



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

Université Chadli BEN DJEDID –El Tarf-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

كلية علوم الطبيعة والحياة

Département des Sciences Agronomiques

قسم العلوم الزراعية

Thèse

Présentée pour l'obtention du diplôme

De Doctorat Es- Sciences

(Option : Zootechnie)

*Les tourteaux d'amandes d'abricot dans l'alimentation de la
caille : Effet sur les performances zootechniques, la qualité
des œufs et de la viande.*

Présentée par : Mme Fatma BOUBEKEUR

Le Jury

Président :	TLAILIA Salah	Pr	UCBET-EL-Tarf
Examineurs :	MAATALLAH Saida	MCA	UCBET-EL-Tarf
	ADAMOU Abdelkader	MCA	Université de Ouargla
	BOUSBIA Aissam	MCA	Université 8mai 1945 -Guelma
Directeur de thèse :	ARBOUCHE Rafik	Pr	Université de Ghardaïa
Co-directeur de thèse:	BENRACHOU Noura	MCA	UCBET-EL-Tarf

Année universitaire : 2022-2023

REMERCIEMENTS

Louange à Allah le tout Miséricordieux, le très Miséricordieux; et prières et salut sur son prophète.

*Mes vifs remerciements à mon encadreur, à Mr **ARBOUCHE Rafik**, qui a dirigé mon travail, pour ces précieux conseils, ces encouragements et pour avoir approfondi mes connaissances.*

*Je voudrai également exprimer mes remerciements sincères à Mme **BENRACHOU Nora**, co-directrice de la thèse pour ses conseils et sa confiance qui ont été une grande source d'appui.*

*J'adresse mes remerciements à Mr **TLAILIYA Salah** qui a bien voulu m'honorer en présidant mon jury de thèse.*

*Mes respectueux remerciements vont à Mme **TAAMALLAH Saida**, Mr **ADAMOU Abdelkader** et Mr **BOUSBIA Aissam** pour avoir accepté de juger et d'évaluer ce modeste travail.*

FATMA

DEDICACES

Au terme de ce travail,

Je voudrais le dédier à mes très chers parents, pour leurs affections et soutien tout au long de ma vie et ma carrière. Merci car c'est aussi le fruit de votre éducation et de vos encouragements à aller toujours de l'avant. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon très cher mari ; Tu es la lumière de mon chemin, merci pour tes sacrifices, ton soutien moral et matériel, ta gentillesse sans égal, ton profond attachement m'ont permis de réussir mes études.

A mes petits anges, mes fils Mahdi et Dhia, Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. ... Que dieu vous assiste.

A mon frère ; Je ne pourrai jamais oublier le soutien et l'aide que tu toujours présentes, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Sans oublier mes très chers neveux et ma nièce.

A mes beau parents, merci que vous m'avez accueilli à bras ouverts dans votre famille. En témoignage de l'attachement, de l'amour que je porte pour vous.

Je dédie ainsi ce travail à tous mes beaux frères, surtout pour votre mémoire Mehdi, et mes belles sœurs, à tous les membres de ma famille, petits et grands.

Je dédie ce travail à madame et monsieur Arbouche , J'ai eu le privilège de travailler parmi votre équipe et d'apprécier vos qualités et vos valeurs. Veuillez trouver ici l'expression de ma respectueuse considération et ma profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

FATMA

RESUME

Le but de cette étude a été de déterminer l'influence de l'incorporation du tourteau d'amande d'abricot (TAA) en substitution au tourteau de soja dans l'alimentation des cailles à l'engraissement sur les performances zootechniques, les caractéristiques des carcasses, la qualité des œufs et les paramètres physico-chimiques de la viande.

600 cailleaux d'un jour, à sexe ratio égale (1:1), du type *Coturnix coturnix japonica*, pesant en moyenne $7 \pm 0,2$ g, ont été distribués aléatoirement en quatre groupes, un groupe témoin et trois groupes expérimentaux, ces derniers sont fonction du taux d'incorporation du tourteau d'amande d'abricot en mode séquentiel ou non dans les différentes phases d'élevage. Chaque groupe a été parqué en 5 paquets de 30 cailleaux et répartis aléatoirement en fonction du taux d'incorporation (0% ; 10% ; 20% et 30%) en TAA.

Le gain moyen quotidien de 1 à 45 jours (GMQ_{1-45j}) du lot 30% du groupe avec une incorporation en démarrage et finition (DF_{TAA}) a été maximal (4,24g/j/sujet), avec un poids vif (PV) final optimum de 193,4g, un indice de consommation (IC) minimal (3,08) et une quantité ingérée quotidienne (IMQ) de 860g. Le rendement carcasse a été maximal (74,4%) avec un taux protéique de la viande optimal (30,6%) et une teneur en matières grasses minimal (2,26%).

La substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot, dans l'alimentation des cailles à l'engraissement, durant la phase finition et pour l'ensemble des phases d'élevage, a induit de meilleures performances zootechniques, un meilleur rendement en carcasse et a amélioré la composition chimique de la viande. La majorité des paramètres physiques des œufs ne sont pas affectés par l'incorporation partielle du tourteau d'amande d'abricot pour l'ensemble des groupes.

Mots clés : alimentation, cailles, carcasse, performances zootechniques, qualité des œufs, sous-produits.

ABSTRAT

The subject of this study was to determine the influence of the incorporation of apricot almond meal (TAA) as a substitution for soybean meal in the diet of quails for fattening on zootechnical performance, characteristics carcasses, the quality of the eggs and the physico-chemical parameters of the meat.

600 one- day quail chicks, with a equal sex ratio (1 :1), of the *Coturnix coturnix japonica* type, weighing on average 7 ± 0.2 , were randomly distributed into four groups, a control group and three experimental groups, the latter depend on the rate of incorporation of the apricot almond meal in sequential mode or not in the different phases of aging. Each group was penned into 5 packs of 30 curds and distributed randomly according to the rate of incorporation (0%, 10%, 20% and 30%) in AAT.

The average daily gain of 1 to 45 days (GMQ 1-45d) of the 30% batch of the group with an incorporation in start-up and finish (DF_{TAA}) was maximum (4024g/day/subject), with a live weight (PV) optimum final of 193.4g, a minimum consumption index (CI) (3.08) and a daily ingested amount (IMG) of 860g. The carcass yield was maximum (74.4%) with an optimal meat protein level 530.6%) and a minimum fat content (2.26%).

The substitution of soybean meal by apricot almond meal, in the feeding of quails for fattening, during the finishing phase and for all the rearing phases, led to better zootechnical performance, a better carcass yield and improved the chemical composition of the meat. The majority of the physical parameters of the eggs are not affected by the partial incorporation almond meal for all groups.

Keywords: feed, quail, carcass, zootechnical performance, egg quality, by-products.

ملخص

تهتم هذه الدراسة بتحديد تأثير ادخال طحين لوز المشمش في غذاء السمان للتسمين على الاداء في تربية الحيوانات، خصائص الذبائح ، نوعية البيض و الجودة الفيزيائية والكيميائية للحوم.

تم توزيع 600 فلوس سمان عمرها يوم واحد بنسبة متساوية (1 1) من نوع وزنها في المتوسط 7 ± 0.2 غ، بشكل عشوائي الى اربع مجموعات مجموعة مراقبة و ثلاث مجموعات تجريبية ، هذه الاخيرة تختلف بنسب دمج طحين لوز المشمش مع او بدون تسلسل في مختلف مراحل تربية السمان. تم وضع كل مجموعة في 5 حصص من 30 فلوس، و تم توزيعها بشكل عشوائي وفقا لمعدل الدمج بنسب 0% 10% 20% و 30% في

TAA

كان متوسط الكسب اليومي من 1 الى 45 يوما من مجموعة 30% ، في مرحلتي البداية و الانتهاء، بحد اقصى 4.24 غ/يوم/فلوس، مع وزن الحي نهائي امثل يبلغ 193.4 غ و مؤشر استهلاك ادنى 3.08 و الكمية اليومية المتناولة تبلغ 860 غ. كان محصول الذبيحة الحد الاقصى 74.4% ، مع مستوى بروتين اللحم الامثل 30.6% و الحد الادنى للدهون 2.26%

ادى ادخال طحين لوز المشمش في غذاء السمان، خلال المرحلة النهائية و مختلف مراحل التربية، الى نتائج افضل و انتاجية افضل للذبيحة و تحسين التركيب الكيميائي للحوم. اما بالنسبة للبيض فان غالبية الخصائص الفيزيائية لا تتأثر.

الكلمات الدالة تغذية ،سمان، ذبيحة انتاجية حيوانية، جودة البيض، منتج ثانوي

LISTE D'ABREVIATIONS

Abréviations	Significations
%	Pourcentage
°C	degré Celsius
ANOVA	Analysis of Variance
mm	millimètre
Cm	centimètre
cm ²	centimètre carré
M	Mètre
m ²	mètre carré
km ²	Kilomètre carré
CMV	Complément Minéral et Vitaminé
J	jour
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
mg	Milligramme
G	Gramme
g/j	Gramme par jour
g /j/sujet	gramme par jour par sujet
g / kg	gramme par kilogramme
GMQ	Gain Moyen Quotidien
GP	gain pondérale
IC	Indice de consommation
QI	Quantité Ingéré
IMQ	ingéré moyen quotidien
PV	Poids Vifs

TM	Taux de Mortalité
H	Heure
kcal. EM/g	Kilocalorie Energie Métabolisable par gramme
Kcal/Kg	Kilocalorie par kilogramme
Kg	Kilogramme
kg/sujet	Kilogramme par sujet
ml	Millilitre
Watt/m ²	Watt/mètre carré
NRC	National Research Council
NS	No Significant
p	Probability
PB	Protéine Brute
pH	Potentiel Hydrogène
L	Longueur
L	Largeur
MG	Matière grasse
TAA	Tourteaux d'amandes d'abricot
D _{TAA}	Démarrage tourteaux d'amandes d'abricot
F _{TAA}	Finition tourteaux d'amandes d'abricot
DF _{TAA}	Démarrage et finition tourteaux d'amandes d'abricot

LISTE DES FIGURES

<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
<i>1</i>	Caille japonaise coturnix japonica : (a) femelle, (b) mâle	<i>6</i>
<i>2</i>	Glande cloacale chez mâle	<i>6</i>
<i>3</i>	Absence de glande cloacale chez la femelle	<i>6</i>
<i>4</i>	abricotier	<i>40</i>
<i>5</i>	Fruit et Noyau de l'abricotier	<i>44</i>
<i>6</i>	Amande du noyau d'abricot	<i>46</i>
<i>7</i>	Localisation de la région de Sétif	<i>51</i>

LISTE DES PHOTOS

<i>Numéro</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
1	Séparation et disposition du matériel d'élevage	52
2	Assiettes et abreuvoirs 1 ^{er} âge	53
3	Trémies de 12 kg et des abreuvoirs siphoniques de 8 litres	53
4	Radiant à gaz et un thermomètre de contrôle	54
5	Enregistrement du poids de l'aliment	59
6	Enregistrement du poids des animaux	60

LISTE DES TABLEAUX

Numéro	Titre	Page
1	Classification taxonomique des cailles dans le règne animal	3
2	Les différences entre les deux sexes	5
3	Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unités par kilogramme d'aliment à 90% de matière sèche	20
4	Poids corporels (g) des cailles de différents âges à différents niveaux protéiques de la ration.	22
5	Consommation et croissance du cailleteau	23
6	Apports recommandés en protéines, en acides aminés et en minéraux pour la caille reproductrice en fonction de différents régimes énergétiques.	24
7	Valeur nutritive du maïs	26
8	Valeur nutritive du blé tendre	27
9	Valeur nutritive de l'orge	28
10	Valeur nutritive du seigle	29
11	Valeur nutritive du triticale	29
12	Valeur nutritive de l'avoine	30
13	Valeur nutritive du sorgho	31
14	Valeur nutritive du son de blé	32
15	Valeur nutritive du tourteau de soja 44%	34
16	Valeur nutritive de la féverole	36
17	Valeur nutritive du pois	37
18	Évolution de la culture d'abricotier en Algérie	43
19	Composition chimique d'amande d'abricot	46
20	Composition chimique du tourteau d'amande d'abricot	47
21	Valeur nutritive des tourteaux d'amande d'abricot	47

22	Formules (kg/100 kg d'aliment) des aliments de démarrage-croissance (D) (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 d'amande d'abricot.	55
23	Dispositif expérimental en fonction du taux d'incorporation du tourteau d'amande d'abricot (TAA) et des différentes phases d'élevage	56
24	Composition chimique du tourteau d'amande d'abricot (% de MS)	57
25	Effet de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur la croissance pondérale (g) et le gain moyen quotidien (GMQ g/j/sujet) des cailles.	67
26	Effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur l'ingéré moyen (IM en g/sujet) et l'indice de consommation (IC) des cailles.	68
27	Effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur les caractéristiques des carcasses	69
28	Effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur les paramètres physico-chimiques de la viande de la caille.	70
29	Effet de la substitution partielle du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur la qualité des œufs des cailles.	71

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Élevage des cailles	
1. Description de la caille japonaise	3
1.1. Classification.....	3
1.2. Morphologie.....	4
1.3. Sexage.....	4
2. Bâtiment d'élevage	7
3. Conditions d'ambiance	7
3.1. Température	7
3.2. Humidité.....	8
3.3. Densité animale	8
3.4. Photopériode	9
4. Elevage de la caille japonaise	9
4.1. Elevage des reproducteurs	9
4.2. Elevage des cailles pondeuses	9
4.2.1. Maturité sexuelle	9
4.2.2. Ponte	11
4.3. Elevage des cailles de chair.....	12
4.4. Techniques d'élevage.....	12
4.4.1. Élevage au sol	12
4.4.2. Elevage en cage	13
5. Différentes phases d'élevage	14
5.1. Incubation	14
5.2. Eclosion	16
5.3. Démarrage	16
5.4. Engraissement ou finition	17
5.5. Ponte	17

5.6. Abattage	18
Chapitre II : Alimentation de la caille	
1. Besoins nutritionnels	19
1.1. Besoins alimentaires des cailleteaux	22
1.2. Besoins Alimentaires des cailles reproductrices	23
2. Forme de présentation de l'aliment	24
3. Les matières premières principales	25
3.1. Comme sources d'énergie	25
3.2. Les sous-produits des céréales	31
3.2.1 Sous-produits du blé tendre	31
3.2.2 Sous-produits du maïs	32
3.3. Comme sources de protéines	33
3.3.1. Les tourteaux d'oléagineux.....	33
3.3.2. Les grains de protéagineux et oléo-protéagineux	36
Chapitre III : Tourteaux d'amandes d'abricots	
1. Généralités sur l'abricotier	39
1.1. Classification botanique	39
1.2. Variétés connues de l'abricotier	40
1.3. Historique sur l'arboriculture fruitière en Algérie	40
1.4. Production d'abricots	41
2. Abricot	44
2.1. Sous-produits d'abricot	44
2.2. Définitions.....	45
2.2.1. Définition d'un sous-produit	45
2.2.2. Définition d'un coproduit	45
3. Amande abricot	45
3.1. Composition chimique d'amande d'abricot	46

3.2. Tourteaux d'amande d'abricot	47
3.2.1. Définition d'un tourteau	47
3.2.2. Composition chimique	47
3.3. Facteurs antinutritionnels	47
3.3.1. Acide cyanhydrique	48
3.3.2. Méthode de détoxification	48
3.4. Incorporation des sous-produits (amande d'abricot) dans l'alimentation des bétails	49
3.4.1. Essai sur ovins à l'engrais	49
3.4.2. Essai sur le poulet de chair	50
Partie expérimentale	
Matériel et méthodes	
1. Matériel	51
1.1. Lieu et période de l'expérimentation	51
1.2. Bâtiment et équipements	52
1.3. Animaux.....	54
1.4. Aliment et matériel végétal.....	54
2. Méthodes.....	57
2.1. Conduite d'élevage	57
2.1.1. Avant la réception des cailleteaux.....	57
2.1.2. Réception des cailleteaux	58
2.1.3. Au cours de l'élevage	58
2.2. Paramètres étudiés	59
2.2.1. Pesée des animaux	59
2.2.2. Taux de mortalité	60
2.2.3. Consommation d'aliments	60
2.2.4. Indice de consommation (IC)	60
2.2.5. Gain moyen quotidien : GMQ (g/j).....	61
2.3. Conditions de pré-abattage, abattage et rendements	61
2.4. Caractéristiques des carcasses et analyses physicochimiques de la viande.....	61
2.4.1. Préparation de l'échantillon	61

2.4.2. Mesure du ph	62
2.4.3. Mesure du pouvoir de la rétention en eau (PRE).....	62
2.4.4. Détermination de la teneur en eau	62
2.4.5. Détermination de la teneur en cendres	63
2.4.6. Dosage de la matière grasse	63
2.4.7. Détermination de la teneur en protéines	63
2.5. Qualité des œufs	64
2.5.1. Longueur et largeur des œufs	64
2.5.2. Hauteur du blanc et hauteur du jaune	64
2.5.3. Poids de l'albumen, du jaune et de la coquille.....	64
2.5.4. Épaisseur de la coquille	64
2.5.5. Couleur du jaune	64
2.5.6. L'unité Haugh	65
2.5.7. Rapport Jaune/blanc	65
2.5.8. Indice de forme	65
2.5.9. Pourcentage de l'albumen	65
2.5.10. Pourcentage de la coquille	65
2.5.11. Pourcentage du vitellus.....	65
2.5.12. Indice vitellus	65
2.5.13. Les paramètres d'incubation	65
2.6. Analyse statistique	65
Résultats et discussion	
1. Résultats	67
1.1. Effet sur les performances zootechniques	67
1.2. Effet sur les caractéristiques des carcasses et paramètres physico- chimiques de la viande	68
1.3. Qualité des œufs	70
2. Discussion	71
Conclusion générale.....	74
Références bibliographiques	

Introduction

L'élevage de la caille ou coturniculture, a attiré l'attention des éleveurs avicoles comme nouvelle piste de diversification de l'élevage et un moyen de produire de la viande et/ou des œufs dans un laps de temps court (Nanda et al. 2015 ; Kaur et Mandal, 2015) en offrant aux consommateurs de nouveaux choix de goût et en renforçant la production de viande pour faire face à la demande de plus en plus accrue en protéines animales (Ukashatu et al., 2014). En effet, les cailles sont caractérisées par une maturité sexuelle précoce et une faible exigence en alimentation et en espace par rapport aux autres espèces avicoles (Nanda et al. 2015 ; Kaur et Mandal, 2015). De plus, leur croissance rapide fait qu'elles sont perçues par les familles rurales les plus démunies comme une source financière à même de rehausser leurs niveaux de vie (Dahouda et al 2013) d'autant plus qu'elles ne nécessitent que très peu de moyen financier (Mondry, 2016).

