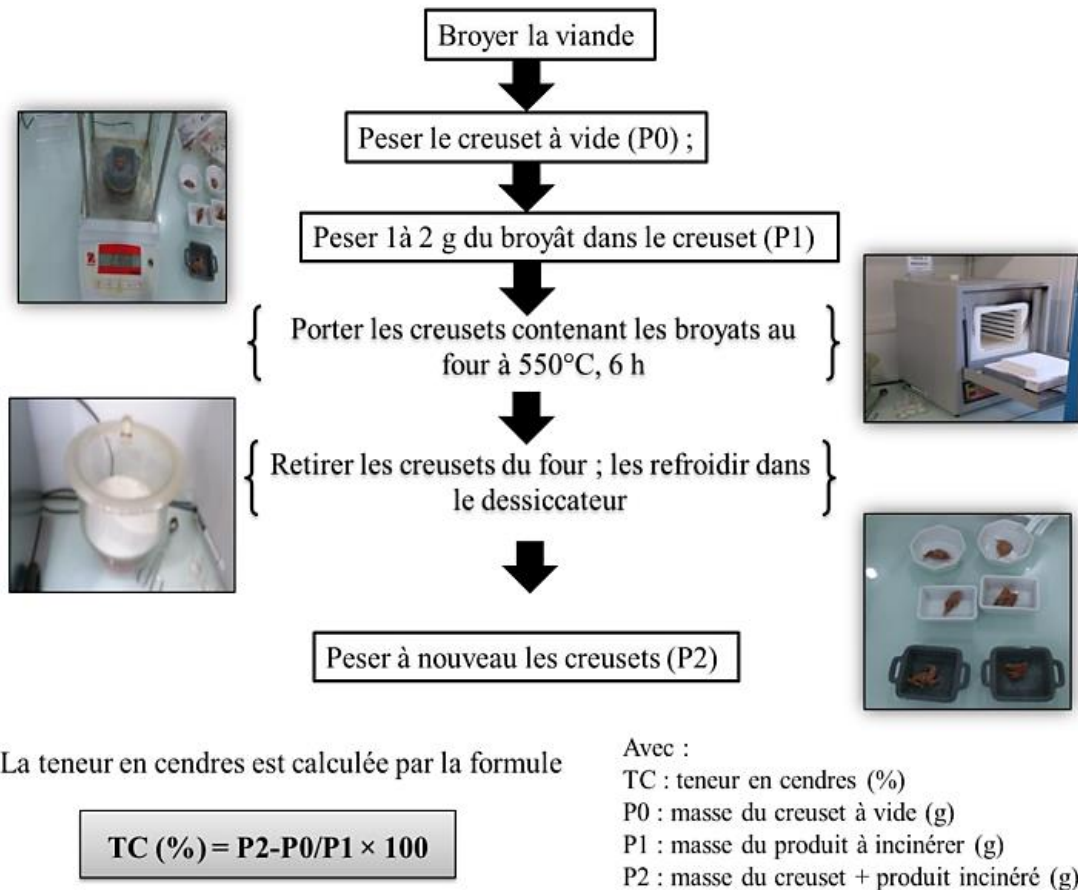


Figure 22: protocole de la détermination de la teneur de la viande en cendre selon les méthodes de l' AOAC (1990)(Lagouati, 2020)

2.4.5. Dosage de la matière grasse

Le principe consiste à traité de l'échantillon avec de l'acide chlorhydrique dilué bouillant pour libérer les fractions lipidiques incluses et liées. Filtration de la masse résultante et, après séchage, extraction, au moyen de n-hexane ou d'éther de pétrole, de la matière grasse retenue sur le filtre. Le taux de la matière grasse dans la viande de la caille est déterminé et calculé selon les méthodes de l' AOAC (1990).

- Peser dans une fiole conique 3à5g de la viande
- Ajouter 25ml d'eau distillée ensuite ajouter 50ml de l'HCL puis placer la fiole avec un dispositif de réfrigération à reflux ;
- Chauffer 30min a 100°C
- Faire la filtration puis laver le filtrat avec de Léau distillée chaudes ensuite placer le papier filtre dans la cartouche d'extraction et couvrir avec du coton.
- Secher à l'étuve

- 30min à 103°C ±2°C , laisser refroidir à température ambiante puis peser la fiole conique séchée « poids fiole vide »
- Mettre dans la fiole de 125ml l'éther de pétrole ensuite placer la cartouche dans l'extracteur
- Chauffer à 100°C pendant 4h et récupérer la fiole contenant le solvant et purifier par distillation
- Sécher à l'étuve 2h à 103°C ±2°C, enfin peser la fiole contenant la matière grasse extraite « fiole + matière grasse »

$$\ll \text{MG} = \text{poids fiole} + \text{MG} - \text{poids fiole vide} / \text{poids échantillon} \times 100 \gg$$

2.4.6. Détermination de la teneur en protéines

La détermination de la teneur en protéines est effectuée par la méthode de Kjeldahl. Il s'agit de déterminer cette teneur en protéines de façon indirecte, par calcul à partir de la teneur en azote. Dans cette méthode, l'azote organique est transformé en azote ammoniacal (sulfate d'ammonium) par minéralisation par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (sélénium). L'azote ammoniacal est ensuite déplacé par un alcali (soude) et l'ammoniac ainsi libéré est titré par une solution d'acide sulfurique 0,2 N.

- Peser 2 à 5 g de l'échantillon puis placer dans le matras de Kjeldahl.
- Ajouter dans le matras de Kjeldahl, 10 ml de l'acide sulfurique H₂SO₄.mineralisateur Kjeldahl.
- Mélanger pendant 20min « Vitesse 6 » ensuite 15min « vitesse 8 » puis 85 min « vitesse 9 ».
- Adapter le matras au dispositif de distillation ; 50ml de NaOH 40%, et palacer à la sortie le bécher 20mla acide borique H₃BO₃ à 4%, puis lancer la distillation
- Titrer l'azote avec du H₂SO₄ 0.2N

$$\ll \text{Azote \%} = 100 \times 14 \times 0.2 \times (V1 - V0) / m \gg \text{ O\grave{u}}$$

- V₀ : est le volume, en millilitres, de solution d'acide chlorhydrique 0,2 N, utilisé pour l'essai à blanc ;
- V₁ : est le volume, en millilitres, de solution d'acide chlorhydrique 0,2 N, utilisé pour la détermination ;
- m : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

$$\ll \text{Protéine \%} = 6.25 \times \text{azote \%} \gg$$

2.5. Analyse statistique

Les statistiques descriptives et l'analyse de la variance du modèle linéaire général univarié (ANOVA) ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS (version 18, 2008) pour l'analyse des différentes variables étudiées. Le modèle linéaire général a été utilisé afin de tester les effets des facteurs sur les variables, et un test post hoc a été effectué en appliquant le test **S.N.K** (Student-Newman-Keules) pour estimer la signification ou l'homogénéité entre les différents sous-groupes (test de comparaison des moyennes). Les différences ont été considérées comme significatives avec un risque d'erreur de **5 %**.

Résultats & Discussion

I. Résultats

1. Effet sur les performances zootechniques

1.1. Mortalités :

Aucun cas de mortalité n'a été observé au cours des 45 jours d'élevage, quelle que soit la phase ou le lot d'élevage.

1.2. Croissance :

Le tableau et les graphes ci-dessous présentent les performances de croissance des animaux en fonction de phases d'élevage (D_{ETFB} , F_{ETFB} et DF_{ETFB}), selon les trois niveaux d'incorporation de sous-produits de figues de Barbarie (10 %, 20 % et 30 %). L'analyse se divise en deux phases : démarrage-croissance (1-20 jours) et phase de finition (21-45 jours).

1.2.1. Au cours de la phase de démarrage-croissance(1-20j)

Les résultats indiquent des variations significatives du poids vif en fonction des niveaux d'incorporation et par phases d'élevage. Le groupe DF_{ETFB} à 10 % enregistre le meilleur poids moyen (100,6 g), par contre le groupe F_{ETFB} avec un taux d'incorporation de 10 % présente la valeur la plus faible (92,6 g). Ces distinctions sont confirmées par les lettres en exposant, qui signalent des différences statistiquement significatives entre les groupes (témoin, F_{ETFB} d'une part, et D_{ETFB} , DF_{ETFB} d'autre part) au seuil de ($p = 0,001$).

Pour le **GMQ**, il est également influencé par le taux d'incorporation. Les groupes **DF_{ETFB} à 10 % et DF_{ETFB} à 20 %** enregistrent les valeurs les plus élevées (**4,68 et 4,64 g/j**, respectivement), tandis que le groupe **F_{ETFB} à 10 %** affiche la croissance la plus faible (**4,28 g/j**). Ces résultats suggèrent que l'incorporation des sous-produits au cours de la phase de finition n'a aucun effet sur le poids et le GMQ des individus

1.2.2. Au cours de la phase de démarrage-croissance(21-45j)

En fin d'élevage, les animaux du groupe **DF_{ETFB} à 30 %** atteignent le **poids vif le plus élevé (213,4 g)**, suivis par ceux du groupe **DF_{ETFB} à 20 % (210,4 g)**. À l'inverse, le groupe **D_{ETFB} à 20 %** enregistre la valeur la plus basse (**196,8 g**). Comme en phase de démarrage, les différences entre le DF_{ETFB} et le témoin avec le D_{ETFB} sont statistiquement significatives.

Durant cette phase, les animaux du groupe **DF_{ETFB} à 30 %** affichent la croissance la plus rapide avec un **GMQ de 5,50 g/j**, suivis par ceux du groupe **DF_{ETFB} à 20 % (5,27 g/j)**. En revanche, le groupe **D_{ETFB} à 20 %** présente le GMQ le plus faible (**4,70 g/j**), ce qui indique une performance moindre avec cette formulation alimentaire.

Lorsqu'on considère l'ensemble de la période d'élevage, la meilleure croissance est observée dans le groupe **DF_{ETFB} à 30 % (4,59 g/j)**, suivi du groupe **DF_{ETFB} à 20 % (4,52 g/j)**. A l'opposé, le groupe **D_{ETFB} à 20 %** enregistre la valeur la plus faible (**4,22 g/j**). Les groupe témoin et D_{ETFB} avec le goupe de F_{ETFB} pour le taux de substitution de 10%, font partie d'un même groupe. L'incorporation des sous-produits de figes de Barbarie a une influence significative sur la croissance cailles surtout pour la phase DF_{ETFB} (30%) qui donnent les meilleurs résultats en termes de poids final et de GMQ. Le groupe D_{ETFB} avec un **taux d'incorporation de 20%** semble être moins efficace avec des poids et des GMQ plus faibles.

En conclusion, la substitution des tourteaux de soja et le maïs par les sous-produits de figes de Barbarie dans l'alimentation des cailles semble bénéfique, notamment pour les groupes DF_{ETFB} à 20% et 30%.

Tableau 18: Effets du taux de substitution sur la croissance pondérale (g) et le gain moyen quotidien (GMQ g/j/sujet) des cailles.

	T	D _{ETFB}			F _{ETFB}			DF _{ETFB}			SEM	P
		10	20	30	10	20	30	10	20	30		
Démarrage-croissance												
Poids initial	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7		
Poids vif à 20j	93,8 ^b	98,0 ^a	99,6 ^a	98,2 ^a	92,6 ^b	94,0 ^b	93,2 ^b	100,6 ^a	99,7 ^a	97,8 ^a	2,162	0,001
GMQ 1-20j	4,34	4,55	4,63	4,56	4,28	4,35	4,31	4,68	4,64	4,54	0,41	0,001
Phase de Finition												
Poids vif à 45j	197,8 ^c	196,8 ^c	199 ^c	198,4 ^c	206,4 ^b	204,4 ^b	205,8 ^b	209,7 ^{ab}	210,4 ^{ab}	213,4 ^a	0,42	0,02
GMQ 21-45j	4,95 ^e	4,70 ^e	4,73 ^e	4,77 ^e	5,42 ^b	5,26 ^c	5,36 ^b	5,19 ^d	5,27 ^c	5,50 ^a	0,246	0,03
GMQ 1-45j	4,24 ^d	4,22 ^d	4,26 ^d	4,25 ^d	4,25 ^d	4,39 ^c	4,42 ^c	4,50 ^b	4,52 ^b	4,59 ^a	0,251	0,02

Les indices indiquent la période en jour sur laquelle ce paramètre a été calculé. La présence de différentes lettres sur la même ligne indique une différence significative entre les régimes alimentaires (P < 0,05).

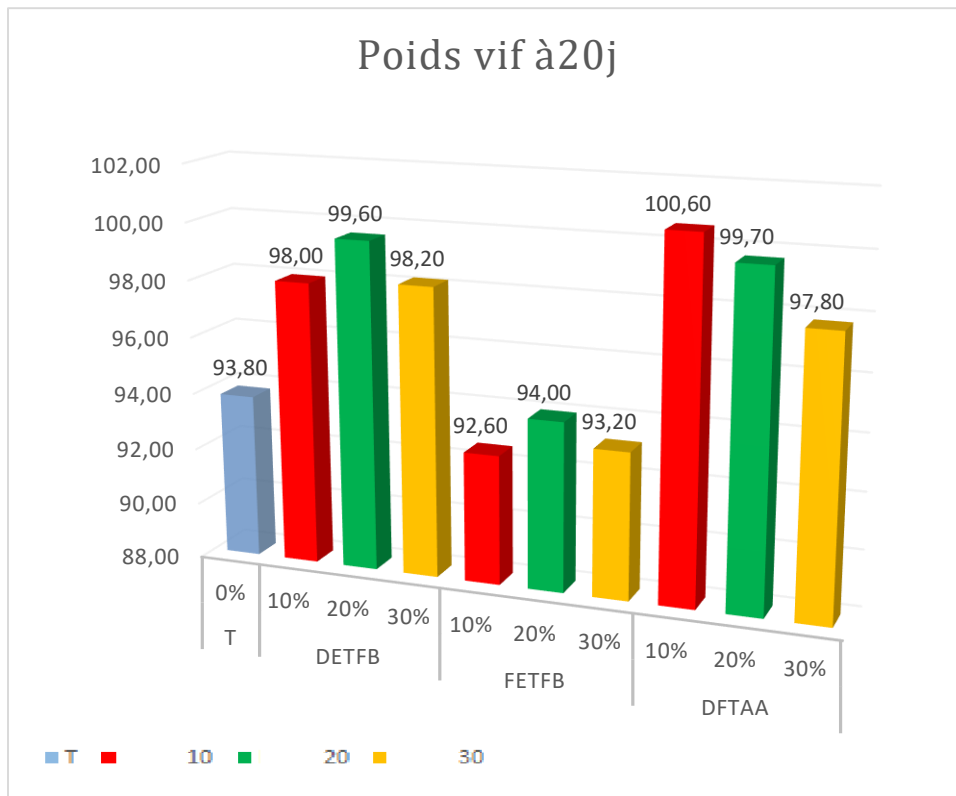


Figure 23 : Poids vifs a 21j (en g) selon les taux de substitution et phase d'élevage

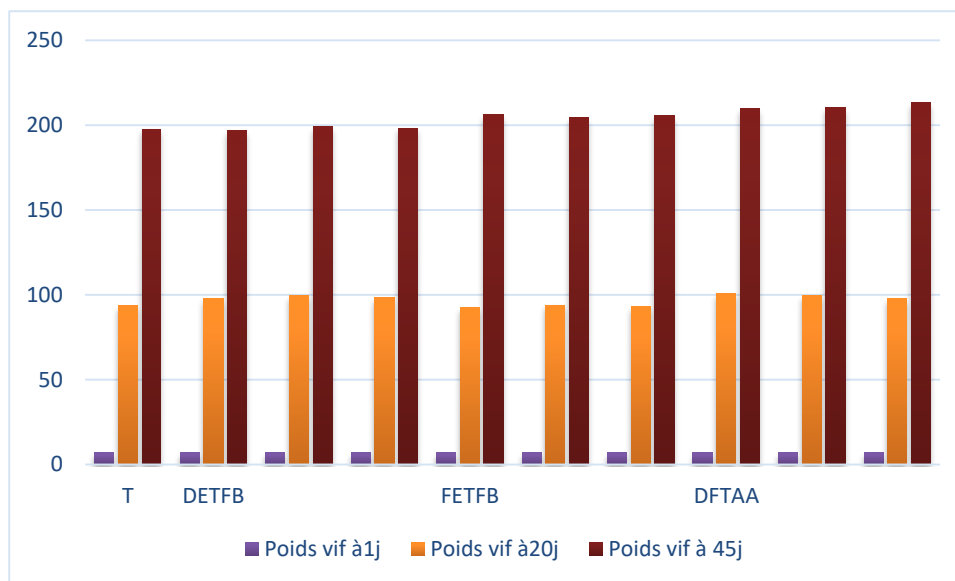


Figure 24: Poids vifs a 1j, 21j et 45j (en g) selon les taux de substituions et phase d'élevage