Depuis longtemps, et en raison de leur richesse en énergie et en protéines, les régimes maïs-soja ont été considérés comme les aliments de base pour les volailles quel que soit le type de production (œuf, viande). (Shamna et al., 2013). Cependant, comme pour la plupart des pays émergents, l'Algérie est dépendante des importations de matières premières constituant les rations alimentaires des animaux domestiques, entraînant ainsi des coûts de productions trop élevés pour pouvoir satisfaire les besoins en protéines animales des populations les plus démunies. Selon Guermah et al, (2016) et Belhouadjeb et Chehat, (2013), le coût de l'alimentation dans les élevages représente 60% à 70% des dépenses totales. L'introduction et l'utilisation des sous-produits agro-industriels et agricoles locaux ont été préconisées par plusieurs auteurs (Arbouche et al 2014 ; Meradi et al 2016_a et 2016 ; Menani et al 2017 et 2019 ; Baa et al 2019 ; Bara et al 2019 ; Ouzzir et al 2020) et ce à des taux d'incorporation qui restent dépendant de l'espèce et du type de sous-produits.

Le tourteau d'amande d'abricot est un sous-produit de la transformation de ce fruit en confitures et jus dont les plantations se situent au niveau du Hodna (zone semi-aride algérienne) sur une superficie de 46 000 hectares pour une production moyenne annuelle de 2,9 millions de quintaux (Madr 2016). Selon El-Adawy et al., (1994) et Ferradji et al., (2001), la disponibilité du tourteau d'amande est de l'ordre de 107 mille quintaux annuellement. D'après Arbouche et al, (2018), la teneur en protéines brutes est de l'ordre de 42,3% pour un taux de cellulose brute de 7,7%. Ce tourteau a été expérimenté chez plusieurs espèces, le poulet de chair (Arbouche et al., 2012), l'ovin à l'engrais (Arbouche et al., 2014), chez le lapin (Ouzzir et al, 2020) et en association avec un autre sous-produit chez ce dernier (Mennani et al., 2017 et 2019).

Notre principal objectif dans cette étude est de vérifier l'effet de substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot dans le régime alimentaire des cailles ; et d'examiner l'impact potentiel de l'incorporation du tourteau d'amande d'abricot et son effet sur les paramètres zootechnique durant chaque phase d'élevage ; expérimenter d'une façon séquentielle.

Partie bibliographique

Chapitre I :
Élevage des cailles

Selon Prabakaran (2003), Le terme ‘‘caille’’ fait référence à un groupe d'oiseaux de petite taille, qui s'accroupissent ou courent plutôt que ne volent pour échapper à un danger, le terme lui-même signifiant ‘‘sombrier ou trembler de peur’’.

1. Description de la caille japonaise

La caille est un oiseau trapu, de petite taille, aux pattes courtes et au plumage varié. L'éleveur des cailles est appelé coturniculteur. (Mondry, 2016).

1.1. Classification

Elle appartient à l'ordre des *Galliformes* et à la famille des *Phasianidae* (Tableau 1), dont son nom scientifique *Coturnix japonica* (Linné, 1758). La caille du japon appartient au genre *Coturnix*. Elle a été longtemps considérée comme une sous-espèce de la caille des blés *Coturnix coturnix* (Westmore, 1952).

Tableau 1: Classification taxonomique des cailles dans le règne animal ;
(Shanaway, 1994) ;

Règne	Animal
Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Vertébrés
Classe	Aves (les oiseaux)
Ordre	Galliformes
Sous-ordre	Galli
Famille	Phasianidés
Sous-famille	Perdicinae
Genre	<i>Coturnix</i>

La caille japonaise (*Coturnix japonica*) est une espèce à domestication récente qui a été élevée au Japon pour des raisons économiques. Elle est habituée à gratter le sol et à vivre en petites bandes. Elle peut vivre durant 2 à 3ans à l'état sauvage et de 2 à 6ans en élevage en captivité. (Sharma et al., 2000 ; Zlotina et al.,2012 ; Kawahara et al.,2013).

1.2. Morphologie

La caille est un oiseau rustique, de taille moyenne, au corps arrondi oviforme d'une longueur de 17 à 18 cm à partir de la pointe du bec jusqu'à la pointe de la queue. Le poids de la caille japonaise est varié de 100 à 160 g (lignées légères) et de 253 à 280 g (lignées lourdes). La longueur du corps 120 à 180 mm. Les mâles pèsent 300g en moyenne tandis que les femelles peuvent atteindre jusqu'à 360g en poids vif. (ITELV, 2012).

1.3. Sexage

Le plumage de la caille japonaise présente un dimorphisme sexuel, permettant de différencier les deux sexes les uns des autres (Tableau 2). La domestication et la sélection de cet oiseau a donné lieu à de nombreuses souches présentant une variété de couleurs de plumage et de motifs (Shanaway, 1994 ; Ernst, 1978). D'après ITELV (2012), le sexage des animaux se fait juste avant l'entrée en ponte.

Tableau 2: Différenciation entre les deux sexes de la caille japonaise ;

	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>
<i>Les plumes de la gorge et la poitrine supérieure</i>	sont longues et pointues (Woodard et al., 1973), avec des taches noires caractéristiques (Ernst, 1978 ; Randall et Bolla, 2008). (Figure 1)	sont d'une couleur brun-rougeâtre uniforme (Figure 1) dépourvue de toutes taches sombres. (Ernst, 1978 ; Mills et al., 1997).
<i>Les plumes des joues</i>	sont le plus souvent de couleur crème. (Ernst, 1978 ; Mills et al., 1997).	sont de coloration brun-rougeâtre apparaît. (Ernst, 1978 ; Mills et al., 1997).
<i>La glande cloacale</i>	Absente. (Figure 3).	ont une glande au niveau du cloaque (Ernst, 1978 ; Ratnamohan, 1985; Randall et Bolla, 2008) qui sécrète une substance blanche mousseuse (Ernst, 1978) (Figure 2), suite à la pression manuelle douce de la glande (Shanaway, 1994 ; Baer et al, 2015), lorsque le mâle est sexuellement actif (Ernst, 1978). La taille de cette glande peut être utilisée comme un indicateur externe de la fonction testiculaire chez les oiseaux. (Shanaway, 1994 ; Baer et al, 2015).

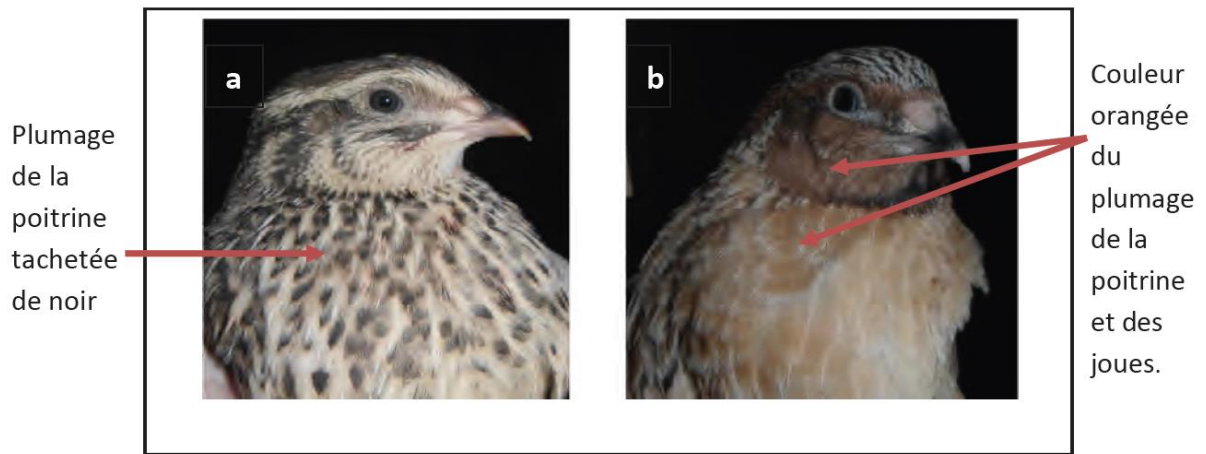


Figure 1 : Caille japonaise *coturnix japonica* : (a) femelle, (b) mâle ; (Huss et al., 2008) ;

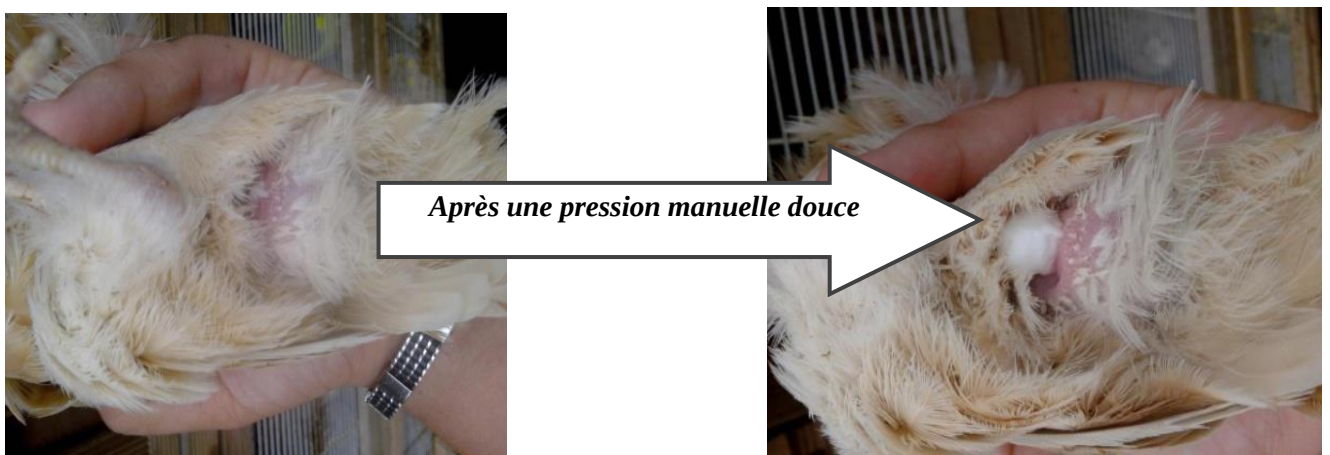


Figure 2 : Glande cloacale chez mâle ; (Site 1).



Figure 3 : Absence de glande cloacale chez la femelle ; (Site 1).

2. Bâtiment d'élevage

Il faut toujours considérer qu'indépendamment des souches, si les moyens le permettent, un investissement dans de bons logements et une densité moindre évitent le stress des animaux. En outre, à long terme, l'éleveur est récompensé par une baisse de la mortalité, des cailles relativement plus grosses ainsi qu'un meilleur taux de ponte. (Mondry, 2016).

Le bâtiment d'élevage doit être isolé et disposé d'une bonne aération. La caille est un oiseau peu exigeant et qui s'adapte très vite à son environnement de vie (Mondry, 2016). Il est souhaitable de ménager divers compartiments dans le local consacré aux cailles :

- ❖ une salle des reproducteurs : dans des cages métalliques, comportant une plaque à déjection et un abreuvoir automatique. Dans chaque cage enfermer 3 femelles et 1 male (Lucotte, 1998 ; OVT, 2005) ;
- ❖ une salle de démarrage ;
- ❖ une salle d'engraissement ;
- ❖ un petit couvoir ;
- ❖ un magasin pour les aliments et matériels divers ;
- ❖ une buanderie aménagée pour le nettoyage et la désinfection des différents matériels ;
- ❖ une petite salle pour les sacrifiés et éventuellement la préparation des cailles pour la vente (Casting, 1979).

3. Conditions d'ambiance

Il est généralement connu que les deux premières semaines de la vie des poussins sont les plus critiques. L'éclosion des poussins de caille les rendent encore plus vulnérables et sensibles au stress. Le poussin de caille n'est entièrement développé qu'à environ la troisième semaine de sa vie. (Shanaway, 1994).

3.1. 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 zone de neutralité thermique pour les poussins de caille est entre 35 et 37°C à 1 jour d'âge suivi d'une réduction à 33°C à une semaine et à 31°C 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 au environ de la quatrième

semaine d'âge quand les poussins sont pleinement emplumés (Shanaway, 1994). Quand ces derniers commencent à manger, leurs températures corporelles augmentent.

Le meilleur guide pour le réglage de la température est le comportement des cailleteaux. S'ils s'agglomèrent près de la source de chaleur et semblent avoir froid cela indique que la température est trop basse. Lorsqu'ils ont tendance à s'installer juste à l'extérieur de la zone la plus chaude, la température est optimale. Les poussins doivent être protégés contre les courants d'air froid, surtout durant la nuit (Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008).

La température a un effet inverse sur la quantité d'aliment consommé par l'oiseau, le gain de poids, la conversion de l'aliment et les caractéristiques de la carcasse. (Özbey et al, 2004).

3.2. Humidité

L'humidité est importante aussi pour le bien-être des poussins de caille. En fait, elle affecte le rythme de développement des plumes, ainsi que l'incidence des maladies respiratoires. 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).

3.3. Densité animale

Qu'elle soit, en cage ou sur sol, elle affecte le taux de croissance de la caille. (Padmakumar et al., 2000). Il a été observé qu'une augmentation de la prise alimentaire est principalement associée à une réduction de la concurrence pour l'alimentation. (Shanaway, 1994). La densité optimale est de 25 kg de poids vif/m² dans les bâtiments ventilés naturellement et 35 kg de poids vif/m² dans les poulaillers à environnement contrôlé selon Shanaway (1994).

Les exigences d'espace pour la caille sont très liées au type de logement ; mais il est généralement recommandé de réserver 75 cm² d'espace au sol par oiseau pendant les trois premières semaines, puis les augmenter à 100cm² jusqu'à la cinquième semaines, et enfin 130-150 cm² durant la période de ponte (une cage de 12.7 cm par 20.3 cm est généralement suffisante pour un couple) (Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008).

3.4. 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'éclairement. En conséquence, leur poids corporel augmente (Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008). La durée de lumière optimale est de 8 heures/jour afin de retarder l'activité sexuelle (Ernst, 1978 ; Randall et Bolla, 2008).

4. Élevage de la caille japonaise

L'élevage des cailles est motivé par la qualité de sa chair et la saveur de ses œufs, en plus de ses plumes utilisées en artisanat (Biagini, 2006), de sa ponte précoce et abondante, d'une maturité sexuelle précoce à l'âge de 42 jours, lié à un caractère de prolificité important et une croissance rapide. (Site 1).

4.1. Élevage des reproducteurs

L'objectif de la reproduction et de l'incubation chez la caille est de produire un poussin sain pour chaque œuf. Les cailles atteignent 50% de leur production d'œufs à la huitième semaine de ponte. Pour la production d'œufs fertiles, les cailles mâles devraient être mises avec les femelles à l'âge de 8-10 semaines (Priti et al, 2014). Le regroupement d'un seul mâle avec deux ou trois femelles donnera généralement une fécondité élevée. L'accouplement pair dans des cages individuelles donne également une bonne fertilité. 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, 2013b).

4.2. Élevage des cailles pondeuses

4.2.1. Maturité sexuelle

La caille atteint sa maturité sexuelle plus rapidement que toutes autres espèces d'oiseaux domestiques. La femelle peut pondre son premier œuf à l'âge de 5 à 6 semaines (Ratnamohan; 1985), ou selon Prabakaran (2003) à l'âge de 7 semaines. Elle continue à pondre des œufs pendant plus d'une année et atteint le pic entre la troisième et la cinquième semaine de ponte (Shanaway, 1994).

La maturité sexuelle (La capacité de la femelle à pondre des œufs et le mâle à produire du sperme) est sous l'effet de plusieurs facteurs :

- ✚ la durée quotidienne de lumière, qu'elle soit naturelle ou artificielle. Donc l'utilisation de lumières artificielles pour induire la ponte en toute saison de l'année a été l'une des contributions les plus importantes à l'amélioration de la production d'œufs chez la caille. La photopériode exerce une influence profonde sur le développement sexuelle des cailles.

De façon générale, de longues journées au cours de la période de croissance accélèrent la croissance et la maturité des gonades. L'utilisation d'un programme d'éclairage tels que : 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité à partir de la troisième semaine d'âge (après la période de démarrage initiale) se traduirait par des cailles arrivant à maturité à environ 6 semaines. Un programme de lumière de jours courts (8 heures de lumière et 16 heures d'obscurité) retarderait la maturité de 10 à 14 jours. En outre, pour produire la réponse souhaitée, l'intensité de la lumière ne devrait pas être inférieure à 10 lux. (Boon et al, 2000).

- ✚ La température peut affecter le développement des oiseaux, par l'intermédiaire de son effet sur la consommation alimentaire. Une température supérieure à 30°C à partir de l'âge de quatre semaines supprime le développement des ovaires et des testicules.
- ✚ La restriction de la nourriture ou de l'eau au cours de la période de croissance aussi réduit le développement gonadique chez la caille.
- ✚ La présence de l'aflatoxine dans le régime alimentaire semble également exercer un certain effet sur le développement sexuel. La caille peut tolérer un niveau d'aflatoxine alimentaire de 0,2 ppm pendant les périodes de démarrage et de croissance et 0,3 ppm dans la période de ponte.
- ✚ Un retard dans la maturité sexuelle peut aussi être le résultat d'une augmentation de la densité des oiseaux. Une surpopulation provoque une réduction de l'espace aux mangeoires et aux abreuvoirs, ce qui à son tour conduit à une réduction de la croissance. Le manque de calcium dans la ration empêche les cailles de pondre jusqu'à ce que le problème soit résolu.
- ✚ L'entrée en ponte chez la caille est avancée si les femelles peuvent entendre les vocalisations des mâles. (Woodard et al, 1973 ; Prabakaran, 2003).

4.2.2. Ponte

La croissance des follicules ovariens dépend de la sécrétion des gonadotrophines par l'hypophyse (lobe antérieur). L'intervalle entre la libération des gonadotrophines et l'ovulation chez les coturnix est habituellement 4 à 6 heures, semblable à celui des poulets. Chaque ovulation se produit à environ 24 à 27 heures après l'ovulation antérieure. La série d'œufs pondus les jours successifs est connu comme une séquence d'œuf, tandis que les jours où aucun œuf n'est déposé, sont connus comme les jours de repos. (Shanaway, 1994 ; Woodard et al, 1973).