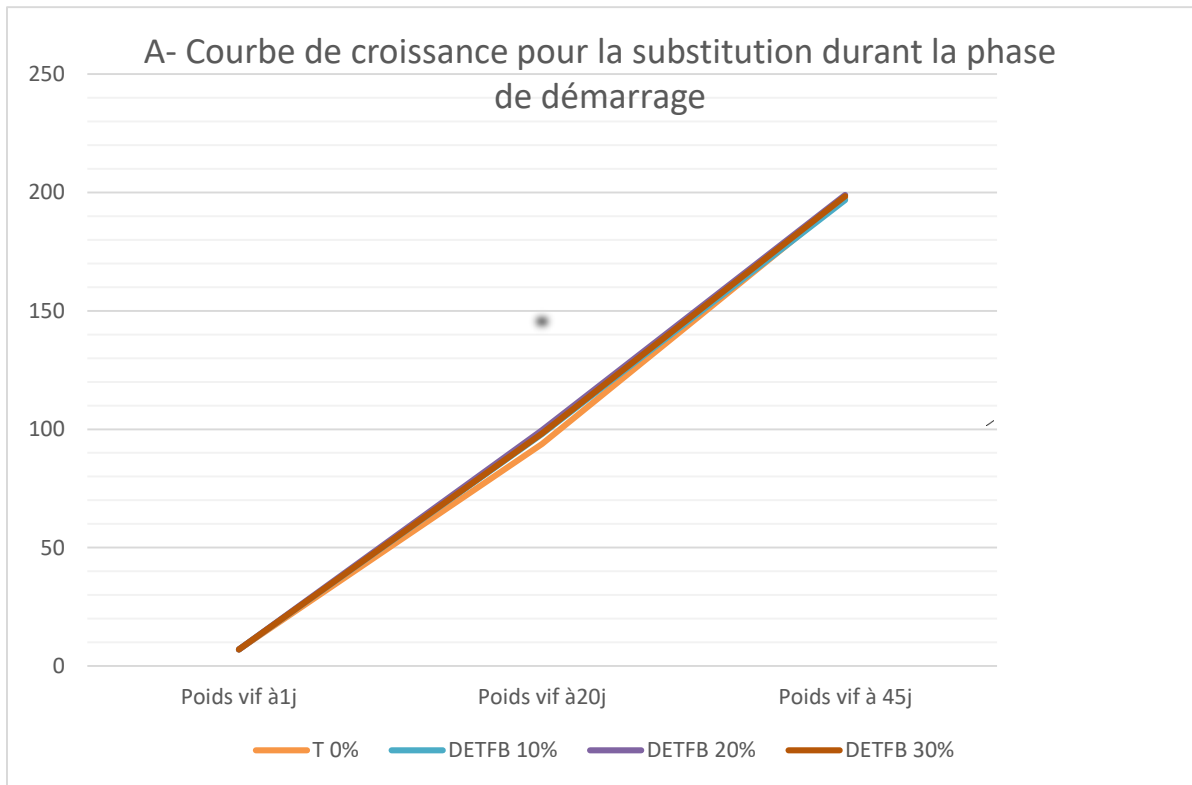


Figure 25: Courbe de croissance pour la substitution durant la phase de démarrage

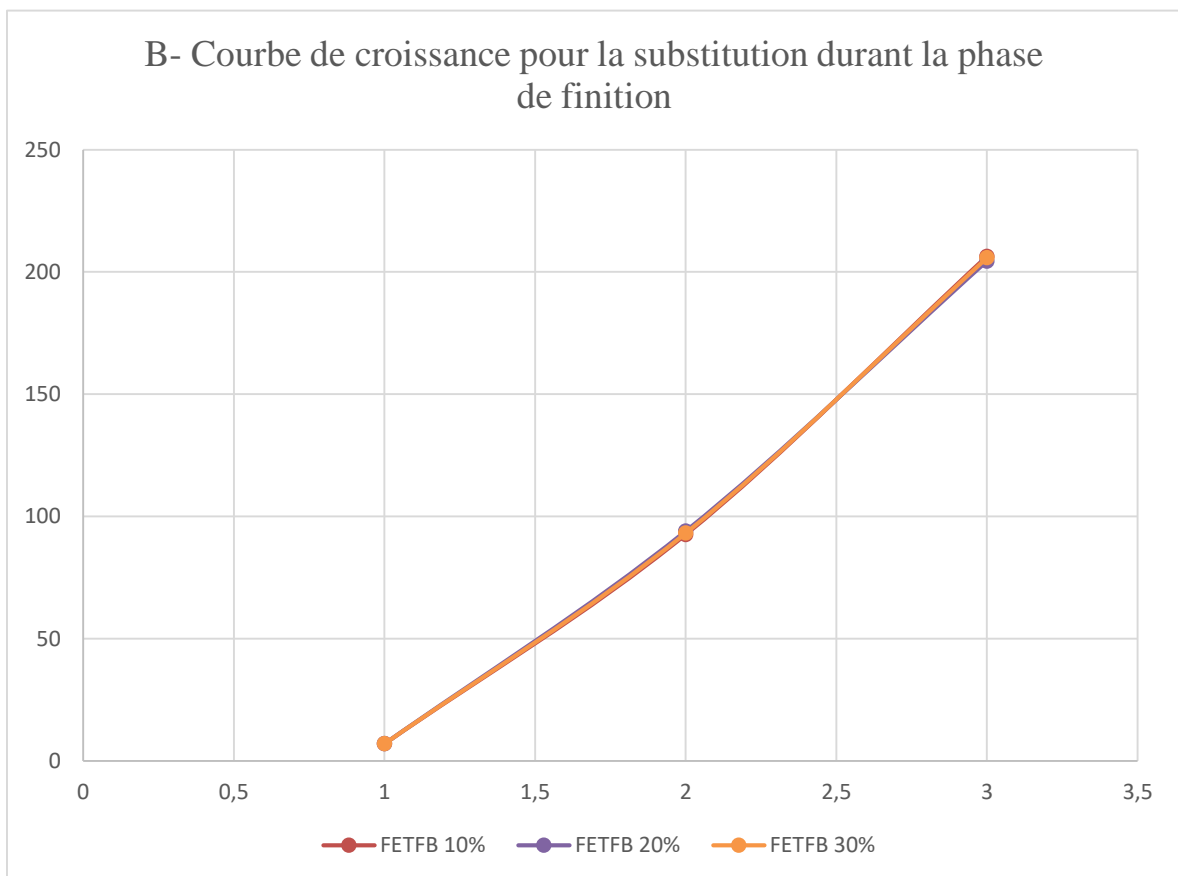


Figure 26: Courbe de croissance pour la substitution durant la phase de finition

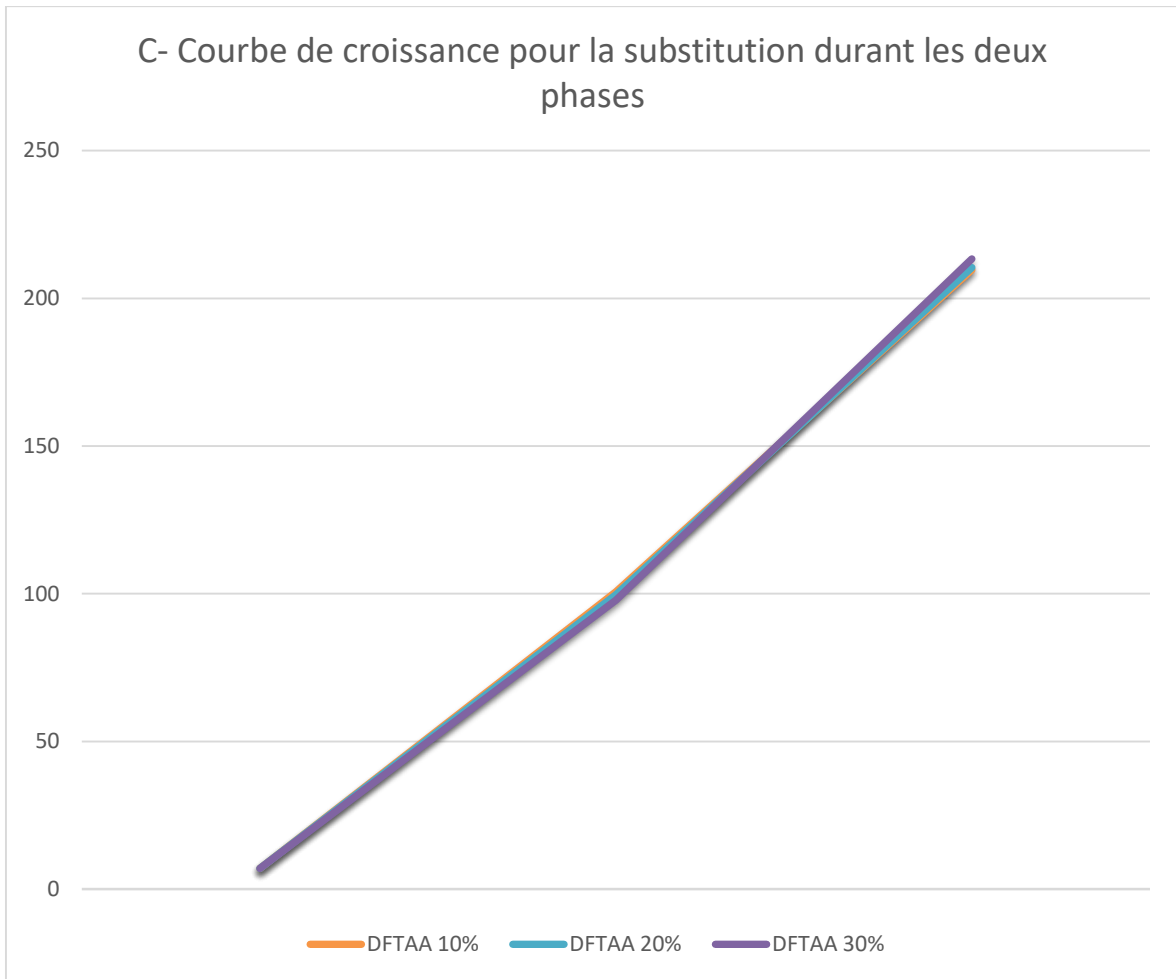


Figure 27: Courbe de croissance pour la substitution durant les deux phases

1.3. Consommation d'aliment et l'efficacité alimentaire :

Le tableau 5 présente l'effet de différents taux de substitution des sous-produits de figuier de Barbarie dans l'alimentation des cailles sur la **quantité moyenne ingérée quotidiennement (IMQ en g/sujet)** et **l'indice de consommation (IC)**. Les résultats sont enregistrés sur deux périodes (01-20 jours et 21-45 jours) ainsi que sur l'ensemble de la période d'élevage (01-45 jours).

1.3.1. Ingéré moyen quotidien (IMQ)

L'ingéré moyen quotidien est la quantité moyenne d'aliment consommée par chaque caille et par jour.

1.3.1.1. Au cours de la phase de démarrage-croissance (De 1 à 20 jours)

Les valeurs varient significativement entre les régimes ($p=0,001$). Le groupe recevant 30 % de substitution dans le régime DF_{FETFB} enregistre l'ingestion la plus élevée avec **399 g/sujet**, suivi par les groupes 10% et 20% de même groupe avec 387g et 377g respectivement, tandis que le groupe DET_F avec 10 % de substitution affiche la valeur la plus faible de la consommation (**330 g/sujet**).

1.3.1.2. Au cours de la phase de finition (De 21 à 45 jours)

La quantité d'aliment ingérée est globalement plus élevée à cette phase de croissance. Le lot 30% de groupe DF_{FETFB} a marqué l'ingéré alimentaire le plus important (**661 g/sujet**) (avec $p=0,001$), tandis que celles du régime DET_F avec 10 % consomment le moins (**503 g/sujet**). **Sur l'ensemble de la période d'élevage (1-45 jours)** La consommation alimentaire suit une évolution comparable donc, Les groupes DF_{FETFB} à 30 % et F_{FETFB} à 20-30 % ont les ingestions moyens les plus élevées, alors que les régimes DET_F affichent les ingérés moyens les plus faibles.

En conclusion, l'ajout de sous-produits de figuier de Barbarie au seuil de 30 % tend à augmenter la consommation alimentaire des caillies, notamment pour les régimes DF_{FETFB} et F_{FETFB}.

1.3.2. Indice de consommation (IC)

L'indice de consommation est un indicateur de l'efficacité alimentaire : plus il est faible, plus il est meilleur et l'utilisation des aliments est parfaite.

1.3.2.1. la phase de démarrage-croissance de 1 à 20 jours

L'indice de consommation (IC) le plus faible a été enregistré au niveau des lots témoin et F_{FETFB} (20 %) avec **3,52** suivi par **30 % ET 10%** pour le même lot avec **3,59** et **3,69** respectivement. **En fin (DF_{FETFB} 30 %)** enregistre la valeur de **4,08**. Un indice de consommation plus élevé interprété par une efficacité alimentaire moindre.

1.3.2.2. la phase de finition de 21 à 45 jours

L'indice de consommation est plus faible dans les lots témoin et DET_F a20% ET 30% avec (**2,55 ; 2,53 et 2,56 respectivement**), traduisant une meilleure efficacité alimentaire, alors que les régimes DF_{FETFB} à 30 % affichent la valeur la plus élevée (**3,10**). **Sur l'ensemble de la période d'élevage (1-45 jours)**, l'indice de consommation varie entre **4,22 et 4,63**, indiquant des différences significatives ($p=0,001$). Les lots DET_F et F_{FETFB} affichent des indices plus faibles (meilleure efficacité alimentaire), cependant le lots DF_{FETFB} à 30 % montre un indice de consommation plus élevé, exprime une conversion alimentaire médiocre.

En déduit que l'efficacité alimentaire semble légèrement réduite à des niveaux élevés de substitution, notamment avec le lot DF_{ETFB} à 30 % de substitution, Ce phénomène peut s'expliquer par une variation de la digestibilité des aliments ou une adaptation du métabolisme des cailles.

L'augmentation du taux de substitution des sous-produits du figuier de Barbarie tend à favoriser l'ingestion alimentaire, particulièrement avec le régime DF_{ETFB} à 30 %. Tandis que, cette amélioration de la consommation ne s'exprime pas nécessairement par une meilleure efficacité alimentaire, puisque l'indice de consommation augmente dans certains cas.

Tableau 19: Effets du taux de substitution sur l'ingéré moyen (IM en g/sujet) et l'indice de consommation (IC) des cailles

	T	D _{ETFB}			F _{ETFB}			DF _{ETFB}			SEM	P
	0	10	20	30	10	20	30	10	20	30		
Ingéré moyen quotidien												
01 à 20 j	330 ^c	360 ^b	377 ^b	366 ^b	342 ^c	331 ^c	335 ^c	387 ^a	378 ^a	399 ^a	1,73	0,001
21 j à 45 j	505 ^c	509 ^c	503 ^c	508 ^c	612 ^b	614 ^b	618 ^b	631 ^a	636 ^a	661 ^a	1,66	0,001
01 à 45 j	835 ^d	869 ^c	880 ^c	874 ^c	954 ^b	945 ^b	953 ^b	918 ^a	914 ^a	960 ^a	1,39	0,01
Indice de consommation												
01 à 20 j	3,52 ^e	3,67 ^d	3,78 ^c	3,72 ^{bc}	3,69 ^d	3,52 ^e	3,59 ^e	3,85 ^b	3,79 ^c	4,08 ^a	0,98	0,001
21 j à 45 j	2,55 ^c	2,59 ^c	2,53 ^c	2,56 ^c	2,96 ^b	3,00 ^b	3,00 ^b	3,00 ^b	3,02 ^b	3,10 ^a	0,64	0,001
01 à 45 j	4,22 ^e	4,41 ^c	4,42 ^c	4,40 ^c	4,62 ^a	4,62 ^a	4,63 ^a	4,38 ^c	4,34 ^d	4,50 ^b	0,47	0,001

La présence de différentes lettres sur la même ligne indique une différence significative entre les régimes alimentaires (P < 0,05).

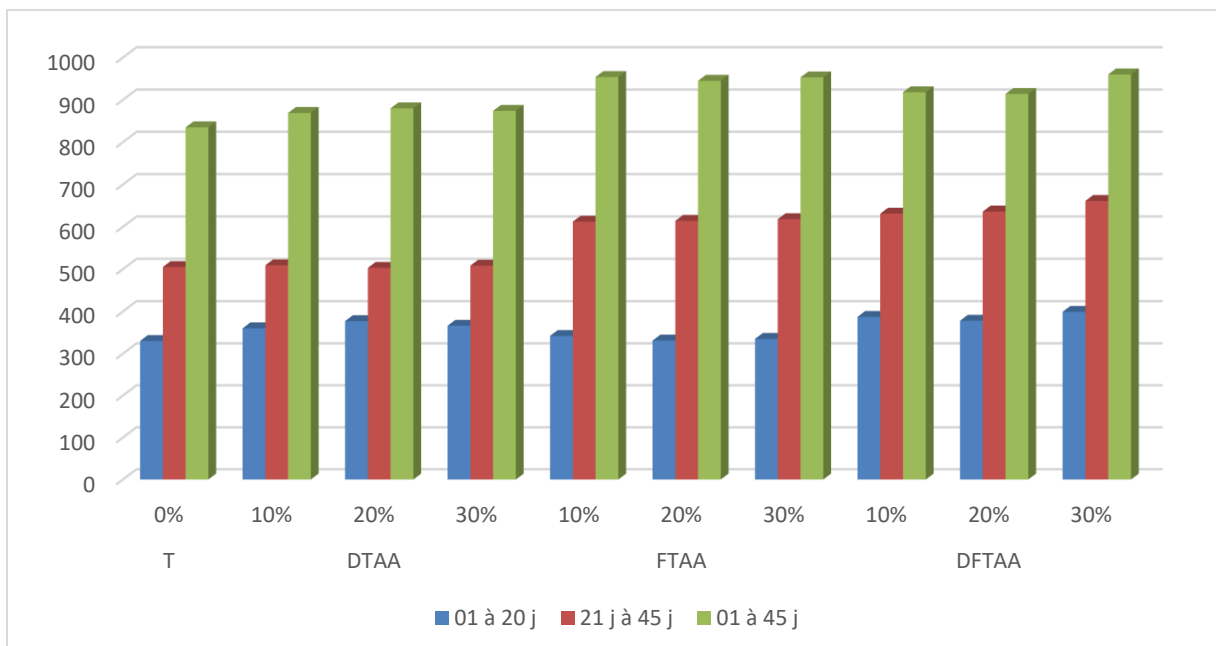


Figure 28: Evolution de la quantité ingérée moyenne selon le niveau de substitution et au cours de la période d'élevage

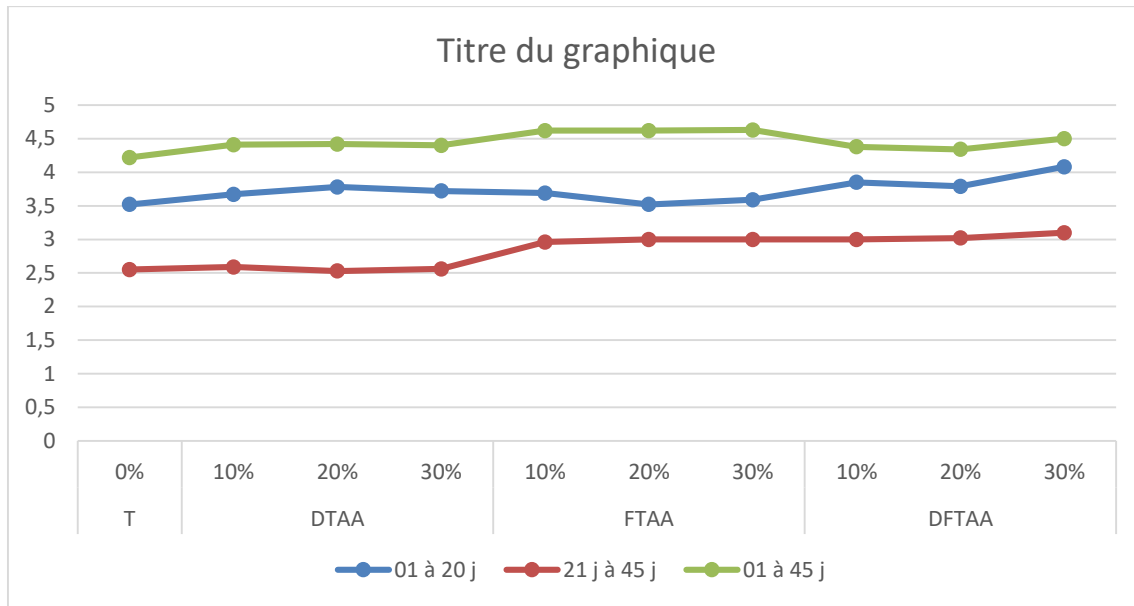


Figure 29: Evolution de l'indice de consommation selon le niveau de substitution et la phase d'élevage

1.4. Effet sur les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande

L'incorporation partielle des sous-produits de figuier de Barbarie n'a eu aucune influence significative sur les poids du foie, de la tête, des pattes et des plumes pour tous les lots de groupes. (Tableau 20).

En revanche, elle a eu une influence significative ($p < 0,05$) sur le poids de la carcasse uniquement pour les groupes F_{ETFB} et DF_{ETFB} , avec une valeur optimale pour le lot à 30 % et une valeur intermédiaire pour les lots à 10 % et 20 % dans ce dernier groupe. Tous les lots du groupe F_{ETFB} présentaient des valeurs significativement plus élevées que le groupe témoin et les lots du groupe D_{ETFB} . Lorsqu'elle est incorporée durant la phase de finition (groupe F_{ETFB}) et pendant toutes les phases d'élevage (groupe DF_{ETFB}), il y avait une similitude significative ($p > 0,05$) des valeurs de rendement de la carcasse entre les lots, sauf pour le lot à 30 % du groupe DF_{ETFB} , qui affichait une mesure optimale (+ 2 points) par rapport aux autres lots des groupes F_{ETFB} et DF_{ETFB} .

Le poids du gésier et le rapport (PG/PV) ont été significativement influencés par la substitution partielle de maïs et de tourteau de soja uniquement pour les groupes F_{ETFB} et DF_{ETFB} . En revanche, il n'y avait aucune influence significative lorsque la substitution partielle était réalisée pendant la phase de démarrage-croissance (groupe D_{ETFB}). Dans les formules alimentaires expérimentales, le taux de substitution a entraîné une teneur en cellulose brute plus élevée (entre 9 % et 18 %), ce qui a conduit à un développement significativement plus important du gésier, en particulier lorsque les tourteaux de figuier de Barbarie ont été incorporés

durant la phase de finition dans le groupe F_{ETFB} et tout au long de la période d'élevage dans le groupe DF_{ETFB}.

Le pH 24 heures après l'abattage était significativement similaire entre le groupe témoin et le groupe D_{ETFB}, mais significativement plus élevé lorsque la substitution a été réalisée pendant la phase de finition (F_{ETFB} et tout au long de la période d'élevage (DF_{ETFB}). La teneur en eau était significativement plus faible dans la chair des cailles nourries avec les sous-produits de figuier de Barbarie tout au long de la période d'élevage (groupe DF_{ETFB}). Lorsque la substitution a été effectuée pendant la phase de démarrage-croissance, la teneur en eau de la viande est restée significativement similaire ($p > 0,05$) à celle du groupe témoin. En revanche, lorsque les sous-produits ont été distribués pendant la phase de finition, la teneur en eau a pris des valeurs significativement plus faibles ($p < 0,05$) que le groupe témoin et les groupes D_{ETFB}. Elle est restée inférieure aux résultats obtenus par les lots du groupe DF_{ETFB}.

Les teneurs en minéraux et en matières grasses suivent la même tendance que la teneur en eau entre les lots des groupes expérimentaux et le groupe témoin. La teneur en protéines de la viande du lot à 30 % du groupe F_{ETFB} est significativement plus élevée que celle des autres lots du groupe témoin et du groupe D_{ETFB}. Les lots du groupe DF_{ETFB} ont montré des résultats significativement similaires à la teneur en protéines de la viande du lot à 30 % du groupe F_{ETFB}, avec des valeurs optimales comparées à tous les lots des autres groupes.

Tableau 20: Effets du taux de substitution sur les caractéristiques des carcasses et la qualité de la viande des cailles

	T	D _{ETFB}			F _{ETFB}			DF _{ETFB}			SEM	P
		10	20	30	10	20	30	10	20	30		
Caractéristiques des carcasses												
Poids vif (pv) (g)	198 ^c	197 ^c	199 ^c	198 ^c	206 ^b	204 ^b	206 ^b	210 ^{ab}	210 ^{ab}	213 ^a	5,573	0,02
Poids carcasse (g)	127 ^c	126 ^c	129 ^c	128 ^c	143 ^b	144 ^b	146 ^b	148 ^{ab}	149 ^{ab}	154 ^a	7,56	0,01
Rendement carcasse	64,1 ^c	64 ^c	65 ^c	65 ^c	69 ^b	70,5 ^b	70,8 ^b	70,5 ^b	70,9 ^b	72,3 ^a	1,44	0,02
Poids Foie(g)	5,82	5,75	6,36	6,22	5,66	6,12	5,71	6,04	5,15	5,78	1,76	0,92
Ratio poids foie/pv	2,9	2,9	3,2	2,8	2,7	3	2,8	2,9	2,4	2,7	0,132	0,73
Poids Gésier (g)	2,78 ^d	2,56 ^d	2,78 ^d	2,57 ^d	3,87 ^c	3,64 ^c	3,78 ^c	4,62 ^b	4,34 ^b	5,65 ^a	0,366	0,02
Ratio poids gésier/pv	1,4 ^d	1,3 ^d	1,4 ^d	1,3 ^d	1,9 ^c	1,8 ^c	1,8 ^c	2,2 ^b	2,1 ^b	2,6 ^a	0,286	0,03
Poids têtes (g)	8,55	8,98	8,8	8,74	8,4	8,36	8,37	8,77	8,8	8,54	0,798	0,32
Ratio poids têtes/pv	4,3	4,5	4,4	4,4	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4	0,72	0,43
Poids pattes (g)	4,48	4,51	4,76	4,67	4,84	4,69	4,46	4,66	4,76	4,79	0,329	0,73
Ratio poids pattes/pv	2,3	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,3	2,2	0,287	0,56
Poids plumes (g)	14,2	14,6	14,8	14,5	14,2	14,7	14,9	14,6	14,8	14,1	0,564	0,75
Ratio poids plumes/pv	7,2	7,4	7,4	7,3	6,9	7,2	7,2	6,9	7	6,6	0,623	0,45

La présence de différentes lettres sur la même ligne indique une différence significative entre les régimes alimentaires ($P < 0,05$).

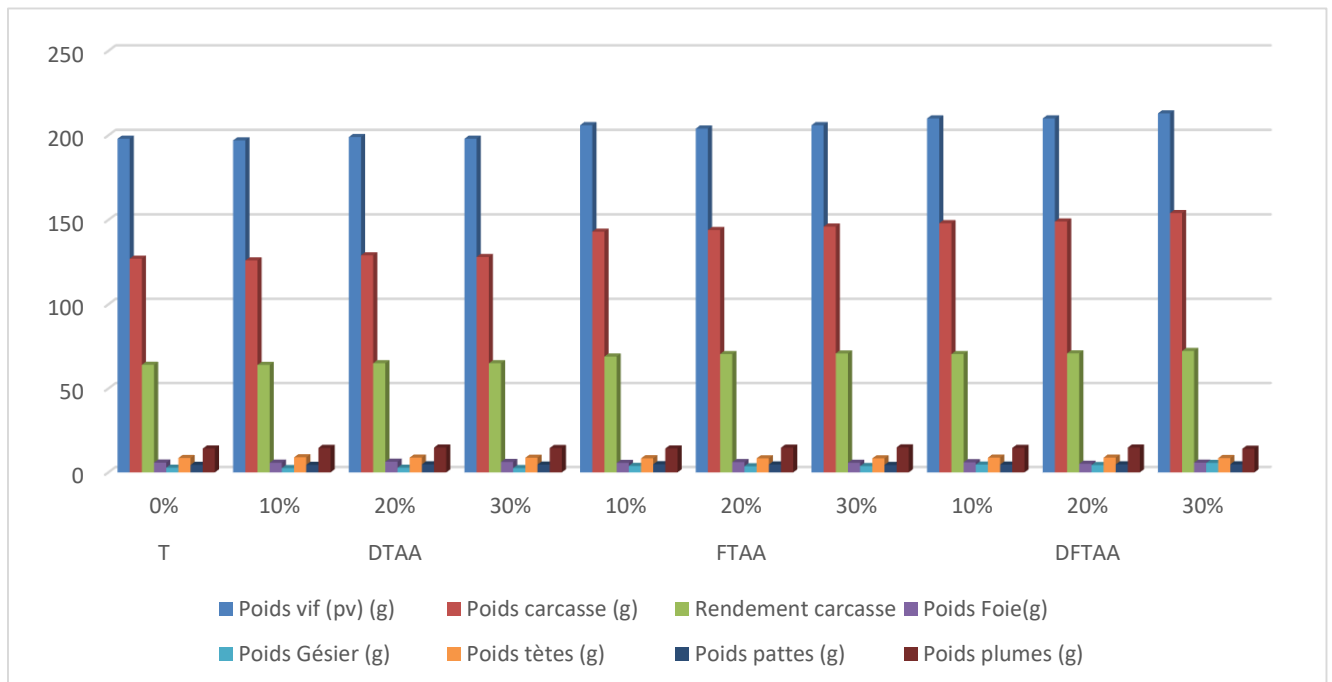


Figure 30: Les caractéristiques d'abattages en fonction de taux de substitution et phase d'élevage

Tableau 21: La qualité de la viande

	T	D _{ETFB}			F _{ETFB}			DF _{ETFB}			SEM	P
	0%	10%	20%	30%	10%	20%	30%	10%	20%	30%		
pH 24h Post Mortem	5,92 ^b	5,96 ^b	6,01 ^b	5,98 ^b	6,04 ^a	6,07 ^a	6,05 ^a	6,08 ^a	6,06 ^a	6,08 ^a	0,046	0,01
Eau	75,1 ^a	75,1 ^a	74,8 ^a	75,6 ^a	71,3 ^b	71,0 ^b	71,9 ^b	70,0 ^c	70,2 ^c	70,0 ^c	0,015	0,001
Matières minérales	1,32 ^a	1,36 ^a	1,38 ^a	1,37 ^a	1,28 ^b	1,25 ^b	1,21 ^b	1,00 ^c	1,05 ^c	1,08 ^c	0,301	0,01
Protéines	25,0 ^b	24,1 ^b	25,6 ^b	27,8 ^b	27,6 ^b	27,4 ^b	30,1 ^a	29,9 ^a	30,2 ^a	30,6 ^a	1,43	0,02
Matières grasses	4,61 ^a	4,47 ^a	4,45 ^a	4,89 ^a	3,32 ^b	3,87 ^b	3,53 ^b	2,24 ^c	2,25 ^c	2,26 ^c	0,065	0,001

La présence de différentes lettres sur la même ligne indique une différence significative entre les régimes alimentaires ($P < 0,05$).