Les mêmes facteurs affectant le développement sexuel, influencent aussi la production d'œufs. (Woodard et al., 1973 ; Ratnamohan, 1985) ; les plus indispensables sont :

- ❖ ***La durée de la période de lumière*** affecte non seulement l'entrée en ponte, mais aussi le taux de ponte. La croissance et la fonction ovarienne sont associées à l'augmentation des concentrations plasmatiques des hormones LH et FSH durant deux à trois jours de photo-stimulation. Cette augmentation de gonadotrophines plasmatiques stimule la croissance des follicules ovariens. (Molino et al., 2015). La meilleure production d'œufs est obtenue avec une photopériode maintenue entre 14 et 16 heures par jours. L'éclairage de nuit doit être prévu pour quatre heures par jour, utilisé pour compléter la photopériode naturelle.
- ❖ ***L'aliment consommé*** par la caille est utilisé pour le maintien de la production des œufs. S'il y aura une carence de l'un des nutriments, il y aura une chute de ponte. Le calcium sous forme de carbonate de calcium, est le principal constituant des coquilles d'œufs de sorte que le niveau de calcium dans le régime alimentaire en croissance doit être augmenté pour assurer des coquilles solides. (Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008).

Comme les cailles femelles pondent des œufs pendant les heures du soir, la plupart entre 16:00 et 19:00, les œufs peuvent être recueillis à 19:30 ou à 20:30. Sinon, si la collecte des œufs est retardée jusqu'au matin du jour suivant, les coquilles peuvent être endommagées ou fissurés à cause de la mobilité des oiseaux. Les œufs de caille japonaise peuvent être conservés à température ambiante pendant 5-7 jours durant les saisons normales. (Shanaway, 1994 ; Woodard et al., 1973 ; Molino et al., 2015).

4.3. Élevage des cailles de chair

Des souches de caille spéciales pour la production de viande ont été développées par élevage sélectif. Particulièrement aux Etats Unis, en France, au Japon et en Espagne. Les oiseaux sont généralement sélectionnés pour leur croissance rapide et leur conversion alimentaire élevée. Le principe qui régit l'élevage de la caille de chair est celui du 'tout-plein / tout vide', dans lequel seuls les oiseaux du même âge sont conservés sur le même site. Les oiseaux peuvent être mis dès le premier jour soit sur le sol ou dans des cages en batterie (Shanaway, 1994 ; Randall et Bolla, 2008).

Dans la plupart des élevages commerciaux, les oiseaux sont élevés mâles et femelles ensembles dans les mêmes cages. La vitesse de croissance des cailleteaux 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. (Shanaway, 1994 ; Bonos et al, 2010).

4.4. Techniques d'élevage

L'élevage de la caille peut se pratiquer en cage (avec litière ou sur grillage) ou au sol.

4.4.1. Élevage au sol

La caille peut être élevée à même le sol dans un logement amélioré, comportant une bonne ventilation et une porte large et solide pour faciliter le nettoyage mais il faut faire attention Aux vols, se bâtiment peut être construit en banco ou en ciment et couvert de paille ou de tôle selon les moyens de l'éleveur et la disponibilité des matériaux. Un logement d'une taille de 2 m x 1 m x 2 m peut contenir 160 sujets pour le démarrage jusqu'à 4 semaines ou 80 sujets adultes (Ricard et al, 2016).

Pour l'élevage sur sol, une litière de bonne qualité, comme les enveloppes de riz ou des coques d'arachides est étendue à 5 -10 cm de profondeur sur le plancher. 1.6 cm de mangeoires et 0.8 cm d'abreuvoirs sont nécessaires par oiseau. (Prabakaran, 2003 ; Randall et Bolla, 2008).

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 la sole (Shanaway, 1994 ; Schmid et Wechsler, 1997).

✚ **Le démarrage au sol :** nécessite beaucoup de soins et de surveillance que celui en batterie. Quelques recommandations à suivre durant le cycle d'élevage du cailleteau chair :

- *Le cailleteau a des réserves de vie très importantes alors il doit s'alimenter en eau et en aliment le plus rapidement possible.
- *Le chauffage doit être assuré par des radiants à gaz de petit modèle tout en veillant sur les normes de température et d'hygrométrie.
- *Une densité plus forte que celle indiquée est néfaste à l'obtention d'une bonne croissance.
- *L'éclairage doit être scrupuleusement respecté de manière à réussir un bon démarrage, par la suite on réduit l'intensité pour éviter l'énervement et le picage.
- *La disposition des abreuvoirs et des mangeoires doit être respectée selon les normes avec une attention particulière aux dimensions des abreuvoirs. (Site 1).
- * Pour éviter que l'eau et les aliments ne salissent la literie, il ne faut pas placer les abreuvoirs et les mangeoires au sol, mais les mettre à 10 cm en hauteur, sur des briques par exemple. Alternativement, on peut les attacher à l'extérieur de la cage. (Mondry, 2016).
- *Un taux de mortalités élevés a été observé dues aux noyades, alors il faut utiliser des abreuvoirs spécifiques à la caille au démarrage. (Site 1).

4.4.2. Élevage en cage

Largement utilisé dans les élevages industriels de caille pour la production d'œuf ou de viande. C'est le système le plus utilisé pour l'élevage de la caille japonaise. (Shanaway, 1994 ; Padmakumar et al, 2000).

Cette solution nécessite peu d'espace. Les cages peuvent être construites en bois blanc et en grillage ou uniquement en grillage. La cage en grillage est plus facile à nettoyer et à désinfecter. Le fond de la cage peut être en bois et recouvert de 5 cm de copeaux de bois, ou en grillage à maille carrée de 1,5 cm.

Le plancher est horizontal pour l'engraissement, mais avec une pente légère de 5° pour les pondeuses afin de collecter facilement les œufs.

Pour les jeunes Cailleteaux, il est nécessaire de couvrir le grillage à maille de 7 mm avec du papier au moins la première semaine, car leurs pattes sont trop petites et ils pourraient se

blessé grièvement (Ricard et al, 2016). Les Mangeoires et les abreuvoirs sont installés à l'extérieur de la cage. (Prabakaran, 2003).

Les mesures standard des cages sont de: 1 m de longueur x 0,5 m de largeur x 0,5 m de hauteur ou 2 m x 0,5 m x 0,5 m. Pour les cages de 2 m de longueur, prévoir des pièces amovibles pouvant être séparées en deux compartiments au cas où l'on souhaiterait les utiliser pour de plus petits groupes de reproducteurs à un moment donné. Dans les cages de 1 m x 0,5 m x 0,5 m, il est possible de mettre un groupe de reproducteurs comportant 1 mâle et 5 femelles (Ricard et al, 2016).

La caille japonaise continue à produire des œufs jusqu'à la fin d'une année, et environ 260 œufs sont pondus pendant cette période. (Prabakaran, 2003).

5. Différentes phases d'élevage

5.1. Incubation

Elle se fait avec des œufs de la même taille et de même race de volaille. Les œufs à incuber ne doivent pas être trop petits, trop grands, trop ronds, trop pointus et pas de coquilles rugueuses. L'âge idéal pour mettre les œufs en couveuse est entre 3 et 5 jours. Les œufs doivent être stockés dans une pièce avec une température entre 8 et 12° C. (Maurice et Gerry, 2008).

Les œufs sont incubés durant 16 à 18 jours, selon la souche et les procédures d'incubation (Woodard et al, 1973 ; Ernst, 1978), 17 à 18 jours selon Randall et Bolla (2008). Les œufs sales doivent être nettoyés à l'aide d'un papier verre ou tous autres abrasifs, s'il est nécessaire de les laver il faut utiliser de l'eau chaude, ne jamais utiliser de l'eau froide (Ernst, 1978), car les contaminants vont gagner l'intérieur de l'œuf. Les œufs doivent subir une fumigation après avoir été collectés ou au moins dans les 12 heures avant leur mise en incubation (Randall et Bolla, 2008). L'entretien d'une température, d'une humidité et d'une ventilation optimale est important pour des résultats d'éclosion satisfaisants.

Selon Ernst (1978) et Moraes et al (2008), la température d'incubation optimale n'est pas constante, mais varie en fonction de l'humidité de l'air. Dans les incubateurs ventilés, elle doit être maintenue entre 37.5 à 37.6 °C.

L'humidité est importante pour l'embryon, l'aidant à se développer correctement et à se transformer en un poussin de taille normale. (Shanaway, 1994). Les œufs de caille nécessitent

une humidité optimale plus élevée que ceux de la poule, notamment au début de l'incubation. Des taux élevés d'éclosion chez la caille sont obtenus avec une humidité relative de 65-72% (à une température de 37.7° C) (Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994).

La ventilation a aussi un effet significatif sur le taux d'éclosion; en fait, une mauvaise ventilation et circulation de l'air à l'intérieur de l'incubateur peuvent entraîner une répartition irrégulière de la chaleur et de l'humidité, un niveau mortel de CO₂ et un approvisionnement insuffisant en oxygène qui conduisent à un faible taux d'éclosion (Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994).

Les œufs de caille peuvent être incubés avec succès dans la plupart des incubateurs commerciaux destinés au poulet. (Ernst, 1978). Certains modèles sont conçus spécialement pour les cailles (Ernst, 1978 ; Shanaway, 1994). L'incubateur doit être équipé pour permettre un retournement automatique de tous les œufs sur un angle d'au moins 90°, 4 à 6 fois par 24 heures. Le retournement est particulièrement critique en début de l'incubation. Son manque pendant les 3 à 4 premiers jours entraine des embryons malformés ainsi que d'autres défauts mineurs (Woodard et al., 1973 ; Ernst, 1978). Après 14 jours d'incubation, les œufs ne doivent plus être retournés, ils sont mirés pour déterminer s'ils sont fertiles et pour vérifier la croissance et le développement des embryons (Shanaway, 1994).

Les incubateurs doivent être toujours nettoyés et désinfectés après leurs utilisations (Ernst, 1978).

L'incubation peut être faite de façon naturelle en utilisant une poule couveuse. Généralement la poule caille est une mauvaise couveuse (Maurice et Gerry, 2008).

5.2. Éclosion

Cela se fait normalement aux jours 14 ou 15 pour la caille japonaise. (Ernst, 1978). L'éclosion a lieu entre le 16^{ème} et le 18^{ème} jour pour 85 à 90 % des œufs fécondés, ce qui correspond à 75-80 % des œufs mis en incubation. La consanguinité peut entraîner un taux de malformation des cailleteaux de 10 %.

Il est préférable de ne pas ouvrir l'incubateur – éclosoir à partir du 15^{ème} jour jusqu'à ce que tous les cailleteaux aient éclos, car à chaque ouverture de porte, l'humidité baisse considérablement. Les cailleteaux pèsent 5 à 6 g. Ils doivent demeurer dans l'incubateur-

éclosoir jusqu'à 24 heures après leur éclosion pour être parfaitement secs. Ils n'ont pas besoin d'aliment pendant cette journée. (Mondry, 2016).

5.3. Démarrage

La croissance des cailleteaux est extrêmement rapide durant les premiers jours de leur vie. Les premières plumes apparaissent dès le troisième jour et à trois semaines, les jeunes cailles sont entièrement emplumées. Les sexes peuvent être différenciés à partir de l'âge de trois semaines. (Mondry, 2016). Il est généralement connu que les deux premières semaines de la vie des poussins sont les plus critiques aux les poussins sont très fragiles et très sensibles. (Ernst, 1978).

Bien nettoyer et désinfecter le logement avant la mise en place des cailleteaux et utiliser une litière sèche, absorbante et pas trop grossière. Placer du papier fort ou de la toile de jute sur le sol pendant la première semaine pour éviter que les jeunes cailles absorbent des brins de litière. Si l'on a opté pour des cages en grillage, placer du papier fort sur le grillage pendant la première semaine au moins, pour que les pattes ne s'abîment pas.

Préparer et allumer l'éleveuse chaude 24 heures avant l'éclosion, pour s'assurer que la température au sol sous l'éleveuse ou au niveau du plancher grillagé est comprise entre 38 et 40 °C. (Mondry, 2016).

A l'arrivage, distribuer l'eau dans les abreuvoirs et verser l'aliment directement sur le papier pour que les cailleteaux puissent manger, une fois qu'ils apprennent à manger au niveau des mangeoires, arrêter de verser l'aliment sur le papier pour éviter le gaspillage (Ernst, 1978).

L'éleveuse fournit une température de 40 °C les 3 premiers jours. Puis, la température est réduite de 1 °C tous les deux jours jusqu'à obtenir une température si possible constante de 23 à 25 °C.

Les cailleteaux doivent être de même âge et placé de manière à éviter le surpeuplement. Au sol, ne pas dépasser les 40 cailleteaux/ m. (Ricard et al, 2016).

5.4. Engraissement ou finition

Dès la 3^{ème} semaine après la période de démarrage, la mise en place des cailleteaux doit être dans des cages ou volières où elles resteront jusqu'à la 7^{ème} semaine avant d'être abattus. Le logement doit contenir des cailleteaux du même âge. Il n'est pas nécessaire de fournir plus

de 8 heures de lumière par jour, comme c'est le cas pour les reproducteurs. Ainsi, la maturité sexuelle est plus lente et les cailles qui ne dépensent pas d'énergie à se battre ou à s'accoupler, et s'engraissent plus vite.

Pour faciliter le travail dans un petit élevage, placer de vieux journaux sous la cage, à changer aussi souvent que nécessaire. Une autre solution est le plateau retirable en tôle, placé sous la cage, qui permet un lavage et une désinfection efficaces.

Si l'on utilise la litière, il est possible de la laisser en place jusqu'à la fin, à condition d'en avoir mis suffisamment, de façon à éviter qu'il y ait trop d'excréments qui pourraient être consommés par les cailles et leur causer des entérites.

La mortalité habituelle peut atteindre 10% pendant l'engraissement. Les meilleurs sujets seront gardés comme reproducteurs. (Mondry, 2016).

5.5. Ponte

Les cailles commencent à pondre à partir du 5^{ème} et du 6^{ème} mois. Les œufs fécondés sont issus de l'accouplement entre le mâle et la femelle. Par contre, il y a des femelles qui entrent en ponte avec seulement que l'alimentation. Elles sont donc nourrit avec les aliments de ponte. Le poids moyen des œufs est de 10 g. (Randall et Bolla, 2008).

Par rapport à l'œuf de poule qui est à peu près 5 fois plus gros, l'œuf de caille contient 5 fois plus de phosphore, 7,5 fois plus de fer, 6 fois plus de vitamine B1, 15 fois plus de vitamine B2. L'œuf de caille est le seul œuf diététique au monde. Les œufs de cailles stimulent la croissance, régénèrent l'organisme, améliorent le quotient intellectuel, augmentent l'appétit sexuel, combattent le stress, les maux de cœur, l'obésité, l'asthme, les différentes formes d'allergies, l'hypertension artérielle, les maladies du foie et des reins.

5.6. Abattage

Les cailles sont abattues à 45-50 jours et pèsent entre 160 et 180 g. On peut les déplumer ou enlever la peau avec les plumes en même temps. La deuxième méthode est plus facile à pratiquer pour un grand nombre des cailles. (Mondry, 2016).

Chapitre II :
Alimentation de la
caille

L'alimentation joue un rôle important dans la croissance de la caille, il représente environ 70% du coût total de production. La nutrition à trois buts :

- maintenir la vie,
- assurer une bonne croissance,
- permettre la production d'œufs maximale (ou reproduction) pour les cailles d'élevage.

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).

1. Besoins nutritionnels de la caille japonaise

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 raison de leur croissance rapide. (Tableau 3). (Prabakaran, 2003).

La caille a besoin d'une alimentation diversifiée (farine ou graines fines) très riche en protéines. En effet, il lui faut 25 à 30% pour une alimentation de croissance, et 15 à 20% pour une composition d'engraissement. (Berrama et al., 2011). La composition de l'aliment doit permettre de couvrir tous les besoins (croissance, entretien et dépenses d'exercice entre autres) des sujets. (Guillaume, 1970).

Tableau 3: 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	Reproduction
		2,900*	2 ,900*
Protéines et acides aminés			
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
Graisse			
Acide linoléique	%	1,0	1,0
Macroéléments			
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
Oligo-éléments			
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
Vitamines liposolubles			
A	UI	1650	3300
D3	UI	750	900
E	UI	12	25
K	Mg	1	1
Vitamines hydrosolubles			
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

Les données relatives aux normes alimentaires chez la caille sont éparses et étalées dans le temps. La caille consomme environ 25 g/j. Il est observé que la consommation chez les cailles diminue avec l'âge. (Mondry ,2016).

Selon Guillaume, (1970), les besoins en protéines brutes de la caille domestique pour la ponte maximale sont compris entre 16-17%, pour un niveau d'énergie de 2,65 kcal EM/g d'aliment. Pour la croissance, un taux de 21 % de protéines brutes est largement suffisant au démarrage et un peu moins pour l'engraissement.

Le calcaire est déterminant surtout pour la qualité des œufs. Une déficience en calcium et phosphore se traduira par des œufs fêlés et de faible valeur commerciale. (Mondry ,2016).

Une eau de très bonne qualité, renouvelée régulièrement doit toujours être à la disposition des cailles, et à toutes les étapes de leur élevage. (Guillaume, 1970).

Les poussins de Coturnix ont une vitesse de croissance (Tableau 4) très rapide, ce qui exige des besoins élevées en protéines. Ils pèsent environ 7g à l'éclosion et gagnent en 6 semaines un poids corporel de 110g environ. (Woodard et al., 1973; Berrama et al., 2011).

Tableau 4 : Poids corporels (g) des cailles de différents âges à différents niveaux protéique de la ration. (Woodard et al., 1973) ;

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4
% en protéine de la ration	20	25	30	35
Energie métabolisable (kcal/kg)	2990	2880	2770	2660
Age (semaine)	Poids corporel (g)			
S0	6,8	6,8	6,8	6,8
S2	14,8	17,2	40,4	30,1
S3	27,4	32,0	69,0	44,7
S4	-	-	69,3	67,1
S5	82,3	87,2	96,4	94,7
S6	119,9	102,6	113,5	111,2

1.1. Besoins alimentaires des cailleteaux en croissance

La croissance est rapide jusqu'à l'âge de 5 semaines, l'abattage intervient entre 40 et 45 jours, contrairement à ce qui existe dans la plupart des espèces avicoles domestiques, le dimorphisme sexuel chez la caille est en faveur de la femelle. (Casting, 1979 ; Mondry ,2016).

Les caractéristiques moyennes de croissance et de consommation des cailles domestiques sont représentées dans le tableau 5. Le cailleteau présente les mêmes vitesses de croissance si la concentration énergétique de l'aliment varie de 2600 à 3200 kcal /kg (énergie métabolisable). (Casting, 1979 ; Mondry ,2016). Les besoins du cailleteau en protéines et acides aminés en pourcentage de l'aliment sont très élevés en début de vie et diminuent ensuite rapidement. Un très grand nombre de solutions peuvent être trouvés pour déterminer la succession des aliments à distribuer. Dans la pratique, on peut utiliser un aliment (démarrage) jusqu'à l'âge de 21 jours et distribuer un régime (engraissement) jusqu'au sacrifice des animaux. (Casting, 1979 ; Prabakaran ,2003).