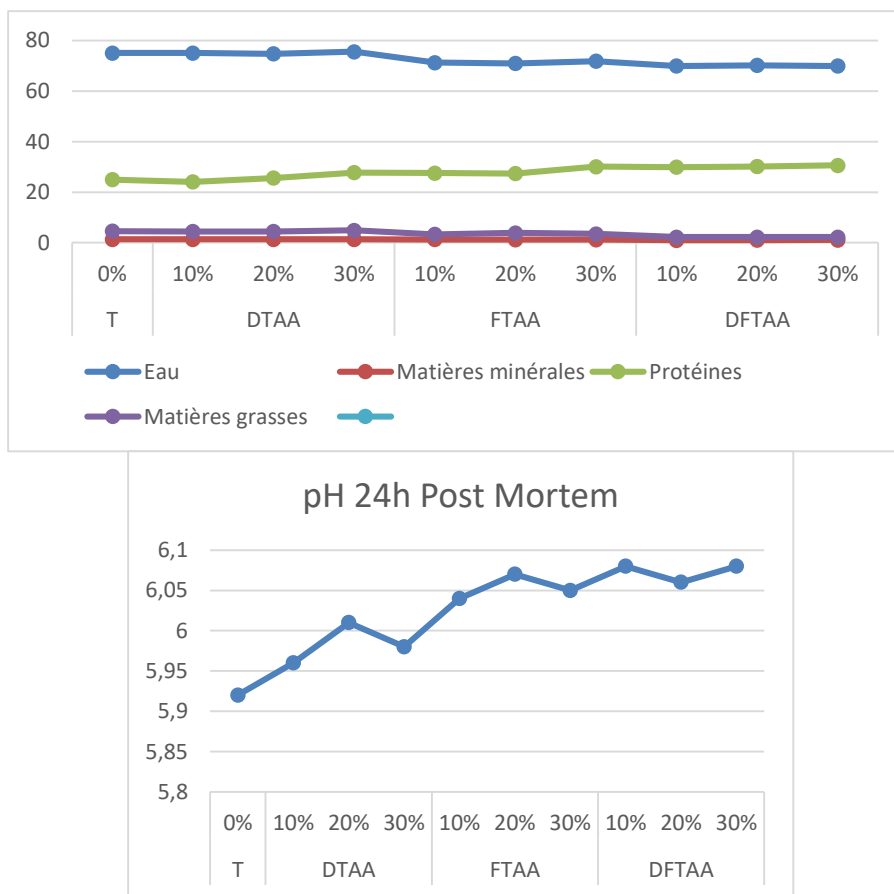


Figure 31: La qualité de la viande des cailles en fonction du taux de substitution et la phase d'incorporation

II. Discussion

1. Les performances zootechniques

Pendant toute la durée de l'expérience, aucune mortalité n'a été constatée, quelle que soit la phase et le taux d'introduction des sous-produits de figuier de barbarie dans l'alimentation des cailles. Ces résultats sont en accord avec ceux **d'Arbouche et al. (2024)**, qui n'ont également observé aucun cas de mortalité au cours des 45 jours de suivi de l'élevage des cailles.

Grâce au respect rigoureux des normes d'hygiène et à la mise en œuvre d'un programme prophylactique adapté, ainsi qu'à des conditions climatiques favorables, le nombre de pertes a été réduit par rapport aux résultats observés dans l'étude de **Ouaffai et al. (2018)**. Les résultats obtenus dans cette étude pourraient s'expliquer par une gestion efficace des conditions d'ambiance tout au long de l'expérience **Lagouati, (2020)** ;

À ce sujet, **Dalkilic et al. (2015)** ont rapporté un taux de mortalité élevé chez la caille (7,1 % entre 7 et 42 jours), attribué à un conditionnement thermique à court terme appliqué à un âge précoce, durant les périodes pré et post-éclosion. Cependant, l'étude de **Vitorino Carvalho et al. (2023)** a mis en évidence qu'une augmentation de 1,7 °C de la température d'incubation des œufs de caille japonaise permet de réduire significativement la mortalité liée aux coups de chaleur chez les jeunes cailles.

Même si la caille est une espèce aviaire naturellement résistante aux maladies, l'absence de mortalité observée dans notre étude pourrait s'expliquer par l'ajout de sous-produits de figuier de Barbarie dans leur alimentation. Ces derniers, grâce à leurs richesses en antioxydants, fibres, vitamines et composés bioactifs leur confère des propriétés intéressantes pour la prévention et le traitement de diverses affections.

L'incorporation des enveloppes et les tourteaux de graines de la figue de barbarie (SPFB) pendant toutes les phases d'élevage dans l'alimentation des cailles a conduit à une augmentation du poids vif et l'augmentation de GMQ pour les groupes F_{ETFB} et DF_{EFT} , cette amélioration peut être attribuée au fait que le figuier de barbarie est acceptable et a un goût agréable ainsi réputé par sa richesse en substance sucrées (**Feugang et al., 2006 ; Bouzoubaâ et al., 2016 et Nefzaoui, 2017**), ainsi **Bakr, (2019)** a expliqué l'augmentation du gain de poids vif chez les lapins nourris avec des régimes d'enveloppe de FB par les effets associatifs des glucides hautement solubles contenus dans le cactus. En outre, **Badr et al , (2019)** a indiqué que l'inclusion des enveloppes de la figue de barbarie dans les régimes commerciaux des poussins mâles Cobb n'a pas d'effet négatif sur l'appétence du régime ou sur les facteurs antinutritionnels (inhibiteur de la trypsine).

Nos résultats sont en accord avec les résultats trouvés par **Belghiti et al, (2021)** qui ont noté que l'incorporation de 10% de fruits de figue barbarie secs broyés chez les poulets de chair ROSS 208 a amélioré PV et le GMQ . **Cherif et al, (2022)** ont montré des résultats similaire pour un taux de substitution 10% et 20% due à la substitution du maïs et de tourteau de soja par les sous-produits de la figue de barbarie chez les poulets de chair et ils sont en contradiction avec nos résultats pour un taux de substitution de 30% . D'autre part **El-Neney et al , (2019)** ont déjà enregistré qu'une incorporation de 20 % et 30 % d'enveloppes du figue de barbarie chez les lapins entraînait une augmentation significative du poids vif. Les résultats obtenus par incorporation des sous-produits de la figue de barbarie sont mieux que les résultats d'utilisation des farines des écorces de patate douce car le taux optimum de substitution est de 20%, alors que pour nos résultats le taux est de 30% (**Agbai et al, 2024**)

Bien que ces résultats ne soient pas d'accord avec ceux de **Moula et al, (2019)** qui ont signalé qu'une incorporation de 5% et 10% de cladodes de FB dans l'alimentation des poulets de chair, n'a aucun effet significatif sur le poids vif et le GMQ. Cependant, **Hassan et al (2019)** ont rapporté que les poids vifs et GMQ ont été amélioré avec une ration contenant 50% d'enveloppes de FB chez les lapins. Néanmoins **Pascoal et al (2020)**) n'ont révélé aucun effet significatif sur les PV et GMQ des lapins males de la race rouge néo-zélandaise ont été alimentés avec l'inclusion de différents niveaux de la farine de cactus fourrager (10%, 20% et 30%). Les études de **Grechkivsky (2021)** a signalé qu'une augmentation de taux de la lysine entraine une augmentation de PV.

(**Araba et al, 2009**) ont trouvé que les performances zootechniques obtenus sur des caprins en croissance reçu 1kg de mélange séché à base de fruits de cactus pendant un mois « un gain de 100g/sujet /jour ». En engraissement moutons, **Islam et al. (2017) et Aware et al. (2017)** ont déclaré que l'ajout de figue de barbarie dans l'alimentation des ovins et des caprins à un effet favorable sur le gain de poids corporel. Cependant **Costa, (2011)** a signalé que le remplacement de maïs par des niveaux croissants (0, 25, 50, 75, 100% de matière sèche) du figuier de Barbarie chez de moutons d'engraissement Santa Inês nourris a diminué le gain de poids quotidien et l'efficacité alimentaire linéairement avec l'augmentation des niveaux d'incorporation.

Pendant toute la durée d'élevage, la substitution des tourteaux de soja et de maïs par les sous-produits des figues de Barbarie a respectivement eu un effet significatif positif sur la consommation quotidienne moyenne et la conversion alimentaire des cailles pour tous les lots 10 %, 20% et 30 %, cette amélioration peut être attribuée au fait que le figuier de barbarie est

acceptable et a un gout agréable ainsi réputé par sa richesse en substance sucrées (**Feugang et al., 2006 ; Bouzoubaâ et al., 2016 et Nefzaoui, 2017**) . Le niveau élevé de fibres peut induire une mauvaise digestibilité des régimes associée à un IC plus élevé et à une plus faible efficacité d'utilisation des aliments (**Ragab, 2012**).

Nos résultats sont semblables avec ceux obtenus par **Cherif et al, (2022)** avec les même sous-produit chez les poulets de chair avec un taux 10% et 20%. Contrairement à **Badr et al,(2019)** qui ont trouvé chez des poulets Cobb nourris avec des rations contenant 5%, 10% et 15% d'enveloppes de FB, en moyenne des apports quotidiens et des indices de consommation plus faibles que pour le témoin. Comme chez les lapins, **El-Neney et al, (2019 et Zeedan et al, (2015)** ont rapporté que pour l'incorporation des enveloppes de FB et l'incorporation de cladodes de FB, à des niveaux de 10 %, 20 % et 30 %, avaient le meilleur IC respectivement. Cependant, **Pascoal et al (2020)** ont signalé qu'il n'a pas eu d'effet significatif sur ces deux paramètres chez les lapins mâles de la race rouge néo-zélandaise, avec l'inclusion de différents niveaux de farine de cactus fourrager (10%, 20% et 30%). Néanmoins, **Amer et al., (2020)** ont signalé que les deux paramètres étaient améliorés avec un régime contenant 50 % de coques de figue de barbarie chez les lapins.

2. Les paramètres d'abattage

L'incorporation de enveloppes et de tourteaux de figue de barbarie comme substitut du maïs et du soja dans l'alimentation des cailles pendant la phase de finition (F_{ETFB}) et les deux phases d'élevage (DF_{ETFB}) a entraîné une augmentation du poids et du rendement de carcasses, et des gésiers mais n'a pas d'effet significatif sur les autres paramètres d'abattage, Il y 'avait des différences importantes concernant le poids du gésier avec un maximum pour le lot DF_{ETFB} à 30% (+2.87g) par rapport au témoin « le double ». **Svihus, (2011)** a démontré que la fourniture d'un régime avec des écorces augmentait le développement du gésier. **Sabo et al, (2020)** ont noté que la substitution du maïs par le millet perlé n'affecte pas le poids de gésier et du foie.

Bien que ces résultats ne soient pas en accord avec ceux rapportés par **Ragab (2007)** chez les cailles, **Ragab, (2012)** chez les poussins mâles de ligne 36 avec l'incorporation d'enveloppes FB et **Pascoal et al, (2020)** chez les lapins males de la race rouge néo-zélandaise de l'incorporation de farine de cactus fourrager (10%, 20% et 30%) n'ont observés aucun effet significatif sur les paramètres d'abattage. Cependant, **Badr et al, (2019)** ont constaté qu'à un taux d'incorporation de 5%, 10% et 15%, il a eu une influence significative sur le poids des carcasses et des abats chez les poulets cobb. Ainsi, **Abu Shammalah, (2007)** a constaté que

l'utilisation d'enveloppes FB dans les rations des lapins influençait sur les caractéristiques des carcasses.

La teneur en protéines brutes de la viande a augmentée tandis que la teneur en matières grasses a diminuée proportionnellement avec les niveaux d'incorporation des enveloppes BF. Nos résultats sont en accord avec celles de **Jakubowska et Karamucki (2020) ; Benali et al (2024)**.

Abu Shammalah, (2007) a signalé que l'incorporation des enveloppes de figue de barbarie réduit le pourcentage de graisse abdominale et amélioré le poids de la carcasse chez le lapin. Nos résultats sont en accord avec les résultats rapportés par **El-Neney et al (2019 et Zeedan et al (2015)**. **Tsega et al. (2016)** ont souligné que les poussins de chair qui consommaient divers repas de fruits de figue de barbarie avaient une meilleure qualité de carcasse, déterminée en termes de cuisse, de pilon et de muscle de la poitrine chez les poulets de chair. Cependant **Ragab (2007 et 2012)** ont souligné que le niveau alimentaire de la figue de barbarie a modifié de manière non significative, la composition chimique de la viande.

Conclusion

Conclusion

Dans un contexte où l'élevage avicole est fortement dépendant de matières premières importées telles que le maïs et le tourteau de soja, souvent coûteuses et sujettes à des fluctuations de disponibilité, cette étude s'est attachée à proposer une alternative locale, durable et accessible. Elle a exploré l'intégration de sous-produits issus du figuier de Barbarie — une plante abondante dans les zones arides et semi-arides — dans l'alimentation des cailles, avec pour objectif de réduire les coûts de production sans compromettre les performances zootechniques ni la qualité de la viande.

Les résultats montrent que la substitution partielle de l'alimentation conventionnelle par les enveloppes et les tourteaux de graines de figue de Barbarie, notamment dans les groupes F_{ETFB} et DF_{ETFB} à des taux de 20 % et 30 %, présente plusieurs avantages. On observe une amélioration notable de l'ingestion alimentaire, en particulier avec le régime DF_{ETFB} à 30 %, ce qui indique une bonne appétence. Toutefois, cette augmentation de la consommation n'est pas toujours accompagnée d'une amélioration de l'indice de conversion alimentaire, ce qui invite à approfondir la formulation des régimes pour optimiser l'efficacité nutritionnelle.

Sur le plan morphologique, les poids de la tête, du foie, des pattes et des plumes ne sont pas significativement affectés, ce qui montre une bonne tolérance physiologique. En revanche, le poids du gésier est influencé par la nature du régime, tout comme le rendement de carcasse, qui s'améliore chez les groupes recevant les sous-produits. La qualité physicochimique de la viande varie selon le moment d'introduction des sous-produits dans l'alimentation : la teneur en 'eau, matière minérale et la matière grasse' diminue lorsque ceux-ci sont ajoutés uniquement en phase de finition (F_{ETFB}) ou au cours de toute la phase d'élevage (DF_{ETFB}), tandis qu'elle reste plus élevée avec une introduction au début (D_{ETFB}), ce qui peut influencer la conservation et la tendreté de la viande.

Ces résultats ouvrent de réelles perspectives. Ils soulignent l'intérêt d'approfondir la recherche sur les mécanismes de digestion, la valorisation énergétique réelle des sous-produits et leur effet sur la physiologie digestive des oiseaux. Il serait également pertinent d'étendre cette démarche à d'autres espèces avicoles ou à d'autres stades de production. De plus, une étude plus fine de l'impact sur la santé intestinale, le microbiote, ou encore le système

immunitaire permettrait de mieux comprendre les effets à moyen et long terme de cette alimentation alternative.

Dans une vision plus large, cette étude plaide pour une valorisation des ressources locales disponibles dans nos terroirs. Elle rappelle que des solutions innovantes et durables existent pour pallier les défis liés à la dépendance aux importations, à condition de renforcer la recherche appliquée et les collaborations entre chercheurs, éleveurs, transformateurs et décideurs. Pour ce faire, il est recommandé de développer une filière structurée autour des sous-produits du figuier de Barbarie, incluant des étapes de collecte, de transformation et de stockage, tout en assurant leur qualité sanitaire et nutritionnelle. Des actions de sensibilisation, de formation et de soutien technique aux éleveurs peuvent également contribuer à une adoption progressive de ces pratiques.

En définitive, cette approche s'inscrit dans une logique d'économie circulaire et de souveraineté alimentaire, alliant performance productive, rentabilité économique et préservation de l'environnement. Elle met en lumière le potentiel énorme que représentent les plantes locales comme le figuier de Barbarie, non seulement pour améliorer l'autonomie des éleveurs, mais aussi pour construire des systèmes d'élevage plus résilients, équitables et respectueux des équilibres écologiques. C'est une démarche qui mérite d'être poursuivie, consolidée et élargie dans un esprit de durabilité et d'innovation responsable.