Tableau 5 : Consommation et croissance du cailleteau. (Casting, 1979) ;

Age (jour)	21		40		45	
Sexe	M	F	M	F	M	F
Poids vif (g)	145	150	225	240	230	250
Consommation d'aliment par période (g)	0-20 jours		21-40 jours		41-45 jours	
	460	475	230	465	80	100
Consommation cumulée (g)	460	475	880	930	960	1030
Indice cumulé	-	-	4,08	4 ,05	4,35	4,28

1.2. Besoins Alimentaires des cailles reproductrices

Chez la caille comme chez la plus parts des femelles des espèces aviaires, la concentration énergétique de l'aliment n'exerce guère d'effet sur la ponte, on peut donc avoir recours à une gamme assez large de concentration énergétique. (Prabakaran ,2003). Les teneurs de l'aliment en protéines et en acide aminées soufrées utilisées pour la ponte sont

nettement supérieures. Les recommandations selon différentes concentrations énergétiques font l'objet du tableau 6.

Tableau 6 : Apports recommandés en protéines, en acides aminés et en minéraux pour la caille reproductrice en fonction de différents régimes énergétiques. (Casting, 1979) ;

Concentration énergétique (kcal/kg d'énergie métabolisable)	2600	2800	3000
Protéines brutes (%)	17,80	19,20	1,18
Lysines (%)	1,02	1,10	1,18
Méthionine (%)	0,38	0,41	0,44
Acide amine soufré (%)	0,72	0,81	0,84
Tryptophane(%)	0,20	0,21	0,22
Thréonine(%)	0,54	0,50	0,62
Minéraux			
Calcium(%)	3,00	3,20	3,40
Phosphore totale(%)	0,60	0,65	0,70
Phosphore disponible(%)	0,37	0,40	0,43
Sodium(%)	0,14	0,15	0,16
Chlore(%)	0,13	0,14	0,15
Consommation journalière attendue à 23°C (g)	25	23	21

Les performances de ponte de la caille sont très élevées si on les rapporte au poids vif, le poids d'œuf produit par jour atteint en effet 9 g pour une femelle pesant 175g soit un rapport masse d'œuf exporter par poids corporelle double de celui enregistrée chez la poule pondeuse. (Casting, 1979 ; Mondry ,2016).

2. Forme de présentation de l'aliment

Les caractéristiques physiques de l'aliment (la taille des particules, la couleur, le goût et l'odorat) affectent également la quantité d'aliment consommée.

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.

D'après Prabakaran (2003), à cause de leur petite taille, la granulométrie doit être plus fine jusqu'à l'âge de deux semaines.

3. Matières premières principales

On distingue principalement deux types de matières premières : Les sources d'énergie et les sources de protéines.

3.1. Comme sources d'énergie

3.1.1. Céréales

Les céréales sont les principales sources d'énergie. On y trouve les grains de blé, de maïs, de sorgho, de seigle et de triticales. Parmi toutes les céréales, se sont celles qui ont les meilleures valeurs énergétiques car elles ont une faible proportion d'enveloppe externe contre une forte proportion d'albumen. (Bensalah, 2016).

Elles sont riches en matière sèche, composée avant tout d'amidon. Cet amidon est d'une digestibilité élevée ne nécessitant pas de traitements spéciaux, tels que la cuisson. Par contre, les céréales sont relativement pauvres en matières azotées (10 % environ) et celles-ci sont déficientes en certains acides aminés indispensables tels que la lysine et le tryptophane ou la méthionine dans une moindre mesure.

Pour ce qui est des matières minérales, les céréales présentent un déséquilibre phosphocalcique très important, au détriment du calcium. Le tiers du phosphore est sous forme phytique, inutilisable par les volailles. Ainsi, il faudra compléter en calcium les rations riches en céréales.

Les céréales sont pauvres en vitamines. De plus, elles contiennent peu de cellulose. Par ailleurs, elles sont de conservation facile, ce qui est un énorme avantage. (Larbier et Leclercq, 1991; Métayer et al, 1993 ; ONIC-AGPM, 1999 cité par Jaovelo ,2007).

A. Maïs :

Le maïs est la céréale de choix pour l'alimentation des oiseaux domestiques. Il possède la valeur énergétique la plus élevée des céréales. (Becart et al, 2000). Il est devenu la norme à laquelle d'autres céréales, sous-produits céréaliers et d'autres ingrédients qui produisent de l'énergie sont comparés. Dans la plupart des régimes alimentaires pour les volailles, le maïs sera le principal contributeur de l'énergie métabolisable (Tableau 7). (Larbier et Leclercq, 1992 ; Gynieys, 2003 ; Leeson et Summers, 2005).

Tableau 7 : Valeur nutritive du maïs. (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
86	7.5	1.9	0.01	0.28	0.12	3373

Le maïs est pauvre en certains oligo-éléments et vitamines (niacine indisponible), mais il constitue une bonne source de biotine et de caroténoïdes. (Bourdon et al., 1989).

Le maïs est riche en xanthophylles environ 5ppm et 0,5 ppm de carotènes, particulièrement efficaces pour la coloration du jaune d'œuf et de la peau (graisse corporelle) des oiseaux entraînant parfois une dépréciation visuelle du poulet au moment de la commercialisation (Larbier et Leclercq, 1992). Par contre c'est un avantage pour la coloration du jaune d'œuf (Gynieys, 2003).

Le maïs a une teneur faible en protéines (Adoum, 2007), raison pour laquelle il est relativement associé à des matières riches en protéines (tourteaux et farines). (Zaidi, 2007 cité par Boubekour, 2015).

B. Blé

Le blé est de plus utilisé en alimentation animale car sa teneur en protéines est plus élevée (12 à 15%) que celle du maïs. (Adoum, 2007 et Gynieys, 2003). Il se prête moins bien à l'alimentation des poules pondeuses car il n'apporte presque pas de pigment pour le jaune de l'œuf, (Anonyme, 2003 et Bourdon et al, 1989).

Selon Larbier et Leclercq, 1992, sa teneur en protéines est très variable. Elle dépend des variétés et des conditions agronomiques. C'est la même chose que sa valeur énergétique d'après Bourdon et al, 1989, en plus elle varie peu en fonction des années (Tableau 8).

L'utilisation du phosphore du blé par les volailles est bonne (une digestibilité de 50%) du fait de l'existence de phytases endogènes (dans le grain) qui permet une hydrolyse partielle de ce dernier (Dieng, 1998 et Bourdon et al, 1989).

Tableau 8: Valeur nutritive du blé tendre. (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
86	10.8	2.8	0.05	0.30	0.11	3210

Le blé contient environ 5 à 8% de pentosanes, principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (70 à 80%), ils représentent 6 à 8% du gluten et 2 à 3% de la farine. selon (Benkara, 2012), les pentosanes sont subdivisées en :

a) arabinoxylanes (Les pentosanes solubles)

b) arabinogalactanes (Les pentosanes insolubles).

Les arabinoxylanes solubles dans l'eau modifient la viscosité du contenu intestinal, ce qui réduit la digestibilité et l'absorption des nutriments. Par conséquent, les arabinoxylanes sont considérés comme des facteurs antinutritionnels du blé. Des enzymes commerciales sont disponibles et peuvent être ajoutées à l'alimentation des volailles pour empêcher les effets négatifs des arabinoxylanes. (Jacob, 2012).

C. Orge

L'orge étant considérée comme l'une des principales graminées cultivées dans le monde. Il présente un grand intérêt économique dans certains pays en raison de :

- son rendement élevé ;
- sa grande adaptation aux conditions pédoclimatiques ;
- ses prix parmi les moins élevés. (Didi, 2006).

D'après Larbier et Leclercq (1992), l'orge est plus riche que le blé en fibres, ce qui entraîne un abaissement de sa valeur énergétique. Elle est pauvre 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), qui sont moins capables de digérer l'orge et c'est parce qu'il contient un teneur en β -glucane (Leeson et Summers, 2005). Leur teneur dans l'orge varie de 1.5 à 8.5% par rapport à la matière sèche. (Larbier et Leclercq, 1992). La valeur nutritive de l'orge est détaillée dans le tableau 9.

Tableau 9: Valeur nutritive de l'orge. (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
89	11.5	5.0	0.08	0.42	0.15	2750

Les β -glucanes entraînent la formation de gels dans les intestins, ce qui augmente la viscosité du contenu intestinal. Cette augmentation de la viscosité du digesta affecte négativement la digestion et l'absorption des nutriments (corrélation négative entre la viscosité intestinale et la disponibilité des nutriments.). La nature visqueuse du digesta peut aussi entraîner des excréments collants, ce qui augmente la teneur en humidité de la litière, réduisant ainsi la qualité de l'air dans le poulailler. Le taux de passage réduit du digesta rend la colonisation par des bactéries potentiellement pathogènes plus faciles. (Immerseel et al , 2004 ; Jacob, 2012 et Shojadoost et al, 2012).

Les protéines de l'orge présentent cependant un profil d'acides aminés mieux adapté aux besoins des animaux que celui du maïs ou même du blé (Larbier et Leclercq, 1992).

D. Seigle

Bien que la teneur en éléments nutritifs du seigle soit essentiellement similaire à celle du blé et du maïs (Tableau 10) (Leeson et Summers, 2005), il présente plusieurs défauts et soulignent que les volailles ne le tolèrent qu'à des doses faibles (Blum et al, 1984) en raison de la présence de divers facteurs antinutritionnels. Le Seigle contient une fraction insoluble dans l'eau, qui une fois extraite (divers traitements tels que le trempage dans l'eau, la granulation, l'irradiation et la supplémentation alimentaire des divers antibiotiques), améliore sa valeur nutritive. (Leeson et Summers, 2005).

L'explication classique pour cela se rapporte à sa forte teneur en ergot à l'origine d'une baisse des performances chez les poulets de chair nourris par des régimes à base de seigle. Bien que l'ergot soit sans doute toxique, la recherche a montré que le seigle contient également des pentosanes solubles qui réduisent également les performances des poulets de chair. Les effets négatifs de pentosanes peuvent être partiellement surmontés par la supplémentation de l'alimentation avec des pentosanases. (He et al, 2003).

Le seigle n'est toléré qu'à faibles doses, sinon il devient laxatif. Il est donc déconseillé d'en donner aux poussins. On peut l'introduire progressivement dans l'alimentation des adultes et des poules pondeuses sans dépasser 20% de la ration (Gynieys, 2003).

Tableau 10: Valeur nutritive du seigle. (*Feedstuffs Ingredient Analysis*, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
89	12.6	2.8	0.08	0.30	0.10	2710

E. Triticale

Le triticale est une petite céréale à grains synthétique (hybride), résultant du croisement intergénérique de blé et de seigle (Bourdon et al., 1989 ; Leeson et Summers, 2005). De nombreuses variétés ont été développées avec différentes teneurs en protéines (11 à 20%) et un équilibre en acides aminés comparable à celui du blé et supérieur à celui du seigle

(Tableau 11). Comme le blé, le triticale a une importante teneur en phytase et ainsi une meilleure source de phosphore disponible que les autres céréales telles que le maïs ou le sorgho (Leeson et Summers, 2005).

Tableau 11: Valeur nutritive du triticale. (*Feedstuffs Ingredient Analysis*, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
90	12.6	n/a	0.05	0.30	0.10	3150

F. Avoine

L'Avoine est cultivée dans les climats humides et froids, elle représente seulement environ 1,5% de la production totale de céréales. La coque représente environ 20% du grain en poids et cela dicte la teneur élevée en fibres caractéristiques et la faible énergie de l'avoine. (Leeson et Summers, 2005).

Le profil d'acides aminés est cependant assez bon, bien qu'il y ait une certaine variation dans les niveaux en raison de la variété et des effets saisonniers sur les protéines et les acides aminés. Le meilleur indicateur de la valeur de l'énergie de l'avoine est la teneur en cellulose brute qui est négativement corrélé avec l'énergie métabolisable (Tableau 12). (Leeson et Summers, 2005). Il est aussi assez riche en matières grasses (environ 6% de MS). (Carré, 1985 cité par Meradi, 2008).

Tableau 12: Valeur nutritive de l'avoine. (*Feedstuffs Ingredient Analysis*, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
90	11.0	10.5	0.10	0.35	0.14	2550

L'avoine convient surtout aux poules pondeuses, à hauteur de 30% de la ration, car elles sont peu exigeantes en énergie. Pour les jeunes en croissance, il faut limiter les apports à 10% de la ration, car elle favorise le rachitisme. (Gynieys, 2003).

Comme pour les autres petites céréales, l'avoine contient une quantité appréciable (environ 3 à 7%) de β -glucanes, ce qui cause des problèmes de digestion et de viscosité des excréments. Il y a eu un certain intérêt dans le développement de ce qu'on appelle l'avoine nue.

L'avoine nue contient jusqu'à 17% de protéines brutes avec 0.68% de lysine et 1% de méthionine plus cystine. La valeur de l'énergie métabolisable est d'environ 3200 kcal/kg, ce qui rend cette avoine comparables au blé dans la plupart des caractéristiques. Comme l'avoine ordinaire, les β -glucanes peuvent encore être problématiques et leurs effets néfastes peuvent être surmontés avec l'utilisation d'enzymes exogènes.

La disponibilité du phosphore dans l'avoine nue est très faible ce qui entraîne, d'après quelques rapports, une intégrité réduite du squelette chez les oiseaux nourris à base d'avoine nue, sauf si cette disponibilité du phosphore réduite est prise en compte. (Leeson et Summers, 2005).

G. Sorgho

Le sorgho a une composition chimique et une valeur alimentaire proches du maïs (Dieng, 1998 ; Larbier et Leclercq, 1992 ; Gynieys, 2003 ; Leeson et Summers, 2005). Il est riche en énergie métabolisable à cause de sa forte teneur en amidon et de la présence non négligeable de matières grasses. Cependant, le sorgho présente une faible disponibilité en protéines et en phosphore. (Larbier et Leclercq, 1992) (Tableau 13). Il ne contient pas de pigment, contrairement au maïs. (Anonyme, 2003).

Tableau 13: Valeur nutritive du sorgho. (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
89	11.0	2.0	0.04	0.29	0.10	3310

Le principal problème du sorgho réside dans sa teneur importante en tanins (facteurs antinutritionnels très variable en fonction des variétés) qui réduit la digestibilité des protéines et l'utilisation de l'énergie par les volailles (Bourdon et al, 1989 ; Larbier et Leclercq, 1992 et Gynieys, 2003). Ce qui limite son incorporation dans les formules alimentaires à 30-35% pour le sorgho rouge (Dieng, 1998). Les oiseaux nourris avec un aliment contenant du tanin

présentent donc un taux de croissance réduit et dans certains cas graves et des troubles squelettiques apparaissent. (Leeson et Summers, 2005).

3.2. Sous-produits des céréales

3.2.1 Sous-produits du blé tendre

Une partie du blé tendre fait l'objet de transformation industrielle en farine blanche destinée à l'alimentation humaine. Au cours de ces opérations, plusieurs sous-produits apparaissent. (Larbier et Leclercq, 1992). L'emploi en alimentation avicole est très limité, du fait de leurs caractéristiques nutritionnelles médiocres pour les oiseaux. Les plus commercialisées sont:

a) Le son : est le plus pauvre en amidon (19% de la MS) et correspond pratiquement au péricarpe du grain, dont il renferme la plupart des glucides pariétaux. Il s'ensuit une faible valeur énergétique qui limite beaucoup l'emploi de cette matière première en aviculture (Tableau 14). (Bensalah, 2016).

Tableau 14: Valeur nutritive du son de blé. (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (kcal/kg)
				total	disponible	
89	14.8	10.0	0.14	1.17	0.38	1300

L'utilisation du son en aviculture tient compte de leur coût faible et de leur importance dans la régulation du transit digestif dont ils empêchent les perturbations à l'origine de diarrhées et constipation. (Parigi-Bini, 1986).

b) Le remoulage bis et le remoulage blanc : les deux remoulages sont plus proches de la farine, donc plus riches en amidons et plus pauvres en fibres ; leur valeur énergétique est donc beaucoup plus élevée (3125 et 2400 k cal/kg de MS pour le remoulage blanc et le remoulage bis respectivement).

Les sons et remoulages sont relativement riches en protéines, dont le profil des acides aminés ressemble beaucoup à celui du grain d'origine. Enfin, les issues de blé sont riches en phosphore disponible, surtout le son et dans une moindre mesure le remoulage bis et le remoulage blanc. (Larbier et Leclercq, 1992).

3.2.2 Sous-produits du maïs

L'industrie fournisse des sous-produits de maïs est l'amidonnerie. Elle est à l'origine d'un grand nombre de produits élaborés à usage alimentaire humain ou industriels (papeterie, cosmétologie, pharmacie, textilen etc.). Les coproduits destinés à l'alimentation animale sont surtout le tourteau de germes, le gluten et le corn gluten feed. L'huile peut éventuellement être utilisée selon la situation économique.

- Le tourteau de germe à une faible teneur énergétique et
- Le corn gluten feed à la même composition chimique que le maïs dépourvu d'amidon. (Larbier et Leclercq, 1992).
- Le gluten le plus répandu est le gluten '60', c'est-à-dire renfermant 60% de protéines brutes (Leeson et Summers, 2005). C'est une matière première qui présente de nombreuses qualités, favorisant son emploi en aviculture. Il est à la fois riche en protéines et en énergie métabolisable. Le seul défaut du gluten est le profond déséquilibre de ses protéines en acides aminés (déficiência en lysine et en tryptophane, excès de leucine). En revanche, les acides aminés soufrés y sont très abondants (Larbier et Leclercq, 1992 ; Ngom, 2004).

3.3. Comme sources de protéines

3.3.1. Tourteaux d'oléagineux

Les tourteaux sont des sous-produits de l'industrie des huiles alimentaires. Ce sont des matières premières pauvres en matières grasses, surtout si elles proviennent d'un procédé d'extraction par solvant (hexane), ils renferment en outre une proportion élevée de protéines qui fait tout leur intérêt en alimentation animale. (Larbier et Leclercq, 1992). Donc les tourteaux constituent la 2^{ème} classe d'aliments la plus importante après les céréales. (Dieng, 1998). Ces protéines ont des valeurs inégales selon l'espèce végétale d'origine. Leur biodisponibilité et leur composition en acides aminés sont très variables. (Lacassangne, 1982; Larbier et Leclercq, 1992).

On distingue différents tourteaux, tous ne sont pas utilisables en bio car certains sont obtenus par extraction chimique. Vérifiez donc avant d'en acheter. (Anonyme, 2003).