Références Bibliographiques

-A-

- ✚ Abdel-Hameed, E.-S. S., Nagaty, M. A., Salman, M. S., & Bazaid, S. A. (2014). Phytochemicals, nutritionals and antioxidant properties of two prickly pear cactus cultivars (*Opuntia ficus indica* Mill.) growing in Taif, KSA. *Food Chemistry*, 160(0), 31-38.
- ✚ Abidi, S., Ben Salem, H., Martín García, A.I. & Molina Alcaide, E. 2009b. Ruminant fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 149: 333–340.
- ✚ Abu Shammalah K.N. Evaluation of Cactus (*Opuntia* Sp.) as Forage Source for Growing Rabbits in the Gaza Strip. M.Sc. Thesis, the Islamic University of Gaza, Faculty of Biological Science. Palestine. 2007
- ✚ Adli B.A., Boutekrabi M., Touati T., Bakria A., Touati E and Bezini. 2017. Phenotypic diversity of *Opuntia ficus indica* (L.) MILL. in the Algerian steppe. *South African Journal of Botany*. 109 : 66–74
- ✚ Agbai, K. N. ., Omege, J. . J. ., & Bawa, G. S. . (2024). RESPONSE OF JAPANESE QUAILS (*COTURNIX COTURNIX JAPONICA*) FED DIETS CONTAINING VARYING LEVELS OF SWEET POTATO PEEL (*IPOMOEA BATATAS*) MEAL. *Nigerian Journal of Animal Production*, 15–18. <https://doi.org/10.51791/njap.vi.7178>
- ✚ Agence Ecofin. 2015.L'Algérie s'enorgueillit de sa première usine de transformation De figue de barbarie (available at <http://www.agencecofin.com/fruits/0510-32871-l-algerie-senorgueillit-de-sa-premiere-usine-de-transformation-de-figue-de-barbarie>
- ✚ Alimi H., Bouoni Z., Feriani A., Hfaeidh N., Sakly M., Ben Rhouma K., 2013. Preliminary characterization, antioxidant activities and ulcer curative effect of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* roots polysaccharides in rats. *Journal of Biomedical and Pharmaceutical Research*. Pp42-51
- ✚ Allegra, M., Furtmüller, P.G., Jantschko, W., Zederbauer, M., Tesoriere, L., Livrea, M.A. & Obinger, C. 2005. Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 332: 837–844
- ✚ Allegra, M., Ianaro, A., Tersigni, M., Panza, E., Tesoriere, L. & Livrea, M.A. 2014. Indicaxanthin from cactus pear fruit exerts anti-inflammatory effects in carrageenin-induced rat pleurisy. *J. Nutr.*, 144: 185–192
- ✚ Al-Mushhin, Amina A. M .2022. Evaluation of Nutritional, Physico-Chemical and Function Properties of Cactus Pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Pulp and Cladode: A Comparative Study. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, Volume 16, Number 1, February 2022, pp. 97-103(7); <https://doi.org/10.1166/jbmb.2022.2153>
- ✚ Amer, F., Mobaraz S., Basyony M, Mahrose K, El-Medany S. Effect of using a prickly pear and its by-products as alternative feed resources on the performance of growing rabbit. *Egyptian Journal of Rabbit Sciences*. 2019 ;29 (1) :99-124. <https://doi.org/10.21608/ejrs.2019.45677>
- ✚ Anaya-Perez MA. 2001 History of the use of *Opuntia* as forage in Mexico. In : Mondragon- Jacobo and S. Perez-Gonzalez (Eds), *Cactus (Opuntia spp) as forage*. FAO plant production and protection., p.169.

- ✚ Angulo-Bejarano P.I., Martínez-Cruz O., and Paredes-López O. 2014. Phytochemical Content, Nutraceutical Potential and Biotechnological Applications of an Ancient Mexican Plant: Nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition & Food Science*. 10: 196-217 .
- ✚ Anwar, M.M. and Sallam, E.M. (2016). Utilization of Prickly Pear Peels to Improve Quality of Pan Bread . *Arab Journal of Nuclear Science and Applications*, 94 (2), (151-163)
- ✚ AOAC,(1990). Official Method of Analysis, 15th edition. Association of Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA
- ✚ Araba A., Elaich A .,Sarti B .,Belbahri L ., Boubkraoui A ., Ait Hammou A ., Zemmouri A et Sbaa H. 2000. Valorisation de figuier de Barbarie en élevage. *Transfert de Technologie en Agriculture*, 68, 1-4.
- ✚ Arancibia, R. A., Hsu, H. T., & Latorre, B. A. (1998). Occurrence and transmission of a mosaic virus on cactus pear in Chile. *Plant Disease*, 82(11), 1284. DOI: 10.1094/PDIS.1998.82.11.1284C.
- ✚ Arba M., 2009. Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc Rabat. Maroc. Pp14-16.
- ✚ Arba, M. 2009. Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. *Culture, Itinéraire Technique et Productivité*, 4, 215-223.
- ✚ Arba, M., et al., Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Bull. Mens. Inf. et de Liaison du PNTTA*, 2000. 68: p. 1-4.
- ✚ Arbouche Y, Mennani A, Ouzzir L, Arbouche R, Arbouche F.,2021. Agro-industrial byproducts in rabbit food: Case of the complex of detoxified apricot kernel cake and dehydrated tomato pulp, *Veterinary World*, 14(3): 744-750. www.doi.org/10.14202/vetworld.2021.744-750
- ✚ Arbouche Y, arbouche R, arbouche F. 2024 . Prickly pear (*Opuntia ficus-indica*)dehydrated envelopes and seed cakes in *Coturnix coturnix* feed: effects on growth performance, carcass characteristics, meat quality and blood biochemical profiles. *Tropical Animal Health and Production* 56(8). DOI:10.1007/s11250-024-04198-2.
- ✚ arginine and lysine *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (5), 127-132. doi: 10.15421/2020_217.
- ✚ Artese H., 1986. L'élevage de la caille domestique. Edité par Editions Artese Hugues, ISBN 10 : 2905619015ISBN 13 : 9782905619013.48pp.
- ✚ AYELE A, (2010). Chromosome Study of Local Farmer's Varieties of *Opuntia ficusindica* (L.) Mill. Cactaceae from Tigaray, Northern Ethiopia. Master of Science in Biology. ADDI ABABA University. Departement of Biologie.1-68p.
- ✚ Ayoub, S. M., Fawzi, N. E., & El-Morsi, A. M. (2016). Anthracnose of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2), 391-394.

-B-

- ✚ Badr S.E.A, Fattah M.S.A, Elsaid A.S. Productive performance and meat quality of commercial Cobb chicken fed diets containing different levels of prickly pear fruits

- (Opuntia ficus-indica) peel. Bull Natl Res Cent 2019 .43, 195 .
<https://doi.org/10.1186/s42269-019-0239-y>
- ✚ Baer J, Lansford R. et Cheng, K. 2015 . Japanese quail as a laboratory animal model chapter 22 In Laboratory animal medicine third edition.1087-1092.
 - ✚ Bakr M.A, El-Boghdady A.M, Hamdy A, Shabba H.M. Some Physiological and Productive Response for Rabbit's Dosage by Extracted Peel Prickly Pear. The 4th Youth Researcher's Conference for Veterinary and Agricultural Science's Sector South Valley University. 2017.
 - ✚ Bara Y., Arbouche R., Arbouche Y., Monteigne E., Baa A., Arbouche F. Date Scraps and Rumen Content Extract in Broiler Feed: Effects on Growth Performances, Carcass Yields, Meat Quality and Economic Efficiency" Advanced Research in Life Sciences, 2021 5(1):55- 63. <https://doi.org/10.2478/arls-2021-0030>
 - ✚ Barbera G, Carimi F, Inglese P. 1992,. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, Opuntia ficus-indica (L.) Miller. J. Hortic. Sci., 3: 307-312.
 - ✚ Barbera, G., Inglese, P. & Pimienta- Barrios, E. (1995), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, pp. 137–143. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. 216 pp
 - ✚ Barbera, G., Inglese, P. & Pimienta, E. 1999. Agroecología, cultivo y usos del nopal. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome.
 - ✚ Barthe, G. A., & Brown, J. K. (1995). Cactus X virus: A new potexvirus from cactus. Phytopathology, 85(3), 255-259. DOI: 10.1094/Phyto-85-255.
 - ✚ Beghoul S. 2015.Effet de l'utilisation des céréales et des protéagineux autres que le maïs et le soja dans l'alimentation du poulet de chair. Thèse (Doctorat és Sciences), soutenue le 18 Mars : 2015. Institut des sciences vétérinaire Université : Constantine 1.
 - ✚ Belgacem, M. 2012.Algeria: Valorization du fruit de figuier de Barbarie (available at <http://dza.gro.net/forums/viewtopic.php?f=97&t=2396>).
 - ✚ Belghiti A., Zougagh S., Rochd T., Zerdani I and Mouslim J., Promoting of growth in ross 208 chicken broilers following a diet based on opuntia ficus-indica (prickly pear) fruit. International Journal of Poultry Science 2021, 20:99-105. <https://doi.org/10.3923/ijps.2021.99.105>
 - ✚ Ben Salem, H., Nefzaoui, A. & Ben Salem, L. 2002a. Supplementation of Acacia cyanophylla Lindl. foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (Opuntia ficus indica var. inermis and Atriplex nummularia L.) on growth and digestibility in lambs. Anim. Feed Sci. Technol., 96: 15–30.
 - ✚ Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Abdouli, H. & øRskov, E.R. 1996. Effect of increasing level of spineless cactus (Opuntia ficus indica var. inermis) on intake and digestion by sheep fed straw-based diets. Anim. Sci., 62: 293–299
 - ✚ Benali N, Belabbas R , Sais M , AinBaziz H, Djellout B , F, Ettouahria , Oulebsir N. Brecchia G . Quattrone A , Curone G, Menchetti I. 2024. Effect of Using Prickly Pear Seed Cake (Opuntia ficus indica L.) on Growth Performance, Digestibility, Physiological and Histometric Parameters in Rabbits 7Vet Sci. 2024 Oct 17;11(10):513. doi: 10.3390/vetsci11100513

- ✚ Benattia F., Arrar Z., and Derga F. 2018. Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.ae Chemical Composition and Nutritional Analysis of Seeds Cactus (*Opuntia ficus-indica*.L). *Current Nutrition & Food Science*, 2018, 14, 1-7
- ✚ Benattia F.K., (2017) Analyse et application des extraits de pépins de figues de barbarie. Thèse de doctorat en chimie bio-organique et thérapeutique. Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen, Algérie
- ✚ Bensadón S., Hervert-Hernández D., Sáyago-Ayerdi S.G., Goñi I. By-Produits., (2010). Of *Opuntia ficus-indica* as a Source of Antioxydant Dietary Fiber. *Pla Foods Hum Nutr*, 65,210– 216.
- ✚ Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S.G., & Goñi, I. (2021). "By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of dietary fiber and antioxidant compounds."
- ✚ Bensahli A .2016. EFFETS DE QUELQUES FORMULES ALIMENTAIRES SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES ET LE PROFIL BIOCHIMIQUE DE LA CAILLE JAPONAISE . Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magistère en sciences vétérinaires .pp 171.
- ✚ Bensalem H, Nefzaoui A, Bensalem L. 2002. Supplementation of *Acacia cyanophylla* Lindl foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in lambs. *Animal Feed. Scienc.Techno.*, 96: 15- 30.
- ✚ Benteboula M., Hornick J. L., Besseboua O., AyadA. 2023. Effect of Partial Dietary Substitution of Prickly Pear (*Opuntia ficus indica* L.) Seeds Meal on Growth Performance and Carcass Characteristics of Broiler Chicken. *Veterinarija ir Zootechnika* 2023;81(1):1-9
- ✚ Benzerga, M . 2010 . Cette autre ressource de l'algérie non exploitée !le cactusPublié dans El Watan le 06 - 11 – 2010 .
- ✚ Berrama, Z., Mefti, H., Kaidi, R . and Souames, S. (2011) . Caractérisation zootechnique et paramètres génétiques des performances de croissance de la caille japonaise *Coturnix japonica* élevée en Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 23 (1): 1-14.
- ✚ Blesbois., Batellier., Brillard. Et Gorovoum. 2009. La reproduction chez les oiseaux. In : *Reproduction des animeaux d'élevage*. Dijon Cedex : edition Educargi, 2éme édition. P. 333-405.
- ✚ Bonos EM, Christaki EV et Florou-Paneri PC. 2010. Performance and carcass characteristics of Japanese quail as affected by sex or mannan oligosaccharides and calcium propionate. *South African Journal of Animal Science* 40 (3): 173-181.
- ✚ Bouazizi, S, Montevecchi. G, Antonelli, , M Hamdi, A, (2020) , Effects of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) peel flour as an innovative ingredient in biscuits formulation, 2020. *LWT - Food Science and Technology* 124 (2020) 109155. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109155>.
- ✚ Boubekeur F, Arbouche R, Arbouche Y, Arbouche F. By-products of apricot processing in quail feed: Effects on growth performance, carcass characteristics, and meat physicochemical quality, *Veterinary World*, 2021 14(4): 878-883. <https://doi.org/10.14202%2Fvetworld.2021.878-883>.

- ✚ Boumali E. I. N., Mamine, F., Cheriet, F., Montaigne, E., Arbouche, F. Analysis of the emergence process of the prickly pear sector and its co-products in Algeria: potential, constraints and prospects. *New Medit*, 2022. 21(03). <https://doi.org/10.30682/nm2203h>.
- ✚ Bouzoubaâ, Z., Essoukrati, Y., Tahrouch, S., Hatimi, A., Gharby, S., & Harhar, H. Phytochemical study of prickly pear from southern Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2016 15, 155-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2014.09.002>
- ✚ Bouzoubaâ, Z1., Essoukrati, Y., Tahrouch, S., Hatimi, A., Gharby, S., Harhar, H. 2014. Etude physico-chimique de deux variétés de figuier de barbarie ('Achefri' et 'Amouslem') du Sud marocain. *Les technologies de Laboratoire*. 8: 137-144
- ✚ Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. 1. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico.
- ✚ Briha O. 2012. *Potentialité thérapeutiques d'Opuntia ficus-indica au Maroc et Tunisie*. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Mohamed V Rabat. Maroc. 171 pp.
- ✚ Bruneton j., 2009. *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. 4ème édition. France : Tech & Doc – Lavoisier.
- ✚ Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A.M., Kohen, R. & Livrea, M.A. 2002. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indicaxanthin. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6895–6901.
- ✚ Bwititi, P., Musabayane, C.T. & Nhachi, C.F.B. 2000. Effects of *Opuntia megacantha* on blood glucose and kidney function in streptozotocin diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.*, 69: 247–252.

-C-

- ✚ Cain J,R et Cawley W,O. 1914. Japanese quail) Coturnix) . Cooperative Extension Work in Agriculture and Home Economies, The Texas Aet M University Systeme and The United Startes Departement of Agriculture Cooperting. Distributed in furtherance of the Acts of Congress of May , 1914, as amended , and June 30, 1914. M_6-79, Reprint.
- ✚ CHAPOUTOT P., ROUILLE B., SAUVANT D., RENAUD B. (2019). Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire : des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger *INRA Productions Animales* 31(3) :201-220
- ✚ Callejas, N., Mathus, J. Garcia, A. Martinez, M. & Salas, J. 2009. Situación actual y perspectiva de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México. *Agrociencia*, 43: 73–82.
- ✚ Canon, F., Contribution de la spectrométrie de masse à l'étude des interactions entre les protéines salivaires riche en proline et les tanins. 2010, Thèse de Doctorat, Centre international d'études supérieures en sciences agronomiques, Montpellier.
- ✚ Casa, A., & Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion, pp.143-162. In Nobel P S (ed) *Cacti biology and uses*. University of California, Berkely, 292p.
- ✚ Cassano, A., Conidi, C., Timpone, R., D'Aveella, M. & Drioli, E. 2010. Physico-chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ltrafiltration processes. *Desalination*, 250: 1101–1104.