A. Tourteau de soja

Le tourteau de soja est la source de protéine numéro 1 utilisée dans les industries de volaille et d'élevage dans le monde entier (Stein et al, 2008). Il est devenu la norme, contre laquelle d'autres sources de protéines sont comparées (Tableau 15). Son profil d'acides aminés est excellent pour la plupart de type de volaille. (Leeson et Summers, 2005 ; Nahashon, et Kilonzo-Nthenge., 2011). D'après Kébé (1989), c'est le «prince» des tourteaux par sa richesse en protéines et l'équilibre de ses acides aminés.

Tableau 15: Valeur nutritive du tourteau de soja 44% ; (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2012) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (Kcal/Kg)
				total	disponible	
90	44	7	0.25	0.60	0.20	2240

Les protéines de ce tourteau sont très digestibles. De plus, leur profil en acides aminés convient aux besoins des oiseaux en croissance et des femelles en ponte : richesse en lysine, tryptophane, isoleucine, valine, thréonine, équilibre correcte entre leucine d'une part et isoleucine et valine d'autre part. Il est cependant légèrement déficient en acides aminés soufrés. (Larbier et Leclercq, 1992).

B. Tourteau de colza

Il 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. (Bensalah, 2016). En revanche Les protéines sont moins digestibles que celles du soja (72% contre 88%). (Larbier et Leclercq, 1992). 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, il contient un composé « la sinapine » dont le métabolisme digestif communique un goût de poisson aux œufs. (Beghoul, 2015).

Les pellicules de colza représentent 18–20 % de la masse des graines et contiennent principalement des fibres. L'élimination complète de ces pellicules pourrait permettre d'obtenir un tourteau à haute teneur en protéines (43%). (Carré et al, 2015).

Le dépelliculage permet d'augmenter de 25% la valeur énergétique et de 15% la teneur en protéines brutes, cependant, la teneur du tourteau en lysine n'est que faiblement améliorée (+5% environ). (Larbier et Leclercq, 1992).

C. Tourteau de tournesol

Il constitue une bonne source de protéines. Celles-ci sont déficientes en lysine mais en revanche très riches en acides aminés soufrés. Aucun facteur antinutritionnel ne vient limiter son usage. Seule sa valeur énergétique médiocre réduit son incorporation dans les aliments destinés aux volailles de chair. Le développement du tourteau décortiqué permet de mieux valoriser ce sous-produit en aviculture (+200 kcal/kg). (Larbier et Leclercq, 1992).

D. Tourteaux de coton

Les tourteaux de coton présentent une très forte variabilité :

- ✎ le taux de protéines moyen est de 42% mais varie de 28 à 58% ;
- ✎ le taux de cellulose brute varie de 8 à 23% ;
- ✎ le taux de matières grasses de 0.5 à 15% (valeurs exprimées sur sec).

A la variabilité de la graine de départ s'ajoute celle induite par les traitements technologiques. La teneur en protéines assez élevée du tourteau de coton en fait un produit intéressant comparé au tourteau de soja.

L'utilisation des produits du coton en alimentation animale est limitée par leur teneur en gossypol, un pigment jaune polyphénolique (Leeson et Summers, 2005) contenu sous une forme libre dans de petites glandes présentes notamment dans l'amande et le tégument de la graine.

Les traitements d'extraction de l'huile (broyage, chauffage) provoquent la rupture des glandes à gossypol, libérant le pigment dont une partie se lie alors aux acides aminés (en particulier à la lysine). Les formes liées ne sont pas toxiques, mais elles contribuent à dégrader la qualité protéique de la matière première. Le gossypol libre est toxique chez la majorité des espèces animales, avec des niveaux de tolérance différents. Les monogastriques semblent être plus exposés à la toxicité du gossypol globale que les ruminants qui,

apparemment, sont capables de détoxifier le gossypol dans le rumen. (Abdulrashid et al., 2013). Pour les volailles, les niveaux maximums relevés dans la littérature sont de 50 ppm pour les pondeuses et 150 ppm pour le poulet de chair.

Le problème du gossypol peut être partiellement levé de plusieurs façons. Il existe d'abord des variétés de coton "glandless", c'est-à-dire sans glandes à gossypol. La détoxification des graines et des tourteaux peut se faire par traitement thermique. Le gossypol peut aussi être éliminé par voie chimique en utilisant un solvant (Nagalakshmi et al, 2006).

3.3.2. Grains protéagineux et oléo-protéagineux

A. Grains protéagineux

i) Féverole

La féverole est relativement riche en protéines (25 à 33% de MS) et en énergie (Tableau 16), ses protéines sont riches en lysine, mais assez pauvres en acides aminés soufrés et en tryptophane. L'amidon, très abondant (40 à 48% de MS), n'est pas parfaitement digestible par les oiseaux à l'état cru ; sa digestibilité est alors de 85%. La féverole contient une teneur modérée en fibres (fibres brutes 7 à 11% de MS). (Larbier et Leclercq, 1992 ; Heuzé et al, 2015).

Tableau 16: Valeur nutritive de la féverole ; (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2012) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (Kcal/Kg)
				total	disponible	
89	25.7	8.2	0.14	0.51	0.20	2420

L'utilisation nutritionnelle des protéines de la féverole est liée étroitement à la présence de certain nombre de Facteurs antinutritionnels : de protéases, des lectines et surtout des tanins, qui interfèrent avec la digestibilité et l'absorption des nutriments. Ainsi, la digestibilité des protéines d'une féverole génétiquement dépourvue de tanins (Blandine) est notablement supérieure (82,6 %) à celle (68,2 %) de graines riches en tanins, pour une teneur en facteurs antitrypsiques équivalente. (Kaysi et Melcion, 1992).

ii) Pois (*Pisum sativum*)

Parmi les milliers de variétés de pois existant, certaines ont été spécialement sélectionnées pour une utilisation en alimentation animale sur des critères de rendements de culture et de teneur élevée des graines en protéines, on parle alors de « pois protéagineux ».

Les protéines du pois se classent en deux grandes familles selon les critères de solubilité : les globulines (solubles dans des tampons salins et représentent 55 à 65% des protéines totales) et les albumines (solubles dans l'eau et représentent 20 à 30% des protéines totales). Il existe aussi environ 10 à 15% de protéines insolubles. (Perrot, 1995).

La composition en acides aminés des protéines de pois (Tableau 17) montre que celles-ci sont globalement pauvres en acides aminés soufrés et en tryptophane. (Perrot, 1995 ; Gordon, 2005 ; Nalle, 2009).

Tableau 17: Valeur nutritive du pois ; (Feedstuffs Ingredient Analysis, 2015) ;

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (%)	Phosphore (%)		Energie métabolisable chez les volailles (Kcal/Kg)
				total	disponible	
91	22	6	0.17	0.32	0.13	2420

La valeur énergétique du pois est, comme celle de la féverole, compatible avec la majorité des formules alimentaires utilisés dans la production de volaille (Larbier et Leclercq, 1992; Gordon, 2005). L'amidon, l'élément prédominant du poids (54%) et les fibres digestibles (fraction d'hémicellulose 7%), représente la majeure partie de cette fraction énergétique. (Anderson et al, 2002).

Le pois contient des quantités assez faibles de facteurs antinutritionnels (Hickling, 2003). Il peut être utilisé efficacement dans l'alimentation de la volaille en fonction des conditions économiques locales. La principale limite à l'utilisation des pois est le faible niveau d'acides aminés soufrés et le niveau modéré d'énergie (Leeson et Summers, 2005). De plus, la teneur du pois en protéines est inférieure à celle de la féverole ce qui le rend peu utilisable pour les formules riches en protéines telles que les aliments de démarrage (Larbier et Leclercq, 1992).

L'inclusion du pois dans les régimes alimentaires est limitée aussi, par l'effet négatif sur la consommation alimentaire et la digestibilité des nutriments, car, le pois contient une quantité élevée de saponine (0.7 à 1.9g/kg) qui donne un goût amer à la graine (Heng et al, 2006).

iii) Lupin doux

Il est peu répondu, mais c'est une graine tout à fait utilisable pour l'alimentation des oiseaux. Elle est riche en protéines dont le profil des acides aminés est médiocre : déficient en lysine, méthionine et tryptophane. Sa teneur énergétique est moyenne du fait de l'absence de glucides assimilables et sa teneur en huile, assez variable selon les lots. (Larbier et Leclercq, 1992).

L'utilisation de graines de lupin en tant que source de protéines dans l'alimentation des animaux monogastriques a été limitée en fonction de la teneur en alcaloïdes toxiques. (Olkowski et al, 2001).

B. Grains oléagineux

i) Graine de colza

Sa teneur en protéines est moyenne (15 à 25%), mais sa valeur énergétique est très élevée du fait de la présence d'une quantité importante d'huile (près de 50% du produit sec). (Larbier et Leclercq, 1992 ; Beghoul, 2015).

Les graines de colza contiennent des substances antinutritionnels, qui à forte doses entraînent des retards de croissance et des mortalités chez les poules pondeuses. Ces substances peuvent aussi donner le goût de poisson aux œufs ou à la viande. De ce fait le taux limite d'incorporation est d'environ 5% dans la ration. (Gynieys, 2003).

ii) Graine de soja

est une légumineuse, oléagineuse et l'une des sources de protéines végétales les plus importantes et les plus efficaces du monde. (Nahashon et Kilonzo-Nthenge, 2011). Il présente une excellente source d'énergie et de protéines pour la volaille. Il contient environ 38% de protéines brutes, et autour 20% d'huile. (Leeson et Summers, 2005). Il est à la fois riche en protéines très bien équilibrées (sauf en acides aminés soufrés) et riche en énergie du fait de la présence d'huile. Cette dernière fixe les limites d'incorporation qui sont plutôt d'ordre technologique que nutritionnel. (Larbier et Leclercq, 1992).

Chapitre III :
Tourteaux d'amandes
d'abricot

L'arboriculture fruitière joue un rôle agronomique et socio-économique important par sa contribution à:

- * L'autosuffisance en matière de fruits frais et transformés,
- * Au développement du secteur agro-industriel,
- * La valorisation et mise en valeur des zones de montagnes et de régions à microclimat,
- * Aux exportations agricoles,
- * A la conservation des sols et à la lutte contre l'érosion,
- * Au transfert de technologie. (Khemies, 2013).

L'abricotier est originaire d'une vaste zone comprise entre le Nord Est de la Chine, depuis la ville de Ka7n-Tchéou, la Mongolie, et l'Ouzbékistan, jusqu'à la ville Tachkent (Couranjou, 1980 cité par Site 2). Son introduction en Algérie (plus généralement en Afrique du Nord) coïnciderait avec l'expansion de l'Islam, ceci expliquerait les similitudes d'appellation, du grec « praikokion » à l'arabe « Al berkok » et Albercoc en catalan. (Site 2).

1. Généralités sur l'abricotier

1.1. Classification botanique

L'abricotier a été découvert par les Romains en Arménie lors de leurs expéditions guerrières (de 69 à 63 avant J-C). Il fut nommé par ces derniers « pomme d'Arménie », alors que les grecs l'appelaient « pomme d'or ». De cela, il tire son nom botanique de *Prunus armeniaca*. (Site 2).

Règne : *Plantae*

Sous-règne : *Tracheobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Sous-classe : *Rosidae*

Ordre : *Rosales*

Famille : *Rosaceae*

Sous-famille : *Amygdaloideae*

Tribu : *Prunées*

Genre : *Prunus*

Nom binomial : ***Prunus armeniaca***

Nom commun : **Abricotier**

La taille de l'arbre d'abricotier (Figure 4) peut atteindre entre 10 et 15 m de hauteur, mais en culture, la taille est maintenue inférieure à 3,5 m de hauteur (Grimplet, 2004), ses dimensions varient selon les variétés et les conditions de culture. (Lichou et Audubert, 1989).



Figure 4 : Abricotier (Site 3)

Les feuilles alternes ont un limbe de forme elliptique cordiforme et à bord crénelé denté ; elles sont enroulées dans les bourgeons. Les fleurs, assez grandes, blanches ou roses pâles apparaissent avant les feuilles. Le fruit de forme globuleuse est une drupe à peau veloutée, de couleur jaune orangé. Le noyau, non adhérent à la chair contient une amande douce ou amère selon le cas. (Julve, 1998).

1.2. Variétés connues de l'abricotier

Aujourd'hui, plusieurs variétés peuvent être proposées pour une période de production allant du début juin à la fin juillet.

- ✚ **Variétés précoces** : du 10 à 25 juin plusieurs variétés mûrissent à cette période (Mech-Mech, Boulida...).
- ✚ **Variétés de saison** : du 25 juin à 15 juillet.
- ✚ **Variétés tardive** : après le 15 juillet (Broquaire, 1993 cité par Khemies, 2013).

1.3. Historique sur l'arboriculture fruitière en Algérie

Chaouia et al. (2003), en analysant l'évolution de l'arboriculture fruitière en Algérie, ont retenu 4 étapes :

1) L'agriculture coloniale a favorisé le développement de productions destinées à l'exportation vers la métropole, c'est le développement de la vigne de cuve, des agrumes, des dattes, figes sèches, olives de table et huile d'olive. Ces cultures permettaient de valoriser différents terroirs comme les zones de montagne humides, les zones marginales semi-arides de l'ouest, les plaines irriguées et les systèmes oasiens. Ce développement a été possible grâce à l'introduction et à la sélection de variétés adaptées, ce travail a permis d'imposer sur les marchés internationaux des produits spécifiques qui disposaient d'un label reconnu.

2) Après l'indépendance, nous assistons à la régression des productions coloniales et au développement des espèces fruitières à noyaux et à pépins, avec l'arrachage des cépages de vigne de cuve, du vieillissement des vergers d'agrumes, du recul de la palmeraie dans les oasis, et de la dégradation des périmètres irrigués pour l'oléiculture de table. Ce choix stratégique a conduit à la perte des marchés à l'exportation et a permis de réorienter la production vers le marché intérieur.

3) La réorganisation du secteur public agricole de 1987, a accentué la déstructuration des productions coloniales. Nous assistons parallèlement à la hausse du prix de l'équipement, des intrants agricoles, de la levée des subventions de l'État au secteur et de la restriction des crédits bancaires. La restriction a touché le sous-secteur de la production de plants, et l'absence de programme a conduit à l'abandon des parcs à bois et des champs pieds mères (CPM), et à la réduction du nombre de pépiniéristes. Parallèlement, le manque de moyens des exploitations agricoles a conduit à l'absence d'entretien des plantations.

4) La relance du secteur a été envisagée dès 1985, avec l'adoption par le gouvernement du programme de développement de l'arboriculture fruitière, de la viticulture et de la phoeniciculture. Le programme sectoriel n'a eu en fait connu un début d'application qu'avec la mise en place des fonds de développement en 1995, avec le FNDA. C'est surtout le lancement du PNDA, en 2000, que les réalisations ont été significatives, mais le programme se heurte à l'insuffisance de la production nationale, et il est fait appel aux importations.

1.4. Production d'abricots

L'abricot est classé 20^{ème} fruit cultivé en termes de volume (Grimplet, 2004). Lichou et Audubert (1989) signalent que cette espèce, avec une aire de culture assez limitée et un certain retard technique, reste d'importance modeste par rapport aux grands fruits des régions tempérées. D'après F.A.O (2005), elle se développe à un rythme modéré et a augmenté de 29,6 % en 20 ans (1984/2005), soit, en moyenne 1,4% par an.

La Turquie est le premier pays producteur d'abricots, elle fournit près de 13% de la production mondiale, alors que l'Iran et l'Italie occupent la deuxième et la troisième place mondiale. (F.A.O., 2005).

En Afrique, les pays du nord sont les plus gros producteurs d'abricot. Ceci est dû essentiellement au climat de la région qui correspond aux conditions de développement de cette espèce. (Arbouche, 2012).

L'Algérie, avec une production, en 2005 de 100 000 tonnes (Tableau 18), qui correspond à 3,5% de la production mondiale, occupe la huitième place mondiale. Elle occupe la première place avec 25% de la production africaine, la deuxième et la troisième place reviennent au Maroc et à l'Afrique du Sud avec des tonnages représentant respectivement 21,5% et 20,8% de la production africaine (F.A.O., 2005). Malgré cette situation qui paraît favorable, la production algérienne d'abricots demeure très faible et encore loin d'atteindre celle enregistrée dans certains pays du monde.

Tableau 18 : Evolution de la culture d'abricotier en Algérie ; (F.A.O, 2005).

Année	Superficie (ha)	Rendement (Qx/ha)	Production (Tonne)
1984	12 000	45.5	54 638
1985	13 000	32.6	42 408
1986	9 300	39.8	37 033
1987	10 500	34.7	36 430
1988	10 200	31.9	32 500
1989	14 300	32.1	15 925
1990	14 010	25.0	34 979
1991	12 012	49.3	59 263
1992	12 290	33.2	40 785
1993	12 560	55.1	69 187
1994	13 170	32.4	42 689
1995	13 040	31.6	41 233
1996	13 460	59.4	80 000
1997	13 770	28.9	39 850
1998	13 680	42.5	58 110
1999	13 950	53.1	74 140
2000	13 390	42.1	56 354
2001	22 510	30.1	67 724
2002	30 990	23.8	73 733
2003	30 000	23.3	70 000
2004	30 000	23.3	70 000
2005	40 000	25	100 000

La faible capacité de conservation de l'abricot a des incidences économiques importantes, du fait de la limitation de sa commercialisation aux régions proches et durant une période relativement courte. Ainsi, la quasi-totalité des échanges sur le marché de l'abricot se situe dans les pays méditerranéens, et les exportations sont extrêmement limitées. (Grimplet, 2004).

2. Abricot

L'abricot est le fruit de l'abricotier (*Prunus armeniaca* de la famille des Rosacées). (Maillot, 2010). Selon Grimplet, (2004), il est constitué de deux parties, (Figure 5) :

- 1) une partie externe qui forme « le péricarpe » (mésocarpe et l'épicarpe) charnue, comestible : est de couleur jaune orangée, avec une saveur sucrée, un parfum aromatique, plus ou moins ferme, juteux ou fondant et parfois farineux.
- 2) une partie interne « endocarpe » lignifiée qui constitue le noyau. (Hamizi, 2006).

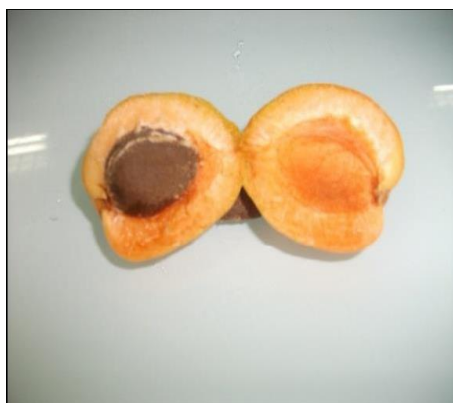


Figure 5 : Fruit et Noyau d'abricotier ; (Site 4).