- ✚ Cassano, A., Conidi, C., Timpone, R., D'Avella, M. & Drioli, E. 2007. A membrane-based process for the clarification and concentration of cactus pear juice. *J. Food Eng.*, 8: 914–921.
- ✚ Castellar R, Obon JM, Alacid M, Fernandez-Lopez JA. 2003. Color proprieties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits, *J.Agric. Food chem.*, 51: 2772-2776.
- ✚ Centre Songhaï. 2011. Elevage des cailles, Guide pratique (Centre Songhai, 12 p.) Rédigé et publié par le , en collaboration avec l'African Development Foundation. <http://weiralex1949/cgi-bin/gw?e=t1c10home-tulane-1-T.2.B.165.1-bo-100-20-00e&q=&g=0>
- ✚ CHERIF E. (2016). Figue de barbarie : Un cactus source de richesse. L'essentielle de l'agroalimentaire et de l'agriculture N°100. Agro ligne. 68p.
- ✚ Cherif I, Arbouche R, Arbouche Y, Mennani A, Arbouche F Dehydrated husks and cake of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) processing for broiler feed: Effects on growth performance, carcass characteristics, and meat quality, *Veterinary World* 2022, 15(3): 551-557. <http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2022.551-557>
- ✚ Chessa, I. & Nieddu, G. 1997. Descriptors for cactus pear (*Opuntia* spp.). In P. Inglese, ed. Università degli Studi di Reggio Calabria. Cactusnet Newsletter. FAO International Technical Cooperation Network on Cactus Pear. Special issue May 1997.
- ✚ CHOUGUI N, LOUAILECHE H, MOHEDEB S, MOULOUDJ Y, HAMMOUI Y AND TAMENDJARI A, (2013a). Physico-chemical characterization and antioxidant activity of some *Opuntia ficusindica* varieties grown in North Algeria. *African Journal of Biotechnology* Vol. 12(3), pp. 299-30
- ✚ Chougui, N., Louaileche, H., Mohedeb, S., Mouloudj, Y., Hammoui, A., Tamendjari A. 2013a. Physico-chemical characterisation and antioxidant activity of some *Opuntia ficus-indica* varieties grown in North Algeria. *African Journal of Biotechnology*. 12: 299-307
- ✚ Chougui, N., Tamendjari, A., Hamiidj, W., Hallal, S. Barras, A., Richard, T. & Larbat, R. 2013b. Oil composition and characteristics of phenolic compounds of *Opuntia ficus-indica* seeds. *Food Chem.*, 139: 796–803
- ✚ Cicala, A., Fabbri, A., Di Grazia, A., Tamburino, A. & Valenti, C. 1997. Plant shading and flower induction in *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *Acta Hortic.*, 438: 57–64.
- ✚ Coban O, Lacin E et Sabuncuoglu N. 2008. Effect of some parental and environmental factors on some reproductive traits of Japanese quails. *Italian Journal of Animal Science* 7 (4): 479-486.
- ✚ Coria Cayupán, Y.S., Ochoa, M.J. & Nazare no, M.A. 2011. Health-promoting substances and antioxidant properties of *Opuntia* sp. fruits. Changes in bioactive-compound contents during ripening process. *Food Chem.*, 126: 514–519.
- ✚ Coskuner Y, Tekin A. Monitoring of seed composition of prickly pear (*Opuntia ficus indica* L.) fruits during maturation period. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2003 ; 8 : 846-849.

-D-

- ✚ Dalkilic, B., Simsek, U. G., Ciftci, M. and Baykalir, Y. (2015). Effect of dietary orange peel essential oil on physiological, biochemical and metabolic responses of Japanese

- quails as affected by early age thermal conditioning and fasting. *Revue Méd. Vét.*, 2015, 166, 5-6, 154-162.
- ✚ Dauda, G, Momoh, OM., Dim, NI. and Ogah, DM. (2014). ‘Growth, production and reproductive performance of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) in humid environment’, *Egyptian Poultry Science*, vol. 34, no II, pp. 381-395.
 - ✚ De Kock, G.C. Crops in South Africa. In: Mulas M, Mulas G. 2004, Potentialités d’utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Université des études de Sassari. Groupe de recherche sur la désertification. Short and Medium -Term Priority Environmental Action Program (SMAP)., p.112.
 - ✚ Diguët (Léon) 1928: *Les Cactacées utiles du Mexique*, Société Nationale d’acclimatation, Paris.
 - ✚ Dubeux JR, Ferreira dos Santos MV, de Andrade Lira M, Cordeiro dos Santos D, Farias I, Lima LE, Ferreira RLC. 2006. Productivity of *Opuntia ficus-indica* under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil. *J.Arid.Envir.*, 67: 357- 372.
 - ✚ Duru, B. & Turker, N. 2005. Changes in physical properties and chemical composition of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) during maturation. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 7: 22–33
 - ✚ Dykes, L. and L.W. Rooney, Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 2006. 44 (3): p. 236-251.

-E-

- ✚ El Kossori, R.L., Villanume, C., El Boustani, E., Sauvaire, Y. & Mejean, L. 1998. Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus-indica* sp.). *Plant Foods Hum. Nutr.*, 52: 263–270.
- ✚ El Mannoubi, I., Barrek, S., Skanji, T., Zarrouk, H. 2008. Etude de la composition de la fraction volatile des graines du figuier de Barbarie. *Journal de la société chimique de Tunisie*. 10: 61-67
- ✚ El-Nagmy K. Y., Ali A. M., Abd-Elmalak M. S. The effect of using some untraditional feedstuffs on the performance of Japanese quails in North Sinai. *Egyptian Poultry Science*. 2001. T. 21. P. 701-717.
- ✚ El Rammouz, R. (2005) . Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles - contribution au déterminisme de l’amplitude de la diminution du pH. Thèse de doctorat Institut national polytechnique de Toulouse. France.
- ✚ El-Neney B.A.M, Zeedan K.I.I, El-Kotamy E.M, Gad G.G, Abdou A. Effect of using prickly pear as a source of dietary feedstuffs on productive performance, physiological traits and immune response of rabbit 2-prickly pear peels Egyptian. *Journal. Nutrition and Feeds* 2019. ;22(1):91-106. <https://doi.org/10.21608/ejnf.2019.75844>
- ✚ Elsabile A et elbadri M., 2002. PRODUCTION de la caille . Centre de conseil agricole, Université Roi Saoud, نشرات ارشادية- الإنتاج الحيواني | كلية علوم الأغذية والزراعة

- ✚ Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M. & Hamadi, A. 2005. Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food Chem.*, 93: 431–437.
- ✚ Ernest S., Stephen R. D., Deborah S., Erica J., Heidi L. Z., 1998. Multiple independent losses of the plastid rpoC1 intron in *Medicago* (Fabaceae) as inferred from phylogenetic analyses of nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer sequences. *Can. J. Bot.* 76(5): 791–803.
- ✚ Ernst RA. 1978. Raising and propagating Japanese quail. Division of agricultural sciences. University of California: 1-7.
- ✚ Espirad E. 2002. Introduction à la transformation industrielle des fruits ; 160-161.

-F-

- ✚ Falcão, H. M., Oliveira, M. T., Mergulhão, A. C., Silva, M. V., & Santos, M. G. 2013. Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus-indica* cultivars exposed to carmine cochineal under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 150, 419-424.
- ✚ FAO 2018. *ÉCOLOGIE, CULTURE ET UTILISATIONS DU FIGUIER DE BARBARIE* /ISBN 978-92-5-130344-3 (FAO) © FAO, 2018
- ✚ FAO, 2013. Agro-industrial utilization of cactus pear. FAO Rural Infrastructure and Agro-Industries Division, in collaboration with the International Technical Cooperation Network on Cactus (FAO–CACTUSNET)
- ✚ FAO. 2024. Meat Market Review: Overview of global market developments in 2023. Rome
- ✚ Felice, M.S. (2004) Prickly pear cactus, *Opuntia* spp. - A spine-tingling tale. *Weed Tech.* 18:869-877.
- ✚ Felker, P., & Inglese, P. (2006). "Ecophysiology of *Opuntia ficus-indica*". In: Inglese, P., Mondragón-Jacobo, C., & Nefzaoui, A. (eds). *Crop ecology, cultivation and uses of cactus pear*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. FAO.
- ✚ Fernandez M.L., Trejo A., McNamara D.J., 1990. Pectin isolated from Prickly pear (*Opuntia* sp) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *J. Nutr.* Pp 1283-1290.
- ✚ Fernandez-Lopez JA, Castellar R, Obon JM, Alméla L. 2002. Screening and mass-spectral confirmation of betalains in cactus pear. *Chromatographia*, 56: 591-595.
- ✚ Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., Zou, C. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 2006 11, 2574-2589. <https://doi.org/10.2741/1992>
- ✚ FIA (Foundation for Agrarian Innovation). 2010. Estudio de la cadena productiva de la tuna. Study commissioned to the University of Chile by FAI, Ministry of Agriculture Chile. 165 pp
- ✚ Finsworth S. J., Stanley R. L. et Evans D.J. R., 2010. Developmental stages of the quail. *Journal of Anatomy*. P 3-15. Brighton and success medical school. University of success. Brighton, United Kingdom.
- ✚ Frati Munari, A.C., Fernández Harp, J.A., de la Riva, H., Ariza Andraca, R. & del Carmeritorres, M. 2004. Effect of nopal (*Opuntia* sp.) on serum lipids, glycaemia and body weight. *Am. J. Clin. Nutr.*, 80: 668–673

-G-

- ✚ Galati, E.M., Mondello, M.R., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S. & Taviano, M.F. 2003. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice: Antioxidant and antiulcerogenic activity. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 4903–4908.
- ✚ García de Cortázar, V. & Nobel, P.S. 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 117: 558–562
- ✚ Gharby, S., Harhar, H., Charrouf, Z., Bouzobaa, Z., Boujghagh, M. & Zine, S. 2015. Physicochemical composition and oxidative stability of *Opuntia ficus-indica* seed oil from Morocco. *Acta Hortic.*, 1067: 83–88.
- ✚ Ghazi, Z., Ramdani, M., Fauconnier, M.L., ElMahi, B. & Cheikh, R. 2013. Fatty acids sterols and vitamin E composition of seed oil of *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia Dillenii* from Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.*, 4(6): 967–972.
- ✚ Gibson AC, 1986, Nobel P. *The Cactus primer*. Harvard University Press Cambridge, Massachusetts, USA. 286 pp
- ✚ Granados, D. & Castañeda, A.D. 1996. *El nopal*. 2a reimpression, Ed. Trillas, Mexico.
- ✚ Grechkivsky I.M., Kryvenok M., Mykhalska V. 2021. Productivity of quails at different levels of glycine in feed ; DOI : <http://dx.doi.org/10.31548/poultry2021.05-06.011>.
- ✚ Guermah, H., Maertens, L. and Berchiche, M. (2016) Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, 24(3): 183-189
- ✚ Guezgouz, I et Khelifi, K. (2020) . Les performances zootechniques de la Caille japonaise. Mémoire de fin de cycle En vue de l'obtention du diplôme de Master II En : Production et nutrition animales. Université M' hamed Bougara de Boumerdès. 76p .
- ✚ Gutiérrez, L.H. 1992. Plagas y enfermedades del nopal en México. Mexico, Autonomous University of Chapingo.
- ✚ Guzman U, Arias S, Dávila P. In: Reyes-Aguero JA, Aguirre JR, Valiente-Banuet A. 2006. Reproductive biology of *Opuntia* : A review. *Journal of Arid Environments.*, p.549-589.
- ✚ Gynieys A. 2003. Collection créer un atelier de volailles en bio. Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural Bio Gard : 31-45.

-H-

- ✚ Habibi Y. 2004. Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de Barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modifications chimiques. Thèse de Doctorat. Université Joseph Fourier. Grenoble I, et Université Cadi Ayyad. Marrakech, 264 pp.
- ✚ Hahm, S.W., Park, J. & Son, Y.S. 2010. *Opuntia humifusa* partitioned extracts inhibit the growth of U87MG human glioblastoma cells. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 65: 247–252
- ✚ Halmi, S. 2015. Etude botanique et phytochimique : Approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*. pp. 186.
- ✚ Hammad M. 1989 .« Arboriculture », in Gabriel Camps (dir.), 6 | Antilopes – Arzuges, Aix-en-Provence, Edisud (« Volumes », no 6) , [En ligne], mis en ligne le 01 décembre 2012, consulté le 01 février 2017. URL : <http://encyclopedieberbere.revues.org/2578>.

- ✚ Harlev, E., Nevo, E., Mirsky, N. & Ofir, R. 2013. Cancer preventive and curative attributes of plants of the cactaceae family: A review. *Planta Med.*, 79: 713–722
- ✚ Hassan, F.A., Mobaraz, S.M., Basyony, M.M., Mahrose, K.M. and El-Medany, S.A. (2019) Effect of using a prickly pear and its by-products as alternative feed resources on the performance of growing rabbit. *Egypt. J. Rabbit Sci.*, 29(1): 99-124
- ✚ Hennache A. et Ottaviani M. 2011. Cailles, Perdrix et Francolins de l’Ancien monde. Editions W.P.A.France, Clères, France. P.400.<http://dx.doi.org/10.1017/S0043933911000249>
- ✚ Huffpost Algeria. 2015. La figue de Brie, un fruit venu d’ailleurs devenu produit du terroir en Algérie (available at http://www.huffpostmaghreb.com/2015/08/04/n_7932698.html).
- ✚ Huss D., Poynter G. and Lansford R. 2008. Japonaise quail (*Coturnix japonica*) as a laboratory animal model. *LAB ANIMAL*, 37 : 513-519.

-I-

- ✚ Ibatullin, I., Kryvenok, M., Ilchuk, I., Mykhalska, V., Getja, A., & Boyarchuk, S. (2020). Metabolism in replacement chickens at different ratios of Inglese, P., Barbera, G., & La Mantia, T. (2002). "Seasonal reproductive and vegetative growth patterns and resource allocation during cactus pear fruit growth". *HortScience*, 37(7), 1041-1045.
- ✚ Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui A., 2018. *Ecologie, Culture Et Utilisations Du Figuier De Barbarie*. Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides Rome. pp. 208.
- ✚ ITELV, (2012). Guide d’élevage de la caille, Institut Technique Des Elevages. département monogastrique, 14p

-J-

- ✚ Jakubowska M., Karamucki T.2020. The effect of flax seeds addition in nutrition of quails on the quality of carcass and meat. <https://doi.org/10.21005/ASP.2020.19.4.08>
- ✚ Janin F, Schnitzer G. Lead Cadmium and Mercury in the food: Evolution and Risk management. Technique and documentation. ed Lavoisier: Paris 1996; PP. 205-216.
- ✚ Jorge, A.O.S.; Costa, A.S.G.; Oliveira, M.B.P.P. Adapting to Climate Change with *Opuntia*. *Plants* 2023, 12, 2907. <https://doi.org/10.3390/plants12162907>

-K-

- ✚ Kang, J., Park, J., Choi, S.H., Igawa, S., Song, Y. 2012. *Opuntia humifusa* supplementation increased bone density by regulating parathyroid hormone and osteocalcin in male growing rats. *Int J Mol Sci*. 13: 6747-56.
- ✚ Kavirindi, I.U., Du Preez, P.J. & Brown, L.R., 2010. Distribution and potential invasion of *Opuntia* spp. on selected Namibian sites (<http://mak.ac.ug/documents/>

- RUFORUM/ Kavindiri. pdf), Second RUFORUM Biennial Meeting 20 - 24 September 2010, Entebbe, Uganda
- ✚ Kawahara-Miki, R., Sanoa, S., Nunomec, M., Shimmura, T., Kuwayama, T., Takahashi, S., Kawashima, T., Matsuda, Y., Yoshimura, T. and Kono, T. (2013). Nextgeneration sequencing reveals genomic features in the Japanese quail, Elsevier Genomics 101(2013)345-353
 - ✚ Kayang B.B., Fillon V., Murayama M., Miwa M., Leroux S., Fève K., MonvoisinJ-L., Pitel F., Vignoles M., Mouilhayrat C., Beaumont C., Shin'ichi I., Minvielle F. et Vignal A. 2006. Integrated maps in quail (Coturnix japoniac) confirm the high degree of synteny coservation with chicken (Gallus domesticus) despite 35 million years of divergence. BMC Genomics.
 - ✚ KEITUM ET MASHOPE B, (2007).Characterization of cactus pear germ plasm in South Africa.Philosophiae Doctor. Department of Plant Sciences (Plant Breeding Division), University of the Free State. 207
 - ✚ KHAN, S., ANWAR, K., KALIM, K., SAEED, A., SHAH, S.Z., (2014). Nutritional Evaluation of SomenTop Fodder Tree Leaves and Shrubs of District Dir (Lower), Pakistan as a quality livestock feed. Int J Curr Microbiol App Sci 3, 941–947
 - ✚ Khosravi H, Mehri M, Bagherzadeh-Kasmani F, Asghari-Moghadam M. Methionine requirement of growing Japanese quails. Anim Feed Sci Technol 2016 212:122-128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.017>
 - ✚ Kim, J.M., Kim, D.H., Park, S.J. 2010. The n-butanolic extract of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* enhances long-term memory in the passive avoidance task in mice. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 34: 1011-1017.
 - ✚ Kim, W.G., Cho, W.D., Jee, H.J. & Hong, S.Y. 2000. Occurrence of anthracnose on indian fig cactus caused by *Glomerella cingulata* and *Colletotrichum gloeosporioides*. Plant Pathol. J., 16: 294–296.

-L-

- ✚ La Voix du Paysan Camerounais (2010). Élevage des cailles en zone tropicale. Disponible sur : www.publication.cta.int/media/193/Pdf. (consulté le 27mai 2016).
- ✚ Laghouati, O., Arbouche, F. and Arbouche, Y. (2020a). Effects of using essential oil of *Lavandula stoechas* in quail feed on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and health status. DOI: www.doi.org/10.14202/vetworld.2020.789-795 . Veterinary World, 13(4): 789-795. EISSN: 2231-0916 Available at www.veterinaryworld.org/Vol.13/April-2020/26.pdf .
- ✚ Laghouati, O., Arbouche, F. and Arbouche, Y. (2020b). Rosemary essential oil (*rosmarinus officinalis*) in Quail farming. Vol. 76 | No. 4/1 | Apr 2020. DOI: 10.21506/j.ponte.2020.4.21. Ponte. Florence, Italy. International Journal of Sciences and Research.274-283
- ✚ Larbier M et Leclercq B. 1992. Nutrition et alimentation des volailles Institut national de la recherche agronomique :p 274.
- ✚ LE BOT, O. 2014. Influences maternelles prénatales chez les oiseaux nidifuges :facteurs de variation et effets sur le développement comportemental des jeunes. THÈSE /

UNIVERSITÉ DE RENNES 1 sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne pour le grade de DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE RENNES 1 Mention : Biologie Ecole doctorale Vie-Agro-Santé.

- ✚ Le Houerou H.N., 1996. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *Journal of Arid Environments*. Pp135-159.
- ✚ Le Houérou, H.N. 2002. Cacti (*Opuntia* spp.) as a fodder crop for marginal lands in the Mediterranean Basin. *Acta Hort.*, 581: 21–46.
- ✚ Le Houérou. H.N «The rôle of cacti (*Opuntia* Sp.) in Erosion control, land reclamation, réhabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin», *Journal of arid environements*, 33, 1996, pp 135 - 159.
- ✚ Lee, E.B., Hyun, J.E., Li, D.W. & Moon, Y.I. 2001. The effect of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* fruit on gastric lesion and ulcer in rats. *Nat. Prod. Sci.*, 7: 90–93.
- ✚ Leeson S et Summers JD. 2005. *Commercial Poultry Nutrition 3ed Broiler chickens broilers breeders laying hens game birds pet birds turkeys ratites ducks geese* University of Guelph. Ontario. Canada: 11-85
- ✚ Lila, Z.A., Mohammed, N., Tatsuoka, N., Kanda, S., Kurokawa, Y. & Itabashi, H. 2004. Effect of cyclodextrin diallyl maleate on methane production, ruminal fermentation and microbes in vitro and in vivo. *Anim. Sci. J.*, 75: 15–22.
- ✚ Linné Carl. 1758. *Système de la Nture, division en classe, ordre, genre et espèces, avec les caractères, lesdifférences, les synonymes et les localisations*. 10^{ème} édition : decina reformata, holimiae, inpensis direct.
- ✚ Lotfi A, Hatefinejad K, Abedi AS et Rasoolian H. 2010. Impact of egg pre-storage incubation on embryo mortality and hatching efficiencies in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 13: 625–627.
- ✚ LUKANOV H. Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such farm animal? *World's Poultry Science Journal*. 2019;75(4):547-558. doi:10.1017/S0043933919000631

-M-

- ✚ Maataoui Belabbes. S et Hilali. S, «Caractérisation physico-chimique de jus de deux types de fruits de figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de la région de la Chaouia», *Congrès de Biochimie*. Casablanca, N°166, 9,10 et 11 Mai 2002, pp 6 - 12.
- ✚ Maataoui, B. S., Hmyene, A., & Hilali, S. 2006. Activités anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*). *Lebanese Science Journal*, 33:91-97.
- ✚ Mabrouk A., Abbas Y., Fakiri M., Benchekroun M., El Kharrassi Y., El Antry-Tazi S., El Mzouri E.1. 2016. Caractérisation phénologique de différents écotypes de cactus (*Opuntia* spp.) Marocains sous les conditions édapho-climatiques de la région de Chaouia-Ouardigha (Phenological characterization among Moroccan ecotypes of cactus (*Opuntia* spp.) under soil. INRA-Centre Régional de la Recherche Agronomique, B.P. 589, Settat, Maroc. pp. 1396-1405.

- ✚ Makkar, H. P. S. Cactus as a fodder and beyond. Broadening horizons. 2017. www.feedipedia.org.
- ✚ Malainine M-E., Dufresne A., Dupeyre D., Mahrouz M., Vuong R., Vignon M.R. 2001 . STRUCTURE ET MORPHOLOGIE DES RAQUETTES ET DES EPINES DU FIGUIER DE BARBARIE. *Opuntia ficus-indica* December 2001 *Phys. Chem. News* 4 (2001) 126-130 PCN. Corresponding author. E-mail : Michel.Vignon@cermav.cnrs.fr; mahrouz@ucam.ac.ma Received : 21 May 2001; revised version accepted 19 September 2001.
- ✚ Manach, C., et al., Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 2004. 79 (5): p. 727-747.
- ✚ Mandouri T., 2000. Hydromasse et biomasse des *Opuntia*. Cactus: (*Opuntia* à fruits comestibles). Actes de la journée nationale sur la culture du cactus. El Kelaa des Sraghna. Maroc
- ✚ Matthäus, B. & Özcan, M.M. 2011. Habitat effects on yield, fatty acid composition and tocopherol contents of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seed oils. *Sci. Hortic.*, 131: 95-98.
- ✚ Mazari A., Yahiaoui K., Fedjer Z., Mahdeb A., 2018. Physical characteristics, phytochemical content and antioxidant activity of cactus pear fruits growing in northeast Algeria. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. Vol. 20: 177-195.
- ✚ Mazari et A. Mahdeb. 2021. Importance nutritionnelle et agro-économique des produits issus du figuier de barbarie : revue de la littérature. *Recherche Agronomique*, 2021 Vol. 19, N° 1, p. 43-63
- ✚ Mills A. D., Crawford L. L., Domjan M. and Faure J. M. 1997. The Behavior of the Japanese or Domestic Quail *Coturnix japonica*. Elsevier Science. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 21(3). P. 261-281.
- ✚ Mishra, A., & Tiwari, S. (2018). Fusarium Wilt of Cactus Pear: Pathogen Identification and Control Measures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(8), 2053-2058.
- ✚ Mizutani M. 2003. The japanese Quail. Laboratory Animal Research Station, Nippon Institute for Biological Science, Kobuchizawa, Yamanashi, Japan. P. 143-163.
- ✚ Mohammed, N., Lila, Z.A., Ajisaka, N., Hara, K., Mikuni, K., Kanda, S. & Itabashi, H. 2004. Inhibition of ruminal microbial methane production by β -cyclodextrin iodopropane, malate and their combination in vitro. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 88: 188–195. Newbold, C.J., Lopez, S., Nelson, N., Ouda, J.O., Wallace, R.J. & Moss, A.R. 2005. Propionate precursors and other metabolic intermediates as possible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation in vitro. *Br. Food J.*, 94: 27–35
- ✚ Mohammer M, Stintzing F, Carle R. 2006. Evaluation of different methods for production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Inno. Food Scien. Emer. Tech.*, 7: 275-287.
- ✚ Mondragón-Jacobo, C. 2004. Mejoramiento genético del nopal: avances al 2003 y perspectivas. In G. Esparza, R.D. Valdez & S. Mendez, eds. *El nopal, tópicos de actualidad*. Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico, pp. 49–71.

- ✚ Mondry R . 2016 . L'élevage des cailles en zone tropicale. La collection Pro-Agro est une coédition d'Ingénieurs Sans Frontières Cameroun (ISF Cameroun) et du Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA). CTA – P.O. Box 380 – 6700 AJ Wageningen – Pays-Bas – www.cta.int ISF Cameroun – BP 12888 – Yaoundé – Cameroun – www.isf-cameroun.org © CTA et ISF 2016 Couverture : © Zoonar GmbH/Alamy ISBN (CTA) : 978-92-9081-601-0.
- ✚ Mondry, R. (2016) L'élevage des cailles en zone tropicale. CTA – P.O Box 380 – 6700 A.J Wageningen – Pays Bas – www.cta.int et ISF Cameroun – BP 12888 – Yaoundé – Cameroun – www.isf-cameroun.org.
- ✚ Monjauze A., Le Houérou H.N., 1965. Le rôle des Opuntia dans l'économie agricole nord-africaine. Bull. Eco. Nat. Sup. Agr. de Tunis. Pp 8-9.
- ✚ Moraes TGV, Romao JM, Teixeira RSC et Cardoso WM. 2008. Effects of egg position in artificial incubation of Japanese quail eggs (*Coturnix japonica*). Animal Reproduction 5 (1/2): 50-54.
- ✚ Moula N, Humbel M, Leterrier M, Lempereur L, Ait-Kaki A, Touazi L, Saidj D, Hornick J.L. Effects of *Opuntia ficus-indica* on growth performance and serum parameters of broiler chicken in Algeria. Tropicultura 2019 ;37(1):263. <https://doi.org/10.25518/2295-8010.263>
- ✚ Mulas M, Mulas G. 2004 . Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. (SMAP). Environmental Action Programme Université des études de SASSAR., 112 pp.
- ✚ Mulas, M., & Mulas, G. (2004). "The use of *Opuntia* as forage and fodder in arid and semi-arid regions". In: *Acta Horticulturae* 686, 255-260.
- ✚ Muyima H, Pfunga Pfunga P , Bwangila Ibula C , Lukombo Lukeba J-C. , Umba di M'balu J.. 2024. Étude de rentabilité d'un projet d'élevage de cailles pondeuses (*Coturnix coturnix japonica*) dans la Commune de Masina dans la ville province de Kinshasa/RD Congo. Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.60(3) : 11091 -11105 <https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v60-3.2>

-N-

- ✚ Narinc D, Aygun A et Sari T. 2013b. Effects of cage type and mating ratio on fertility in Japanese quails (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eggs. Agriculture Science Developments 2(1): 4-7.
- ✚ Nazareno, M. (2017). Recent advances in medicinal and nutraceutical properties of cactus products. Paper presented at: The IX international congress on Cactus pear and cochineal "CAM crops for a hotter and dried world," 26–30 March, Coquimbo, Chile.
- ✚ Neffar S. 2012. Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras et Tébessa. Thèse de doctorat. Université de badji mokhtar. Annaba., 236 pp.
- ✚ Nefzaoui A, Bensalem H. 2004, Spineless cacti. In: Mulas M, Mulas G.Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Université des études de SASSAR., p.112.

- ✚ Nefzaoui, A., Louhaichi, M. & Ben Salem, H. 2014. Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. *J. Arid Land Stud.*, 24(1): 121–124.
- ✚ Negesse, T., Makkar, H.P.S. & Becker, K. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 154: 204–217.
- ✚ Nerd, A et Mizrahi, Y, «Reproductive biology», In: Barbera, G, Inglese, P, Pimienta, B.E et Arias, J.E, de J., (Eds.), "Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear". FAO, Rome Italy, 1995, pp 49 – 58.
- ✚ Ngom S. 2004. Ebauche d'un référentiel sur la composition chimique et la valeur nutritive des matières premières utilisables en alimentation des volailles au Sénégal. Th (Maitre és Sciences) soutenu publiquement le 16 juillet 2004. Université Cheikh Anta Diop de Dakar : 8-18.
- ✚ Nilforoush HM, Toghyani M et Irandoust H. 2015 . Growth performance and gut development of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed diets with different ratio of mash and pellet. *International Journal of Poultry Science* 14 (6): 359-363.
- ✚ Nobel P, Hartsock TL. 1983. Ecophysiology of *yucca brevifolia* .In : Mulas M, Mulas G.Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Université des études de SASSAR., 2004, p.112.
- ✚ Nobel P.S., Russel C.E., Felker P., Medina J.G., Acuna E., 1987. Nutrient relations and productivity of prickly cacti. *Agro. J.* Pp 550-555.
- ✚ Nobel, P.S. & Bobich, E.G. 2002. Environmental biology. In P.S. Nobel, ed. *Cacti, biology and uses*. Ed. University of California Press, Los Angeles, California, United States of America, pp. 57–74

- ✚ NRC. 1994 . Subcommittee on poultry nutrition National Research Council, Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press. Washington: 176 pages.

-O-

- ✚ Ochoa, C. M., Flores-Valdez, C. A., & Silva-Rocha, R. (2003). First report of *Opuntia necrosis virus* in Mexico. *Plant Disease*, 87(2), 203. DOI: 10.1094/PDIS.2003.87.2.203A
- ✚ Ochoa, J. 2003. Cactus pear (*Opuntia* spp.) varieties: main characteristics of Republica Argentina. *Cactus net Newsletter*, 8. 32 pp.
- ✚ Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R, Simons A. 2009. *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide*, , version 4.
- ✚ Osuna-Martínez U., Reyes-Esparza, J., Rodríguez-Fragoso, L. 2014. Cactus(*Opuntia ficusindica*): A Review on its Antioxidants Properties and Potential Pharmacological Use in Chronic Diseases: *Natural Products Chemistry & Research*. Vol. 2.
- ✚ Ouaffai, A., Dahloun, L., Fassih, A., Milagh, M. et Halbouche, M. (2018). Performances de croissance, de ponte et qualité de l'œuf chez la caille Japonaise (*Coturnix coturnix japonica*). *Arch. Zootec.* 67 (258): 168-176.

- ✚ Oued Zenati., Dr. Kaddem Salah-Eddine. (1990). Les plantes médicinales en Algérie, 3ème édition page : 73.
- ✚ Ouerghemmi, I. Bourgou, S., Mejri, H., Marzouk, B. & Saidini Tounsi, M. 2013. Study of essential and fixative oil chemical composition extracted from *Opuntia ficus-indica* seeds grown in Tunisia and its antioxidant activity. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, 90: 21–30.
- ✚ Oumiloud S. 2012. Contribution à l'étude phytochimique des extraits des graines et de l'huile de figuier de barbarie de la région de Tlemcen. Mémoire de master : Biochimie appliquée. Université de Tlemcen.
- ✚ Ouzzir, L., Arbouche, F., Arbouche, Y. Detoxified apricot kernel meal in local rabbit fattening: Effects on growth performances and slaughter parameters. *J. Ponte* 2020, 76(6) <http://dx.doi.org/10.21506/j.ponte.2020.6.8>
- ✚ Özbey O, Erisir Z, Aysöndü MH et Özmen Ö. 2004 . The effect of high temperatures on breeding and survival of Japanese quails that are bred under different temperatures. *International Journal of Poultry Science* 3 (7): 463-467.
- ✚ Özbey, O., Yildiz N., and Esen, F. (2006). 'The effects of high temperature on breeding characteristics and the living strength of the Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*)', *International journal of Poultry Science*, vol. 5, no 1, pp. 56 -59.