L'abricot est une drupe à chair peu juteuse, mais sucrée et parfumée, à noyau lisse et facile à détacher. Très riche en vitamine A et C, de faible valeur énergétique. (Marcel, 2002) (Figure 05).

Chez la grande majorité des variétés d'Abricotier, le noyau est libre ou faiblement adhérent, à la maturité, il est nettement séparé de la chair par un espace plus ou moins important, il est lisse, généralement ovale aigüe d'un côté et obtus de l'autre. Le centre du noyau est occupé par une amande qui constitue la graine de la plante. (Belaggoune et Khelif, 2011).

Habituellement, l'amande est amère cependant quelques variétés ont une amande douce sous une enveloppe brune. (Got, 1958).

2.1. Sous-produits d'abricot

En agro-industriel, l'abricot est transformé en plusieurs produits : jus, confitures, fruits confits, fruits séchés, etc. De la transformation de l'abricot, il en sort un sous-produit qu'est le noyau qui est constitué d'une coque et d'une amande.

Les unités de transformations de l'abricot en Algérie engendrent des sous-produits composés essentiellement de noyaux dont l'amande est estimée à 25024 tonnes annuellement.

2.2. Définitions

2.2.1. Définition d'un Sous-produit

Produit obtenu lors de la fabrication ou bien la distribution d'un produit principal. Dont le but premier n'est pas la production de cette substance ou cet objet. Pouvant être considéré comme un sous-produit (un déchet). (Adem, 2000).

2.2.2. Définition d'un coproduit

Un coproduit est une matière, intentionnelle est inévitable, pouvant être considéré comme un produit secondaire, créé au cours du même temps que le produit principal. Le produit fini principal et le coproduit doivent tous les deux répondre à des spécifications de caractéristiques, et chacun est apte à être utilisé directement pour un usage particulier. (Adem ; 2000).

3. Amande abricot

L'amande d'abricot se trouve dans le noyau des abricots frais (Figure 6). Il existe deux types d'amandes d'abricots, les amandes amères et les amandes douces.

- ✚ *Les amandes d'abricots amères* : contiennent un composé nommé amygdaline, laquelle peut libérer du cyanure lorsqu'elle est ingérée par les humains et les animaux. L'organisme détoxifie les petites quantités de cyanure, mais de fortes doses peuvent se révéler fatales.
- ✚ *Les amandes d'abricots douces* : et la chair de ceux-ci ne présentent aucun risque d'effets indésirables pour la santé. Causés par l'exposition au cyanure, car ils ne contiennent qu'une faible concentration d'amygdaline.

La récolte d'amande après la récolte des fruits secs à lieu à l'automne (septembre-octobre), celles des amandes fraîches (en vert), (mi-juin). L'amande a une taille qui varie de 3 à 6 cm selon la variété. (Site 5).



Figure 6: *Amande du noyau d'abricot*

3.1. Composition chimique de l'amande d'abricot

Le tableau ci-dessous indique que : la teneur en MS est en général supérieure à 90% pour l'ensemble des auteurs et est fonction des variétés étudiées et de la durée de stockage des noyaux. La teneur en MAT des différentes graines d'amande ne sont pas différentes et fluctuent entre 21,8 et 22,4 % de MS. Le taux de CB des grains d'amande est entre 6 et 6,9 % de MS. le taux de MG dans l'amande d'abricot variée en fonction de MS entre 40 et 60 %. La teneur de MM est comprise entre 1.5 et 3% de MS.

Tableau 19 : Composition chimique de l'amande d'abricot ;

	% De MS					
	MS	MAT	CB	MG	MM	Auteur
amande	92.5	22.7	4.5	43.80	3	Gotin (1958)
Amande traite	96.8	23.99	6.21	57.60	2.9	Aila (1992)
Amande non traite	96.2	24.99	6.21	46.72	2.9	Aila (1992)
Amande douce	94.76	21.48	6.01	42.2	2.75	Tires (1990)
Amande amère	93.76 ±0.78	23.48 ±0.96	4.68 ±0.20	43.98 ±0.39	2.58 ±0.18	INRA (1980)

Les protéines sont également bien représentées, tandis que les glucides sont présents en faible quantité.

3.2. Tourteaux d'amande d'abricot

3.2.1. Définition d'un tourteau

Les tourteaux sont les sous-produits solides obtenus après extraction de l'huile des graines des oléagineux. Elles sont utilisées en alimentation animale. Ils constituent la 2^{em} classe d'aliments la plus importante après les céréales. Principale source de protéines en alimentation animale. (Site 6).

3.2.2. Composition chimique

D'après le tableau 20 ; les tourteaux d'amande d'abricot peuvent être considéré comme une bonne source protéique pour l'alimentation du bétail.

La teneur en moyenne en MAT et de 40 en % de MS. Et le tau de MG varie selon l'extraction (16.5 a 28.21 % de MS). Le taux en CB et plus élevé a celle des amandes entières (entre 7.83 et 9.2 % de MS).

Tableau 20 : Composition chimique du tourteau d'amande d'abricot ;

	MS%	MAT	CB	MG	Références
Tourteau	97.31	41.28	8.94	15.15	Juillet et al 1955
Tourteau	89.5	40.80	9.2	16.50	Piccioni 1965
Tourteau	94.72	39.72	7.83	28.21	Trari 1989

Tableau 21: Valeur nutritive des tourteaux d'amande d'abricot ;(Arbouche, 2012) .

Valeur nutritive	Amande douce	Amande amère
UFL (/kg)	01.40	1.34
UFV (/kg)	01.32	1.25
PDIA (g/ kg)	77.06	80.28
PDIN (g/Kg)	147.76	151.16
PDIE (g/Kg)	92.40	92.07
DMO (%)	68.4	16.17

3.3. Facteurs antinutritionnels

Selon kumarasamy et al 2003, il est évident que la principale source de glycoside cyanogène se trouve dans les semences et sous-produits de culture tels que le lin, l'abricot, l'amande amère et le manioc.

Les graines mures de fruit à noyau contiennent de l'amygdaline qui confère un goût amère à l'amande ce qui nous incite à faire une détoxification. (Frehner et al, 1990).

3.3.1. Acide cyanhydrique

Le cyanure d'hydrogène (HCN) est un composé chimique extrêmement toxique pour les humaines et les animaux, en raison de sa capacité à se lier avec le fer, les ions manganèse ou le cuivre qui sont des groupes fonctionnels de nombreuses enzymes, y compris ceux qui sont impliqués dans la réduction de l'oxygène dans la chaîne respiratoire cytochrome. (Brimer, 2001).

On le trouve dans les amandes, cet acide se libère dans l'estomac lors de la digestion il rentre rapidement dans le système sanguin.

Les intoxications aiguës sont caractérisées par des symptômes tels que vomissement, nausées, mal de tête, des difficultés dans la vision, hyperpnée, les arythmies et peuvent aboutir à l'effondrement et la mort. (Mingi et al, 1992 ; Merck, 1996).

Malgré la présence de cyanure dans les amandes il peut y avoir un faible danger notons que l'intoxication mortelle au cyanure ne se produit qu'après l'ingestion de plusieurs kilogrammes d'amande.

3.3.2. Méthode de détoxification

C'est une technique qui va désactiver et éliminer les toxines dont le plus important est l'acide cyanhydrique, les enzymes entrent dans cette réaction sont des enzymes endogènes (la β glucosidase).

Le principe de cette méthode est le placement des amandes dans milieu aqueux aussi à température donnée provoquant l'activation de cet enzyme. Il ya plusieurs méthodes utiliser :

❖ **Méthode de Gabriel et al (1981) :** Consiste à préparer une solution a base de bicarbonate de sodium a 1% de dilution et d'y incorporer les amandes amères d'abricot et les faire bouillir pendant 30 minutes. Après les rincer sous l'eau du robinet pendant 24h, pour dégager la toxine.

❖ **Méthode de khairy et al (1975) :** Pendant une nuit, placer les grumeaux d'amandes amères dans l'eau avec une proportion de 1 : 12 (p/v) à 40 C puis on les sécher sous un courant d'air chaud.

❖ **méthode de talon :** Citée par juillet et al (1955), cette méthode consiste à une hydrolyse totale du glucoside cyno génétique par inhibition aqueuse lente de (40 à 50 C) avec un renouvellement de l'eau pendant 12 h.

Les amandes mondées nécessitent 60 à 90 heurs de traitement, par contre les amandes non mondées nécessitent jusqu'à 120 à 160 heurs, suivie d'un séchage.

❖ **Méthode de lei et Al (1999) :** A base des enzymes grâce à l'ingestion du micro-organisme tel que Lacto Bacilus Plantarum.

❖ **Méthode d'Azouze et Al (2009) :** Elle consiste à placer les amandes amères dans une solution aqueuse contenant du bicarbonate de sodium a 0.1% pendant 30 minutes, puis dans l'eau distillé pendant 48 minutes en lever l'amertume.

❖ **Le rouissage** : Méthode utilisée dans certain production agricole comme le sorgho et le manioc.

On utilise cette méthode pour éliminer les risques de toxicité, en trempant dans l'eau d'une manière fréquente pendant quelque jours pour assurer le développement des micro-organismes qui hydrolysent les toxines.

3.4. Incorporation des sous-produits (amande d'abricot) dans l'alimentation du bétail

3.4.1. Essai sur ovins à l'engrais (Arbouche, 2012)

L'objectif de l'essai sur les agneaux Ouled djellal a été de déterminer les effets de l'incorporation du tourteau d'amandes d'abricot détoxifiées dans la ration alimentaire sur les performances d'engraissement et la qualité des carcasses.

Au total, quarante jeunes béliers de race Ouled Djellal, d'un poids moyen de 35,5kg;0,5kg ont été répartis aléatoirement en 4 groupes égaux en fonction du taux de substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amandes d'abricot (0%, 20 %, 40 % et 60 %) et élevés en stabulation entravée dans une bergerie, pendant 105 jours y compris une période d'adaptation de 15 jours. Le poids final des agneaux a été influencé positivement par le taux d'incorporation du tourteau d'amandes d'abricot dans la ration. Pour le poids de la carcasse froide, le lot 60% enregistre un poids significativement plus élevé (195kg) que celui du lot 0% (17,8kg). On ne note, cependant pas, de différence significative pour le rendement carcasse pour l'ensemble des lots. La qualité de la viande n'est pas affectée par le taux de substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande détoxifiée.

3.4.2. Essai sur le poulet de chair (Arbouche, 2012)

L'essai ce fait sur 200 poussins de souche F15 âgés de 1 jour, répartis en 4 groupes égaux en fonction du taux de substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amandes d'abricots (0 %, 20 %, 40 % et 60 %) pendant 48 jours.

Les résultats montrent que les poids vifs, les gains moyens pondéraux, et les ingérés alimentaires ont été significativement diminués et de façon proportionnelle à la quantité de tourteau d'amandes incorporée durant les phases de démarrage (1j à 20j), de croissance (J21 à J33) et de finition (J34 à J48) pour des taux de substitutions de 40 % et 60 % alors que l'indice de consommation significativement augmenté. Pour un taux de substitution de 20 %, ces paramètres n'ont été significativement altérés que lors des 10 premiers jours. Ces résultats

montrent que le tourteau d'amandes d'abricots incorporé dans la ration à plus de 20 % retarde significativement les performances de croissance des poulets sans doute en raison de la présence d'HCN et suggèrent d'évaluer les effets d'une détoxification préalable du tourteau.

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

L'objectif de notre travail est d'étudier la possibilité de substituer le tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot dans l'alimentation des cailles, afin de :

- De valoriser ce dernier produit et réduire les coûts de productions des cailles à l'engraissement ;
- De comparer les rations utilisées avec des taux d'incorporation de tourteau d'amandes d'abricot (10%, 20% et 30%) durant les différentes phases d'élevage avec un témoin (les normes d'alimentation internationale);
- De déterminer l'effet de ces rations, en fonction du taux d'incorporation, sur les performances zootechniques des cailles; les caractéristiques des carcasses et les paramètres physico-chimiques de la viande et des œufs.

1. Matériel

1.1. Lieu et période de l'expérimentation

L'essai a été mené au niveau de la commune de Salah bey, wilaya de Sétif (Algérie) (Figure 07). Cette dernière est une ville du nord-est de l'Algérie. Elle s'étale sur une superficie de 6 504 km² et est limitée au Nord par la wilaya de Bejaia et Jijel, à l'Ouest par la Wilaya de Bordj Bou Arreridj, à l'Est par la wilaya de Mila et au Sud par la Wilaya de M'sila et Batna.

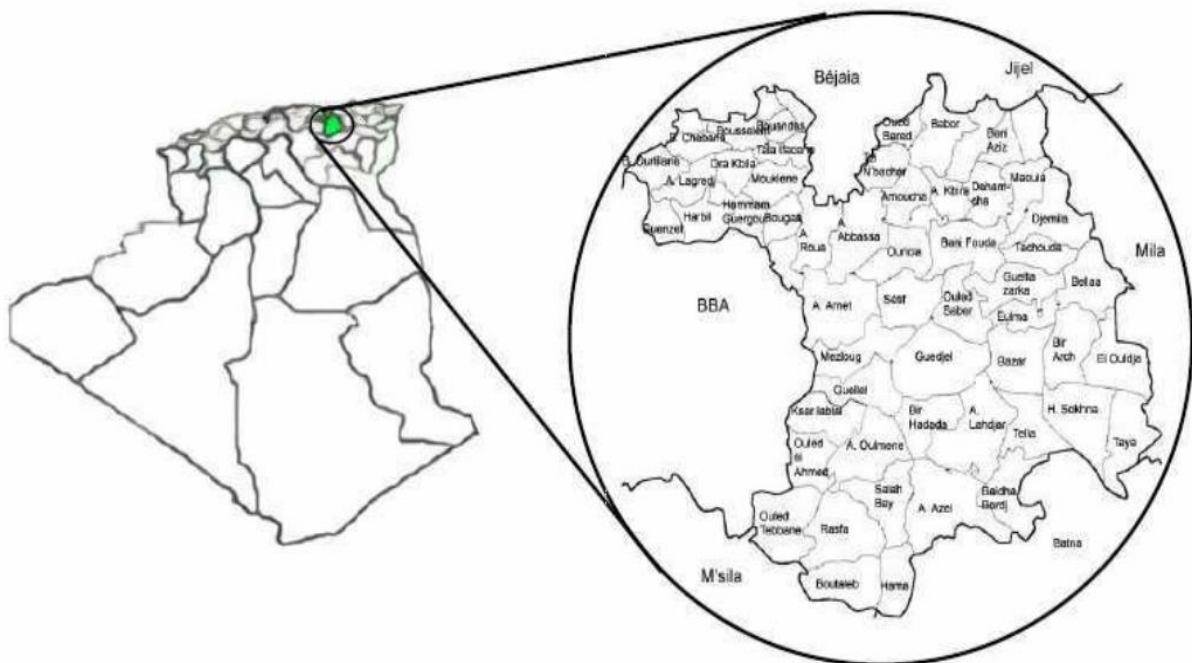


Figure 7: Localisation de la région de Sétif.(Google,2021)

L'étude s'est déroulée durant le mois de Janvier 2019, sur une période de 03 mois, dans un bâtiment fermé, avec ventilation statique assurée par des ouvertures latérales. L'élevage a été mené au sol, sur litière composé de paille de blé dur broyée (photo 02).

1.2. Bâtiment et équipements

Le bâtiment d'élevage en dur, d'une superficie de 200m² dont une partie a été divisé en 04 lots dont 03 lots expérimentaux et un lot témoin.

Les lots ont été séparé par un grillage galvanisé de petites mailles, sur une superficie est de 5 m² par lot (L=2.5, l=2,5). Chaque lot a été décomposé en 05 paquets de 30 sujets répartis aléatoirement dans le bâtiment afin de minimiser l'effet du milieu qui pourrait avoir des incidences sur les paramètres enregistrés (Photo 01).

Un pédiluve renfermant en permanence une eau javellisée a été placé à l'entrée du local d'élevage.



Photo 01 : Lots d'élevage. (Boubekeur, 2019)

Durant la phase de démarrage, l'aliment est distribué dans des assiettes placées sur un papier kraft (Photo 02) pour éviter tous gaspillage d'aliment. L'abreuvement est assuré par des abreuvoirs de petite taille.



Photo 02 : Assiettes et abreuvoirs 1^{ère} âge. (Boubekeur, 2019)

Pendant la phase de croissance des mangeoires et des abreuvoirs de premier âge ont été utilisés. Ce matériel a été remplacé durant la phase de finition par des trémies de 12kg et des abreuvoirs siphonides de 8 litres jusqu'à la fin d'élevage (Photo 03).



Photo 03 : Trémies de 12 kg et abreuvoirs siphonides de 8 litres. (Boubekeur, 2019)

Le chauffage est assuré par des éleveuses à gaz butane de type parabole et des radiants à gaz de petit modèle (Photo 04). Durant la première semaine, la température moyenne a été de 39°C; puis descendu à 36°C durant la phase de démarrage-croissance et maintenu à 24°C durant la phase de finition. Un thermomètre installé dans l'aire de vie des cailleaux permet de contrôler la température.

Au cours des deux premières semaines, un éclairage continu a été appliqué. Des lampes de 60 lux ont été utilisées pour assurer l'éclairage.



Photo 04 : Radiant à gaz et thermomètre de contrôle. (Boubekeur, 2019)

1.3. Animaux

Au total, 600 cailleaux d'un jour, à sexe ratio égale (1:1), de souche *Coturnix coturnix japonica*, pesant en moyenne $7 \pm 0,2$ g, provenant d'un même couvoir privée de Tizi Ouzou, ont été distribués aléatoirement en 04 groupes de 150 sujets.

1.4. Aliment et matériel végétal

Les régimes ont été formulés conformément aux directives du National Research Council (NRC ,1994) avec des taux d'incorporation en tourteau d'amande d'abricot de 0% ; 10% ; 20% et 30% (Tableau 22).

Ils ont été distribués en mode séquentiel ou non dans les différentes phases d'élevage. (Tableau23).

Tableau 22 : 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 d'amande d'abricot.

		Lot T		Lot D _{TAA}						Lot F _{TAA}						Lot DF _{TAA}					
		DC	F	DC			F			DC			F			DC			F		
		0	0	10	20	30	0	0	0	0	0	0	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Mais		55	62	55	55	55	62	62	62	55	55	55	62	62	62	55	55	55	62	62	62
Tourteau de soja		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 d’amande		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																					
Energie métabolisable (kcal/kg de MS)		2708	2898	2870	2865	2870	2898	2898	2898	2708	2708	2708	2898	2904	2907	2870	2865	2870	2898	2904	2907
Matière grasse (%)		1,76	1,98	2,08	1,91	1,98	1,98	1,98	1,98	1,76	1,76	1,76	2,01	2,06	2,1	2,08	1,91	1,98	2,01	2,06	2,1
Protéine brute (%)		20,8	16,7	21,7	23,7	26,6	16,7	16,7	16,7	20,8	20,8	20,8	18,7	19,7	21,7	21,7	23,7	26,6	18,7	19,7	21,7
Matières minérales		5,04	4,63	4,92	4,81	4,70	4,63	4,63	4,63	5,04	5,04	5,04	4,59	4,48	4,41	4,92	4,81	4,70	4,59	4,48	4,41
Cellulose brute		3,9	3,9	3,98	4,01	4,08	3,97	3,97	3,97	3,9	3,9	3,9	4,02	4,05	4,09	3,98	4,01	4,08	4,02	4,05	4,09
Lysine (% de PB)		3,44	3,23	3,53	3,47	3,49	3,23	3,23	3,23	3,44	3,44	3,44	3,01	2,96	2,92	3,53	3,47	3,49	3,01	2,96	2,92
Méthionine (% de PB)		1,39	1,43	1,44	1,49	1,54	1,43	1,43	1,43	1,39	1,39	1,39	1,46	1,50	1,52	1,44	1,49	1,54	1,46	1,50	1,52

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).

Tableau 23: Dispositif expérimental en fonction du taux d'incorporation du tourteau d'amande d'abricot (TAA) et des différentes phases d'élevage

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

L'ensemble des régimes alimentaires ont été élaborés par nos soins, au niveau d'une unité de fabrication des aliments du bétail située dans la commune de Saleh Bey.

Le sous-produit (tourteau d'amande d'abricot) qui fut détoxifié selon la méthode de Azouz et al (2009) nous a été fourni par une unité de production d'huile d'amandes d'abricot au niveau de la wilaya d'Oum El Bouaghi. Les constituants et la valeur nutritive du tourteau d'amande d'abricot sont retracés dans le tableau 24. (Arbouche et al., 2018).

**Tableau 24 : Composition chimique du tourteau d'amande
d'abricot (% de MS) (Arbouche et al., 2018).**

Matières organiques	96,70
Matières azotées totales	42,30
Cellulose brute	7,7
Matières grasses	10,4
Matières minérales	3,3
Extractif non azoté	36,7
NDF	18.4
ADF	10.7
ADL	7.4
Hémicellulose	7.7
Energie brute (kcal/kg de MS)	5 180
Energie Métabolique* (kcal/kg MS)	4030
Lysine (g/100g d'aliment)	1,8
Méthionine (g/100g d'aliment)	1,2
Cystine (g/100g d'aliment)	1,3
MS : matière sèche ; *estimée selon la formule $EM \text{ (kcal/kg)} = 35,3 \times PB \text{ (\%)} + 79,5 \times EE \text{ (\%)} + 40,6 \times NFE \text{ (\%)} + 199$ (avec EM : énergie métabolisable, PB : Protéines brutes, EE : Ether extract, NFE : Nitrogen Free Extract) d'après Carpenter et Clegg (1956).	

Durant toutes les phases d'élevage, l'aliment a été distribué ad libitum et le refus pesé quotidiennement. L'eau a été dispensée à volonté. L'ensemble du cheptel a été vacciné contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse au 7^{ème} jour d'âge.

2. Méthodes

2.1. Conduite d'élevage

2.1.1. Avant la réception des cailleteaux

Avant la réception des cailleteaux, des mesures de nettoyage et de désinfection ont été entreprises :

- un balayage du sol et dépoussiérage ont été effectué
- un lavage du sol à grande eau et sous pression.
- une première désinfection est effectuée par le BIOCID 30.
- un chaulage est effectué par application de la chaux vive sur le sol et les murs.
- Un vide sanitaire de 15 jours est également observé.
- Enfin, une seconde désinfection a été réalisée au TH5.

Pour maintenir la propreté du bâtiment et assurer la protection sanitaire, tout le matériel d'élevage a été lavé à base d'une eau javellisée puis désinfecté. A l'entrée du local un pédiluve contient en permanence de l'eau javellisée, a été renouvelé quotidiennement.

Après le nettoyage et la désinfection du bâtiment et à 24 heures avant l'arrivée des cailleteaux, les opérations suivantes ont été réalisées :

- une litière de paille de blé dur broyée a été étalée ;
- L'allumage des éleveuses pour assurer une température homogène dans l'ensemble du bâtiment ;
- Les abreuvoirs sont remplis avec de l'eau tiède et sucrée pour minimiser le stress du transport,
- remplissage des mangeoires avec l'aliment afin d'inciter les jeunes sujets à la consommation de l'aliment.

2.1.2. Réception des cailleteaux

A la réception des cailleteaux, un tri a été effectué dans le but d'éliminer tout sujet mort lors du transport ou présentant certaines anomalies. Les sujets retenus ont fait l'objet de pesées et repartis de façon aléatoire dans les quatre lots.

2.1.3. Au cours de l'élevage

- ✓ **L'éclairage** continu au cours des deux premières semaines, a été appliqué et ensuite réduite à 12 heures pour le reste de l'expérimentation.
- ✓ **La température** durant la première semaine, la température moyenne a été de 39°C; puis descendu à 36°C durant la phase de démarrage-croissance et maintenu à 24°C durant la phase de finition.
- ✓ **L'eau** était distribuée à volonté pendant toute la durée de l'expérience.
- ✓ **L'alimentation** durant toutes les phases d'élevage, a été distribué en ad libitum et le refus pesé quotidiennement (Photo 05).



Photo 05 : Enregistrement du poids de l'aliment. (Boubekeur, 2019)

Durant la phase de démarrage-croissance (du 1 au 20^{ème} jour), les cailleteaux de lot Témoin sont nourris avec l'aliment démarrage-croissance. Dès 21^{ème} jour et jusqu'au 45^{ème} jour d'élevage (finition), les cailles du lot témoin reçoivent l'aliment finition.

2.2. Paramètres étudiés

Le but de cette étude a été de déterminer l'influence de l'incorporation du tourteau d'amande d'abricot (TAA) en substitution au tourteau de soja dans l'alimentation des cailles à l'engraissement sur :

- les performances zootechniques : Le taux de mortalité, la consommation alimentaire, le poids vif (PV), le gain moyen quotidien (GMQ), l'indice de consommation (IC) et l'ingéré moyen quotidien (IMQ)
- les caractéristiques des carcasses
- les paramètres physico-chimiques de la viande et des œufs.

2.2.1. Pesée des animaux

Les cailleaux ont été pesés, à l'aide d'une balance électronique (Photo 06), individuellement lors de la réception, à la fin de la phase de démarrage-croissance (à 20 jours), ainsi qu'à celle de la finition (à 45 jours). Il est à noter, que la pesée est effectuée avant la distribution matinale de l'aliment et à une heure fixe durant toute la période d'élevage.



Photo 06 : Enregistrement du poids des animaux. (Boubekeur, 2019)

2.2.2. Taux de mortalité

Il a été déterminé selon l'expression suivante :

$$\text{TM (\%)} = \frac{\text{nombre de sujet morts par phase}}{\text{Nombre total des sujets du lot}} \times 100$$

2.2.3. Consommation d'aliments

La consommation alimentaire a été calculée selon les phases d'élevage sur la base d'aliment distribué chaque matin après la pesée.

Elle traduit la quantité moyenne d'aliment ingéré par les animaux. Elle est obtenue selon l'équation suivante :

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

Où la quantité refusée est la somme de l'aliment restant dans les mangeoires et la quantité gaspillée.

2.2.4. Indice de consommation (IC)

Il traduit l'efficacité alimentaire et correspond à la quantité d'aliment nécessaire pour obtenir 1kg de produit fini. Il est calculé, pour une période donnée, à partir du rapport suivant :

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

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

Le gain moyen quotidien (GMQ) est la différence entre le poids final et le poids initial d'une période donnée sur le nombre des jours. Il caractérise la vitesse de croissance des animaux et dépend de :

- * La souche ;
- * La durée d'élevage.

$$\text{GMQ (g/j)} = \frac{p_1 - p_0}{n}$$

P_1 : poids final.

P_0 : poids initial.

n : nombre des jours.

2.3. Conditions de pré-abattage, abattage et rendements :

Au terme du 45^{ème} jour d'élevage, l'ensemble des animaux de chaque lot après 8h de jeûne, ont fait l'objet d'une pesée suivie par la procédure de l'abattage. 50 cailles sont prises aléatoirement dans chaque lot et pesés à nouveau pour servir à l'étude de ce paramètre. L'abattage est réalisé selon la séquence classique : les animaux sont abattus par une section ventrale la veine jugulaire et sont saignés pendant 3 minute.

2.4. Caractéristiques des carcasses et analyses physicochimiques de la viande

Après l'abattage des cailles, les échantillons (carcasses) au nombre de 200 ont été l'objectif d'analyse des paramètres physico-chimiques de la viande.

2.4.1. Préparation de l'échantillon :

A la fin de la phase finition (45^{ème} jour), sur cinquante (50) cailles prise aléatoirement dans chaque groupe et après abattage, les carcasses, les abats comestibles (cœur, foie et gésier), les pattes, têtes et les plumes ont été pesés. Sur chaque carcasse de chaque groupe, la viande a été prélevée, broyée, homogénéisée et la teneur en eau, la matière minérale, les protéines et la matière grasse, ont été déterminés selon les méthodes de l'Aoac (1990). A 24 heures *post mortem*, la mesure du pH a été effectuée par insertion (~ 2 cm de profondeur) directe de l'électrode d'un pH-mètre dans le muscle pectoral des cailles selon la méthode de El Rammouz, (2005).

2.4.2. Mesure du pH :

Dans les heures qui suivent l'abattage, au sein du tissu musculaire, une chute du pH liée à l'accumulation de l'acide lactique produit par la dégradation du glycogène intramusculaire. Lorsque les réserves de glycogène ont été épuisées, selon Iberraken et Maouche (2006), on observe une stabilisation du pH. C'est le pH ultime ou pH final dont la valeur est proche de 5,5.

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

2.4.3. Mesure du pouvoir de la rétention en eau : PRE

La capacité de rétention d'eau est la capacité qu'a la viande à retenir fermement sa propre eau ou de l'eau ajoutée, et ce lors de l'application d'une force quelconque. Il est primordial de prendre en compte ce paramètre parce qu'il influence la rentabilité du secteur de la transformation et, plus important encore, les qualités organoleptiques de la viande. De plus ce paramètre est souvent considéré par le consommateur comme un critère de qualité. (Iberraken et Maouche, 2006).

Pour la mesure de l'exsudat, le muscle Pectorale a été pesé (P_i = poids initial), placé sous vide et suspendu pendant 5 jours à + 2°C. Puis il a été essuyé et de nouveau pesé (P_f = poids

final après exsudation) afin d'apprécier la quantité d'eau perdue au cours de la conservation du produit selon la méthode de Hamm (1986). Ces pertes sont exprimées en pourcentage par rapport au poids initial.

2.4.4. Détermination de la teneur en eau :

Après formation d'un mélange homogène de la prise d'essai, dessiccation 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 l'équation suivante :

$$\text{Humidité totale} = (m_1 - m) / (m_1 - m_0) \times 100$$

m_0 : poids de la capsule vide.

m_1 : poids de l'échantillon dans la capsule.

m : poids de l'échantillon après séchage.

2.4.5. Détermination de la teneur en cendres

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. La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{TC (\%)} = P_2 - P_0 / P_1 \times 100$$

TC : teneur en cendre (%)

P_0 : masse du creuset à vide (g)

P_1 : masse du produit à incinérer (g)

P_2 : masse du creuset + produit incinéré (g).

2.4.6. Dosage de la matière grasse

Le principe consiste à traité de l'échantillon avec de l'acide chlorhydrique dilué, bouillé pour libérer les fractions lipidiques liées. Filtration de la masse résultante et après séchage extraction au moyen de n- hexanes 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 :

$$\text{MG} = \text{poids (fiolle + MG)} - \text{poids fiolle vide} / \text{poids échantillon} \times 100$$

2.4.7. 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.

$$\text{Azote (\%)} = 100 \times 0,2 \times 14 (v_1 - v_0)/m$$

v_0 : est le volume, en millilitres, de solution d'acide de chlorhydrique (H₂SO₄) 0,2 N, utilisé pour l'essai a blanc ;

v_1 : est le volume, en millilitres, de solution d'acide de chlorhydrique (H₂SO₄) 0,2 N, utilisé pour la détermination ;

m : est la masse de la prise d'essai, en gramme.

$$\text{Protéines (\%)} = 0,25 \times \text{Azote (\%)}$$

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.

2.5. Qualité des œufs

Cent cinquante (150) œufs de chaque groupe ont été collectés. La durée moyenne de stockage des œufs a été de 10 jours à une température de 6°C. Au total, 50 œufs de chaque population ont été utilisés pour déterminer leurs caractéristiques physiques. Ils ont été numérotés et pesés individuellement (à 0,1g près).

2.5.1. Longueur et largeur des œufs

La longueur et la largeur des œufs ont été mesurées à 0,01mm près, à l'aide d'un pied à coulisse digital.

2.5.2. Hauteur du blanc et hauteur du jaune

Après cassage des œufs, les constituants ont été déposés sur une surface plane. La hauteur du blanc a été déterminée à l'aide d'une règle graduée placée à mi-distance du contour du vitellus. La hauteur du jaune a été déterminée en plaçant une règle à la verticale et son diamètre avec un pied à coulisse selon la méthode d'Angrand, (1986).

2.5.3. Poids de l'albumen, du jaune et de la coquille

Après séparation, les poids de l'albumen, du jaune et de la coquille ont été pesés avec une balance électronique (Précision 0,01g).

2.5.4. Épaisseur de la coquille

L'épaisseur de la coquille a été déterminée à l'aide du pied à coulisse au niveau de trois endroits : à l'extrémité pointue; à l'extrémité arrondie et au milieu. La valeur de l'épaisseur est déterminée par la moyenne de ces trois mesures. (Çağlayan et al., 2009 ; Moula et al., 2010 ; Menezes et al., 2012 ; Hanusová et al., 2015).

2.5.5. Couleur du jaune

La couleur du jaune a été appréciée en utilisant l'échelle DSM selon la méthode de Mertens et al. (2010).

2.5.6. L'unité Haugh

L'unité Haugh permettant l'appréciation de la fraîcheur des œufs (Buffet, 2010) a été calculée en utilisant la formule de Silversides, (1994).

2.5.7. Rapport Jaune/blanc

Le rapport Jaune/blanc a été calculé selon la formule de Çağlayan et al., (2009). Les variables suivantes ont également été calculées:

2.5.8. Indice de forme

Indice de forme = largeur de l'œuf / longueur de l'œuf X 100

2.5.9. Pourcentage de l'albumen

Il est obtenu selon l'équation

Pourcentage de l'albumen (%) : Poids albumen / Poids de l'œuf X 100

2.5.10. Pourcentage de la coquille

Il est obtenu selon l'équation

Pourcentage de la coquille (%) = poids de coquille / poids d'œuf × 100

2.5.11. Pourcentage du vitellus

Il est obtenu selon l'équation

Pourcentage du vitellus (%) = poids de vitellus / poids d'œuf × 100

2.5.12. Indice vitellus

Il est obtenu selon l'équation

$$\text{Indice vitellus} = \text{Hauteur du vitellus} / \text{diamètre du vitellus} \times 100$$

2.5.13. Les paramètres d'incubation

Ont été déterminés sur 100 œufs de chaque groupe. Ils ont été mis en incubation pendant 28 jours (37,5°C et 60% HR) avec un retournement chaque 8 heures avant d'être transférés dans les éclosiers (38°C, 70% HR).

2.6. Analyse statistique

Les statistiques descriptives et l'analyse de variance à un facteur (ANOVA), ont été effectuées avec le logiciel SPSS (version 21, 2012) pour l'analyse des performances, des caractéristiques de la carcasse et des paramètres physico-chimiques de la viande et la qualité des œufs. L'utilisation du test post Hoc par l'application du test bilatéral de Dunnett, a permis d'estimer la signification ou l'homogénéité entre les différents sous ensembles (test de comparaison entre les moyennes). Les différences ont été considérées comme significatives avec un risque d'erreur de 5 %.

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Effet sur les performances zootechniques

Sur l'ensemble de la période expérimentale, le taux de mortalité est resté nul quel que soit la phase d'introduction du tourteau d'amande d'abricot dans l'alimentation des cailles. L'incorporation du tourteau d'amande d'abricot a eu un effet positif sur les poids vifs (PV) à 20 jours et sur les GMQ_{1-20j} de l'ensemble des groupes expérimentaux (Tableau 25) ($p < 0,05$), avec pour le groupe DF_{TAA} et pour les taux d'incorporation de 10 % ; 20 % et 30%, respectivement en PV +6,8g ; +5,9g et +4g et en GMQ_{1-20j}, 0,35g/j/sujet ; 0,31g/j/sujet et 0,21g/j/sujet. La même observation est à appliquer au groupe D_{TAA}. Le groupe F_{TAA} a enregistré des valeurs identiques au groupe témoin tant en PV, qu'en GMQ_{1-20j}.

Tableau 25 : Effet de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur la croissance pondérale (g) et le gain moyen quotidien (GMQ g/j/sujet) des cailles.

	T	D _{TAA}			F _{TAA}			DF _{TAA}			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	73,8 ^b	78,0 ^a	79,6 ^a	78,2 ^a	72,6 ^b	74,0 ^b	73,2 ^b	80,6 ^a	79,7 ^a	77,8 ^a	2,516	0,001
GMQ _{1-20j}	3,52 ^b	3,74 ^a	3,82 ^a	3,74 ^a	3,45 ^b	3,53 ^b	3,48 ^b	3,87 ^a	3,83 ^a	3,73 ^a	0,500	0,001
Phase de Finition												
Poids vif à 45j	177,8 ^c	176,8 ^c	179 ^c	178,4 ^c	186,4 ^b	184,4 ^b	185,8 ^b	189,7 ^{ab}	190,4 ^{ab}	193,4 ^a	0,360	0,028
GMQ _{21-45j}	4,16 ^b	3,95 ^b	3,98 ^b	4,00 ^b	4,55 ^{ab}	4,42 ^{ab}	4,50 ^{ab}	4,54 ^{ab}	4,61 ^{ab}	4,81 ^a	0,306	0,040
GMQ _{1-45j}	3,88 ^c	3,86 ^c	3,90 ^c	3,89 ^c	4,07 ^b	4,03 ^b	4,06 ^b	4,15 ^{ab}	4,17 ^{ab}	4,24 ^a	0,169	0,021

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 ($P < 0,05$).