-P-

- ✚ Padmakumar B, Reghunathan Nair G, Ramakrishnan A, Unni AKK et avindranathan N. 2000. Effect of floor density on production performance of Japanese quail reared in cages and deep litter. *Journal of Veterinary and Animal Sciences* 31: 37-39
- ✚ Pascoal, L.A.F; Silva, K. A.G; Watanabe, P. H; Brito, J. M. F; Silva, J. F; Dantas junior, P. R; Silva, D. R.P; Brito, M. S; Bezerra, A.P.A; Almeida, J.M.S. Forage cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) meal in rabbit diets in the growth phase . *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 2020, 21, 01 - 13, <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402121102020>
- ✚ PATERSON, R.T., KARANJA, G.M., NYAATA, O.Z., KARIUKI, I.W., ROOHTHAERT, R.L., (1998). A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agrofor. Syst.* 41, 181–199
- ✚ Piédallu A. 1990. Le figuier de barbarie sans épines (*Opuntia ficus-indica* Miller var. *Inermis* Weber) en Algérie, , 128-145 pp.
- ✚ Piga, A. 2004. Cactus Pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 6: 9–22.
- ✚ Pimienta, E. 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara, Mexico.
- ✚ Pimienta-Barrios E. Vegetable cactus (*Opuntia*). In *Underutilized Crops: Pulses and Vegetables*. Ed J. Williams. London.UK, 1993, 177-191 pp.
- ✚ Poupon, J.E. 1975. Cactus et ressources fourragères. Note technique Ng 2. Projet PNUD/FAO MOR/73/016. Amélioration et aménagement des parcours forestiers. Ministère de l'agriculture et de la Réforme Agraire - Maroc.
- ✚ Prabakaran R. 2003. Good practices in planning and management of integrated commercial poultry production in South Asia. *FAO Animal Production And Health Paper* 159: 71.

- ✚ Premavalli, K., Ashok, A., Omprakash, A.V., & Babu, M. (2015). Broiler Japanese quail rearing — a boon for both urban and rural poultry farmers. *Journal of Veterinary Science & Technology*, 6(6), 96. doi: 10.4172/2157-7579.C1.013.
- ✚ Priti M et Salish S. 2014. Quail farming : An introduction. Research report. *International Journal of life Sciences* 2 (2): 190-193.

-R-

- ✚ Radi, H., Bouchiha, F., El Maataoui, S. et al. Morphological and physio-biochemical responses of cactus pear (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) organogenic cultures to salt and drought stresses induced in vitro. *Plant Cell Tiss Organ Cult* 154, 337–350 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02454-1>
- ✚ Ragab M.S Effect of partially replacing yellow corn with prickly pear peels on the growth performance of Hy-line W-36 male chicks. *Egyptian Journal. Nutrition and Feeds*. 2012 15:361-373.
- ✚ Ragab M.S. Replacing yellow corn with prickly pear peels in growing Japanese quail diets with or without enzyme supplementation. *Fayoum Journal. Agriculture. Research. Development* 2007. 21:97-112.
- ✚ Ramadan, M.F. & Mörsel, J.T. 2003. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chem.*, 83: 339–345.
- ✚ Randall M et Bolla G. 2008. Raising Japanese quail. *Prime facts* 602. second ed: 1-5.
- ✚ Ratnamohan N. 1985. The management of Japanese quail and their use in virological research: A review. *Veterinary Research Communications* 9: 1-14.
- ✚ Ref'at, A.A., H.R. Takruri, and H. Al-Sayyed, Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 2008. 4 (3): p. 265-274.
- ✚ Robinson JE, Follett BK 1982. Photoperiodism in Japanese quail: the termination of seasonal breeding by photorefractoriness. *Proc R Soc (Lond) B* 215, 95-116
- ✚ Rodríguez, G., Tapia, M., & Rodríguez, E. (2010). *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller: A study of its therapeutic potential. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(25), 2838-2845
- ✚ Romao, J. M. Moraes, T.G.V. Silva, E. E. Teixeira, R.S.C. and Cardoso, W.M. 2010. Incubation of Japanese quail eggs stored at tropical temperatures. *Livestock Research for Rural Development* 22 (1).
- ✚ Roshdy, M. Khalil, H. A. Hanafy, A. M. et Mady, M. E. 2010. Productive and reproductive traits of Japanese Quail as affected by two housing system. *Egyptien Poultry Science* 30 (I): 55-67.
- ✚ Russel C.E., 1986. Cactus, ecology and range management during drought. *Proceeding of the symposium on livestock and wild life management during drought*. CaesarKleberg wildlife researches Institute. Univ. Kingsville. Texas. Pp 59-69.
- ✚ Russel C.E., Felker P., 1987. The prickly pears (*Opuntia* spp, Cactaceae): A source of Human and Animal food in semiarid regions. *Economic botany*. Pp 433-445.

-S-

- ✚ Saad, M., Degano, C. & Ochoa, J. 1998. Wet rot and necrosis caused by bacteria in *Opuntia ficus-indica* Mill in Santiago del Estero, Argentina. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 60–63.
- ✚ SaboM. N., DuruS., & AfolayanS. B. (2020). CARCASS CHARACTERISTICS OF JAPANESE QUAILS (*COTURNIX COTURNIX JAPONICA*) FED WHOLE OR GROUND PEARL MILLET (*PENNISETUM GLAUCUM*) WITH OR WITHOUT ENZYME SUPPLEMENTATION . *FUDMA JOURNAL OF SCIENCES*, 4(1), 539 - 544. Retrieved from <https://fjs.fudutsinma.edu.ng/index.php/fjs/article/view/77>
- ✚ Sadeghi R, Pakdel A et Shahrababak MM. 2013. Effects of divergent selection and egg status in artificial incubator on reproductive trait in Japanese quail. *World Applied Sciences Journal* 24 (4): 463-466.
- ✚ Saenz C. 2000, Processing technologies: An alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes, *J. of Arid Envir.*, 46: 209-225.
- ✚ Saenz C., Sepulveda E., Matsuhiro B., 2004. *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*. Pp 275-290
- ✚ Sáenz, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., García de Cortázar, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez Félix, A., Sepúlveda, E. & Varnero, M.T. 2013. Agro-industrial utilization of cactus pear. *Rural Infrastructure and Agro-Industries Division*. Rome, FAO. 150 pp (available at <http://www.fao.org/docrep/019/a0534e/a0534e.pdf>)
- ✚ SALEM, H.B., MAKKAR, H.P.S., NEFZAOU, A., (2004). Towards better utilisation of nonconventional feed sources by sheep and goats in some African and Asian countries. *Options Méditerranéennes Sér. A*. 59, 177–187
- ✚ Scheinvar, L. 1999. Taxonomía de las *Opuntias* utilizadas. In *Agroecología, cultivo y usos del nopal*. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, pp. 21–28.
- ✚ Schmid I et Wechsler B. 1997. Behaviour of Japanese quail (*Coturnix japonica*) kept in semi-natural aviaries. *Applied Animal Behaviour Science* 55: 103-112.
- ✚ Schwartz, C. W. & Schwartz, E. R. 1949. A reconnaissance of the Game Birds in Hawaii. Hilo, Hawaii: Hawaii Board of Commissioners of Agriculture and Forestry.
- ✚ Schweizer M. 1997. Docteur nopal le médecin du bon dieu. APB Edition, Paris, 81pp.
- ✚ Seker I, Kul S et Bayraktar M. 2009 Effects of group size on fattening performance, mortality rate, slaughter and carcass characteristics in Japanese quails (*Coturnix Coturnix Japonica*). *Journal of Animal and Veterinary Advances* 8(4): 688-693.
- ✚ Sepúlveda, E. & Sáenz, C. 1988. Industrial ización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos*, 13: 35–38.
- ✚ Shamna TP, Peethambaran PA, Jalaludeen A, Joseph L et Muhammad Aslam MK. 2013 Broiler characteristics of Japanese quails (*Coturnix Coturnix japonica*) at different levels of diet substitution with *Azolla Pinnata*. *Animal Science Reporter* 7 (2): 76.
- ✚ Shanaway M M. 1994. Quail production systems. A review. *Food and Agriculture Organization of The United Nations*. Rome. 147. Scharma et al., 2001 Shwartz et al., 1949.
- ✚ Sharifi, M R, Shargh, M S, Dastar, B, & Hassani, S. (2011). ‘ The effect of dietary protein levels and synbiotic on performance parameters, blood characteristics and

- carcass yields of Japanese quail (*Coturnix coturnix Japonica*), Italian Journal of Animal Science, vol. 10, no. 1, pp.17-21, <http://dx.doi.org/10.4081/ijas.2011.e4>.
- ✚ Sharma D., Appa-Rao K.B.C et Totey S.M. 2001. Measurement of within and between population genetic variability in quails. *British Poultry Science*. 41:1, 29-32. England
 - ✚ Sharma H, Giriprasad R et Goswami Meena. 2013. Animal fat-processing and its quality control. *Journal of Food Processing & Technology* 4: 8.
 - ✚ Sharma, D., Appa-Rao, K.B.C et Totey, S.M. (2000). Measurement of within and between population genetic variability in quails. *British Poultry Science*. 41:1, 29-32. England
 - ✚ Sigh NP. 2010. Quail production and management technology. Extension Folder N° 40: 3.
 - ✚ Soulaire, ; J. 1948: *Cactus et médecine*. Edition Thiébaud, Paris, ,190 pp.
 - ✚ Sreekanth, D., Arunasree, M.K., Roy, K.R., Chandramohan Reddy, T., Reddy, G.V. & Reddanna, P. 2007. Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of *Opuntia ficus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562. *Phytomedicine*, 14: 739–746
 - ✚ Stein HH, Berger LL, Drackley JK, Fahey GF, Jr. Hernot DC. et Parsons CM. 2008. Ch 18 Nutritional properties and feeding values of soybeans and their coproducts. University of Illinois, Urbana: 616-621.
 - ✚ Stintzing and Carle, 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res*
 - ✚ Stintzing FC, Schieber A, Carle R. 2002. Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *J Agric Food Chem*;50:2302-7. PMID 11929288.
 - ✚ Stintzing, F.C.,Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C.C., Bunch, R. & Felker, P. 2005. Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 442–451 .
 - ✚ Sudzuki, F. 1999. Anatomía y morfología. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta, eds. *Agroecología, cultivo y usos del nopal*. FAO Plant Production and Protection Paper 132. Rome, pp. 29–36.
 - ✚ Sudzuki, F., Muñoz, C. & Berger, H. 1993. *El cultivo de la tuna (cactus pear)*. Departamento de Reproducción Agrícola. Universidad de Chile, Santiago.
 - ✚ Svihus B. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World's*

-T-

- ✚ Taleb, M., Hattab, R. 2014. Etude Phytochimique et Antilithiasique de l'espèce *Opuntia ficus-indica* de la région de DJELFA Mémoire présenté en vu de l'obtention du diplôme de Master en Chimie organique. Université Ziane Achour de Djelfa. pp. 58.
- ✚ Temagoult A, Zitouni B, Noui Y. 2017 . Algerian Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Physicochemical Characteristics. International Conference on Green Energy and Environmental Engineering(GEEE-2017) ; International Journal of Scientific Research & Engineering Technology – IJSE

- ✚ Tlili, N., Bargougui, A., Elfalleh, W., Triki, A. & Nasri, N. 2011. Phenolic compounds, protein, lipid content and fatty acids compositions of cactus seeds. *J. Med. Plants Res.*, 5(18): 4519–4524.
- ✚ Touré H.A., Bouatia M., Alouani I., Idrissi M.O.B., Hmamouchi M., Draoui M. Nutritive and anti-nutritive composition of moroccan *Opuntia ficus indica* cladodes and fruits. *Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences*, (2016), 7(5): 1275-128
- ✚ Tsega, L., Nurfeta, A., Abebe, A. Effect of feeding cactus (*Opuntia ficus indica*) fruit meal as a partial replacement of maize on feed intake, growth performance and carcass characteristics of cobb 500 broiler chickens. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 2016 7, 1-17

-V-

- ✚ Villegas & de Gante, M. 1997. Los Nopales (*Opuntia* spp.) recursos y símbolos tradicionales en México. In *Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Mexico, pp. 271–273.
- ✚ Villot L., Robert A., Chancelier C. et Gregoire A. 2013. Caille des blés (*Coturnix coturnix coturnix*) et caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) Hybridation et perspectives de Gestion.
- ✚ Vitorino Carvalho, A., Hennequet-Antier, C., Rouger, R. et al. Thermal conditioning of quail embryos has transgenerational and reversible long-term effects. *J Animal Sci Biotechnol* 14, 124 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00924-2>

-W-

- ✚ Walali Lou dyi D . Qulqu s espèces fruitières d' intérêt secondaire cultivées au Maroc. In : Lláciler G. (ed.), Aksoy U. (ed.), Mars M. (ed.). *Underutilized fruit crops in the Mediterranean region* . Zaragoza : CIHEAM, 1 9 9 5. p. 47 -62 (Cah iers Option s Méditerran éen nes; n . 1 3.
- ✚ Westmore, A. 1952. A revised classification of the bird of the world. *Smithsonian Misc Collect*, 177: 1-22.
- ✚ Wickramasuriya SS, Yi YJ, Yoo J, Kang NK, Heo JM.(2015). A review of canola meal as an alternative feed ingredient for ducks. *J Anim Sci Technol* 2015;57:29.
- ✚ Wise Guy Reports, 2025. Rapport d'étude de marché mondial sur la viande de caille : Taille de la caille : petite, moyenne, grande. Type de transformation : entière, désossée, tranchée. Canaux de distribution : supermarchés et hypermarchés, boucheries, détaillants en ligne, points de vente de restauration. Utilisation finale : consommation humaine, alimentation pour animaux de compagnie. Régions couvertes : Amérique du Nord, Europe, Amérique du Sud, Asie-Pacifique, Moyen-Orient et Afrique. Viande de caille Croissance et analyse du marché 2022,17/02/2025.

- ✚ Wolfram, R.M., Kritz, H., Efthimiou, Y., Stomatopoulos, J. & Sinzinger, H. 2002. Effect of prickly pear (*Opuntia robusta*) on glucose- and lipid-metabolism in non-diabetics with hyperlipidemia-a pilot study. *Wien. Klin. Wochenschr.*, 114: 840–846.
- ✚ Wollgast, J. and E. Anklam, Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 2000. 33 (6): p. 423-447.
- ✚ Woodard, A. E. Abplanalp, H. Wilson, W. et . Vohra, P. 1973. Japanese quail husbandry in the laboratory (*Coturnix coturnix japonica*). University of California: 1-24.
- ✚ Woodard, AE, Abplanalp, H., Wilson, WO. et Vohra, P. (1973). Japanese quail husbandry in the laboratory. pp 1-24. Department of Avian Sciences, University of California, Davis, CA 95616 Feb.

-Y-

- ✚ Yahia, E. M., & Mondragon-Jacobo, C. 2011. Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Food Research International*, 44(7), 2311-2318.
- ✚ Yang, N., Zhao, M., Zhu, B., Yang, B., Chen, C., Cui, C. & Jiang, Y. 2008. Anti-diabetic effects of polysaccharides from *Opuntia monacantha* cladode in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 9: 570–574.

-Z-

- ✚ Zeedan Kh.I.I, EL-Neney B.A.M, Abd EL-Lateif A.I, Awadien N.B, Ebeid T.A. Effect of using residues prickly pear as a source of dietary feedstuffs on productive performance, biological traits, and immune response of rabbits 1-Prickly pear cladodes. *Egyptian. Poultry. Sciences. Journal* 2015 35 4:933-953.
- ✚ Zhang, X. H., Pang, Y. Z., Zhao, S. J., Xu, H. W., Li, Y. L., Xu, Y., Guo, Z. and Wang, D. D. (2013). The relationship of plumage colours with MC1R (Melanocortin 1 Receptor) and ASIP (Agouti Signaling Protein) in Japanese quail (*Coturnixcoturnix japonica*). *British Poultry Science*, 54:3, 306-311.
- ✚ Zlotina A., Galkina S., Krasikova A., Crooijmans R. P. M. A., Groenen M. A. M., Gaginskaya E. et Deryusheva S., 2012. Centromere position in chicken and Japanese quail chromosomes: de novo centromere formation versus peri-centric inversion. Springer Science Business Media Dordrecht. United States of America.
- ✚ Zou D.M., Brewer, M., Garcia, F., Feugang, J.M., Wang, J., Zang, R., Liu, H. & Zou, C.P. 2005. Cactus pear – a natural product in cancer chemoprevention. *Nutr. J.*, 4: 25–29