En phase finition, le groupe D_{TAA} a enregistré des poids vifs à 45 jours et des GMQ_{21-45j} similaires à celui du groupe témoin, quel que soit le taux d'incorporation introduit lors de la phase démarrage-croissance. Il apparaîtrait, dans ce contexte, que l'incorporation du tourteau d'amande d'abricot durant uniquement la phase démarrage-croissance, n'ait pas d'influence sur les poids vifs et les GMQ en phase finition. L'incorporation du tourteau d'amande d'abricot en phase finition uniquement, a amélioré significativement ($p < 0,05$), le poids vif et le GMQ_{21-45j} des sujets du groupe F_{TAA} avec pour moyenne +7,7g et 0,33g/j/sujet respectivement. Pour le groupe DF_{TAA}, les lots 10% et 20%, ont affichés des poids vifs et des GMQ_{21-45j} significativement supérieurs ($p < 0,05$) vis-à-vis du lot témoin avec +12,25g et +0,41g/j/sujet respectivement ; le lot 30% a enregistré un poids vif et un GMQ_{21-45j} nettement plus conséquent, avec une amélioration de +15,5g et +0,65g/j/sujet par rapport au témoin.

Durant la phase totale d'élevage, le GMQ_{1-45j} des groupes F_{TAA} et DF_{TAA} ont affichés des valeurs significativement ($p < 0,05$) supérieures à ceux du groupe témoin et du groupe D_{TAA} .

Les ingérés moyens quotidiens de l'ensemble des groupes expérimentaux durant l'ensemble de l'élevage, ont été significativement prédominant vis à vis du témoin, quel que soit le taux d'incorporation ($p < 0,001$) (Tableau 26). Les indices de consommation des groupes F_{TAA} et DF_{TAA} ont eu des valeurs significativement moins expressives par rapport au groupe D_{TAA} et au témoin et sont en adéquation avec l'évolution des GMQ et des poids vifs de ces groupes.

Tableau 26 : Effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur l'ingéré moyen (IM en g/sujet) et l'indice de consommation (IC) des cailles.

moyen (LM en g/suifet) et l'indice de consommation (IC) des eumies.												
T	D _{TAA}			F _{TAA}			DF _{TAA}			SEM	p	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30			
Ingéré moyen quotidien												
01 à 20 j	230 ^c	260 ^b	277 ^b	266 ^b	242 ^c	231 ^c	235 ^c	287 ^a	278 ^a	299 ^a	1,65	0,001
21 j à 45 j	405 ^c	409 ^c	403 ^c	408 ^c	512 ^b	514 ^b	518 ^b	531 ^a	536 ^a	561 ^a	1,52	0,001
01 à 45 j	635 ^d	669 ^c	680 ^c	674 ^c	754 ^b	745 ^b	753 ^b	818 ^a	814 ^a	860 ^a	1,02	0,01
Indice de consommation												
01 à 20 j	4,44 ^a	3,49 ^b	3,35 ^b	3,55 ^b	4,42 ^a	4,54 ^a	4,84 ^a	3,12 ^c	3,08 ^c	3,04 ^c	0,75	0,001
21 j à 45 j	5,38 ^a	5,42 ^a	5,33 ^a	5,20 ^a	4,95 ^b	4,78 ^b	4,54 ^c	3,33 ^c	3,25 ^d	3,10 ^d	0,25	0,001
01 à 45 j	4,84 ^a	4,80 ^a	4,74 ^a	4,55 ^a	4,16 ^c	4,14 ^c	4,19 ^c	3,2 ^d	3,13 ^d	3,08 ^d	0,30	0,001

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

1.2. Effet sur les caractéristiques des carcasses et paramètres physico-chimiques de la viande

L'incorporation du tourteau d'amande d'abricot en substitution au tourteau de soja (10 % ; 20 % et 30 %) pour le groupe D_{TAA} durant la phase démarrage-croissance, n'a eu aucune influence significative ($p > 0,05$) sur les caractéristiques des carcasses (Tableau 27).

Tableau 27 : Effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur les caractéristiques des carcasses.

	T	D _{TAA}			F _{TAA}			DF _{TAA}			SEM	p
		10	20	30	10	20	30	10	20	30		
Poids vif (g)	177 ^c	176 ^c	179 ^c	178 ^c	186 ^b	184 ^b	185 ^b	189 ^{ab}	190 ^{ab}	194 ^a	4,453	0,02
Poids carcasse (g)	117,4 ^c	116,3 ^c	119,3 ^c	118,0 ^c	133,0 ^b	134,3 ^b	136 ^b	137,6 ^{ab}	139,0 ^{ab}	144,3 ^a	8,17	0,012
Rendement carcasse	66 ^c	66 ^c	66,6 ^c	66 ^c	71,5 ^b	72,9 ^b	73,5 ^b	72,8 ^b	73,1 ^b	74,4 ^a	1,02	0,02
Foie (g)	4,92	4,95	5,06	5,02	4,96	5,02	4,91	5,01	4,25	4,87	1,29	0,972
Ratio foie/pv	2,8	2,8	2,8	2,78	2,6	2,7	2,6	2,6	2,2	2,5	0,205	0,964
Gésier (g)	2,78	2,56	2,78	2,57	2,87	2,64	2,78	2,62	2,34	2,65	0,240	0,859
Ratio gésier/pv	1,44	1,33	1,48	1,32	1,48	1,36	1,49	1,43	1,24	1,40	0,172	0,856
Poids du cœur	1,73	1,54	1,41	1,29	1,40	1,56	1,28	1,53	1,35	1,56	0,133	0,377
Ratio cœur/pv	0,89	0,80	0,75	0,67	0,72	0,81	0,68	0,82	0,72	0,83	0,10	0,281
Poids têtes (g)	6,25	7,68	7,50	7,24	7,80	7,35	7,07	7,73	7,30	7,54	0,987	0,197
Ratio têtes/pv	3,23	3,98	3,98	3,75	4,02	3,78	3,78	4,13	3,86	3,98	0,652	0,128
Poids pattes (g)	3,48	3,51	3,76	3,67	3,84	3,69	3,46	3,66	3,76	3,79	0,254	0,562
Ratio pattes/pv	1,80	1,82	2,0	1,90	1,98	1,90	1,85	1,96	1,99	2,00	0,315	0,351
Poids plumes (g)	27,8	23,8	27,1	25,9	24,1	27,1	27,9	25,6	26,2	24,8	0,814	0,562
Ratio plumes/pv	14,4	12,33	14,41	13,42	12,42	13,97	14,92	13,69	13,86	13,12	0,672	0,728

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

Introduit durant la phase finition et simultanément dans les deux phases d'élevage, le tourteau d'amande d'abricot a exercé une influence significativement positive ($p < 0,05$) sur les poids des carcasses et le rendement carcasse. A raison de 30% en substitution au tourteau de soja, le tourteau d'amande d'abricot a engendré un gain maximum de +8,4% en rendement carcasse vis-à-vis du témoin que lorsqu'il est incorporé dans l'ensemble des phases d'élevage.

La teneur en matières minérales de la viande ne subit aucune influence du taux de substitution, quel que soit la phase d'élevage considérée. Le pH 24h post mortem du lot 10 % de l'ensemble des groupes expérimentaux a été identique à celui du lot témoin ($p < 0,05$), les lots 20 % et 30 % ayant enregistré des pH significativement ($p < 0,02$) plus important (+0,13). Seul, les lots 20 % et 30 % des groupes D_{TAA} et F_{TAA} ont enregistré des teneurs en eau significativement moins important par rapport au témoin, alors que pour le groupe DF_{TAA}, l'ensemble de leurs lots ont enregistrés des pH moins expressifs ($p < 0,001$).

Tableau 28: Effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur les paramètres physico-chimiques de la viande de la caille.

	T	D_{TAA}			F_{TAA}			DF_{TAA}			SEM	p
		10	20	30	10	20	30	10	20	30		
pH 24h Post Mortem	5,92 ^b	5,96 ^b	6,11 ^a	6,06 ^a	5,92 ^b	6,04 ^a	6,03 ^a	5,98 ^b	6,06 ^a	6,00 ^a	0,015	0,01
Teneur en eau	75,1 ^a	75,1 ^a	73,4 ^b	72,6 ^b	75,3 ^a	74,0 ^b	72,9 ^b	71,0 ^c	71,2 ^c	71,0 ^c	0,026	0,001
Matières minérales	1,32	1,36	1,18	1,28	1,58	1,73	1,41	1,00	1,05	1,08	0,183	0,125
Protéines	25,0 ^b	28,1 ^a	29,6 ^a	27,8 ^a	27,6 ^a	28,4 ^a	30,1 ^a	29,9 ^a	30,2 ^a	30,6 ^a	1,12	0,024
Matières grasses	5,61 ^a	4,07 ^a	4,45 ^b	4,89 ^b	3,32 ^b	3,87 ^b	3,53 ^b	2,24 ^c	2,25 ^c	2,26 ^c	0,015	0,001
La présence de différentes lettres sur la même ligne indique une différence significative entre les régimes alimentaires (P < 0,05).												

Pour l'ensemble des groupes expérimentaux et de leurs lots de substitution, la teneur en protéines de la viande a été significativement plus importante (+4,14 points) ($p < 0,014$). Le lot 10 % du groupe F_{TAA} a enregistré une teneur en matières grasses identique à celui du témoin, alors que ses lots 20 % et 30 % et l'ensemble des lots du groupe F_{TAA} portant des valeurs similaires, sont significativement ($p < 0,001$) moins expressif (- 2,0 points en moyenne). L'ensemble des lots du groupe DF_{TAA} a enregistré des valeurs identiques et plus basses, avec une différence de -3,36 points par rapport au lot témoin.

1.3. Qualité des œufs :

La majorité des paramètres physiques ne sont pas affectés par l'incorporation partielle du tourteau d'amande d'abricot pour l'ensemble des groupes (Tableau 28) sauf pour le vitellus du groupe DF_{TAA} qui a été affecté dans sa couleur avec une différence moyenne de +1,83 points, dans sa hauteur avec +2,07 points, dans son diamètre avec +0,8 points et dans son poids avec +0,95 points vis à vis des autres groupes expérimentaux et du témoin, lesquels ont pris des valeurs similaires. Le rapport PV/PA₁ et PV/P_O ont évolués avec la même tendance.

Tableau 29. Effet de la substitution partielle du tourteau de soja par le tourteau d'amande d'abricot sur la qualité des œufs des cailles.

	T	D _{TAA}			F _{TAA}			DF _{TAA}			ESM	p
		10	20	30	10	20	30	10	20	30		
Paramètres physiques												
Poids œuf (PO)	11.1	11,4	12,0	11,7	11,4	11,0	11,5	11,7	11,3	11,9	1,15	0,062
Longueur	32.7	33,1	32,8	33,4	32,6	32,5	32,3	32,7	32,8	32,9	1,60	0,027
Largeur	26.0	25,9	26,1	26,3	25,8	25,6	26,7	26,9	25,9	26,2	0,77	0,651
Indice de forme	0.79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,71	0,70	0,77	0,79	0,73	0,10	0,763
Épaisseur coquille	0.25	0,24	0,21	0,23	0,19	0,17	0,20	0,18	0,20	0,23	0,32	0,084
Couleur vitellus	5.44 ^b	5,29 ^b	5,33 ^b	5,23 ^b	5,14 ^b	5,32 ^b	5,11 ^b	6,98 ^a	7,06 ^a	7,26 ^a	1,08	0,002
Poids coquille (PC)	1.77	1,54	1,67	1,39	1,46	1,58	1,77	1,98	1,65	1,78	0,55	0,061
Hauteur albumine	2.98	3,43	3,27	3,67	3,16	3,12	3,55	3,67	3,09	3,06	0,82	0,072
Hauteur vitellus	6.78 ^b	6,72 ^b	6,30 ^b	6,23 ^b	6,55 ^b	6,44 ^b	6,52 ^b	8,46 ^a	8,54 ^a	8,75 ^a	1,20	0,001
Diamètre vitellus	2.60 ^b	2,52 ^b	2,76 ^b	2,87 ^b	2,65 ^b	2,87 ^b	2,43 ^b	3,42 ^a	3,21 ^a	3,78 ^a	0,77	0,001
Poids albumine (PAI)	4.49	4,35	4,68	4,82	4,62	4,69	4,14	4,73	4,81	4,98	0,83	0,060
Poids vitellus (PV)	3.46 ^b	3,26 ^b	3,58 ^b	3,73 ^b	3,55 ^b	3,42 ^b	3,21 ^b	4,39 ^a	4,36 ^a	4,47 ^a	0,12	0,022
Rapport PV/Al	0.77 ^b	0,75 ^b	0,76 ^b	0,77 ^b	0,77 ^b	0,73 ^b	0,77 ^b	0,92 ^a	0,91 ^a	0,90 ^a	0,13	0,001
Rapport PAI/PO	0.40	0,38	0,39	0,41	0,40	0,43	0,36	0,40	0,42	0,42	0,07	0,761
Rapport PV/PO	0.31	0,29	0,30	0,32	0,31	0,31	0,28	0,37	0,39	0,38	0,04	0,547
Rapport PC/PO	0.16	0,13	0,14	0,12	0,13	0,14	0,15	0,17	0,15	0,15	0,02	0,629
Paramètres d'incubation												
Fertilité	0.81	0,79	0,82	0,80	0,80	0,81	0,78	0,80	0,82	0,81	0,03	0,543
Éclosion	0.63	0,61	0,60	0,62	0,63	0,60	0,59	0,61	0,64	0,60	0,05	0,253
Mortalité	0.18	0,18	0,22	0,18	0,17	0,21	0,19	0,19	0,18	0,21	0,01	0,786

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 ($P < 0,05$).

2. Discussion

L'incorporation du tourteau d'amande d'abricot en substitution au tourteau de soja dans l'alimentation des cailles, durant la phase finition (F_{TAA}) et durant les deux phases d'élevage (DF_{TAA}) a engendré une augmentation du poids vif, de l'ingéré moyen quotidien et une baisse de l'indice de consommation qui serait dû à une élévation de la teneur en protéines des formules expérimentales comme signalé par Djitie Kouatcho et al (2015), qui recommande un taux de 27% au même titre que Menassé (2004) et Vali (2009) qui signalent des besoins en protéines plus importants pour la caille que pour le poulet de chair. Les poids vifs que nous avons enregistrés à 45 jours, restent au deçà de ceux avancés Djitie Kouatcho et al 2015 (219g vs 193g), mais supérieure à ceux de Ayoola et al (2014) (140g vs 193g) et similaire à ceux de Tufan and Bolacali, (2017) (190g).

Contrairement aux observations admises par plusieurs auteurs (Bonos et al 2010 ; Seyed-Alireza et al 2011 ; Attia et al 2013), qui avancent que l'élévation du niveau protéique des rations, n'engendre pas d'augmentation de la quantité ingérée, nos résultats divergent et nous amènent à penser qu'il existerait des lignées de par leurs poids adultes, qui se distingueraient en souche lourde ou légère, ce qui ferait varier leur consommation comme le souligne Alkan et al (2010) et Berrama et al (2011). De plus, l'amélioration de l'indice de consommation notamment pour le groupe DF_{TAA} traduit une meilleure assimilation des aliments qui serait lié à un bon niveau protéique (21,7%) dans les rations de ce groupe (Djitie Kouatcho et al 2015). Cependant, l'optimum protéique pour des taux de substitution allant au-delà de 30%, pourrait entraîner une mauvaise conversion des aliments, entraînant de ce fait une mauvaise assimilation des nutriments comme le signale Kita et al (1989) et Devlin (1992). Les valeurs des indices de consommation de notre étude sont similaires à ceux avancées par Ozbey et Ozcelik, (2004), Abdel-Hakim, et al (2009) et Bonos et al (2010), mais sont nettement inférieures à ceux de Djitie Kouatcho et al 2015.

Les rendements carcasses sont relativement plus conséquents pour les groupes F_{TAA} et DF_{TAA} . Ces valeurs ont été induites par un taux protéique optimal dans les rations de ces groupes (Devlin 1992) et restent comparables à celles de Sahin and al (2008), Tufan and Bolacali (2017), mais supérieures à celles de Rogério et Cunha (2009) et Alkan et al (2010).

La décroissance du pH musculaire de la viande (<6) du lot témoin et des lots 10% des groupes expérimentaux vis-à-vis des autres lots est la principale cause de la variation de la qualité de la viande (Hulot et Ouhayoun, 1999). De plus, Larzul et Gondret (2005) ont

constaté que le pH bas influence l'aptitude à la conservation de la viande. Selon Warris et *al.*, (1988), les valeurs élevées du pH ultime de la viande et particulièrement de la viande de volailles, sont causées par la faible concentration en glycogène mesurée immédiatement après l'abattage. D'une manière générale, les valeurs de pH sont influencées par de nombreux facteurs, comme l'âge, le sexe, les systèmes d'élevage, les additifs alimentaires, le stress avant l'abattage ou l'état hormonal, la morphologie des muscles et le contenu en glycogènes (Aksu et *al.*, 2014).

D'après Benatmane (2012), le pH ultime, la luminosité et la couleur de la carcasse ne sont pas influencé par le régime alimentaire. L'augmentation des teneurs en protéines de la viande des lots des groupes expérimentaux s'expliquerait pas une meilleure assimilation protéique des rations (Djitie Kouatcho et al 2015). L'incorporation du tourteau d'amande d'abricot induit une diminution du taux de matières grasses de la viande des caillies, proportionnellement à son incorporation aux niveaux des différentes phases d'élevage des groupes expérimentaux. Cette observation reste en contradiction avec les résultats avancés par Ouzzir et al 2020 sur la viande de lapins mais est confirmée par les résultats de Mennani et al 2018 et 2019 avec cependant une incorporation jumelée de rebuts de dattes et de tourteau d'amande d'abricot.

Les caractéristiques physiques du vitellus sont impactées par l'introduction du tourteau d'amande d'abricot dans l'alimentation durant l'ensemble des phases d'élevage, comme le rapporte plusieurs auteurs. (Moula et al 2014 ; Blum et Sauveur, 1996 ; Naraharid et Rajinir, 1999).

Conclusion

Le travail mené dans le cadre de cette thèse avait pour objectif principal de déterminer les effets de la substitution du tourteau de soja par le tourteau d'amandes d'abricot dans l'alimentation des cailles avec des différents taux d'incorporation de **10%**, **20%** et **30%** en mode séquentiel ou non dans les différentes phases d'élevage de la caille, sur les performances zootechniques d'élevage, les caractéristiques des carcasses, les paramètres physico-chimiques de la viande et la qualité des œufs.

Durant la phase totale d'élevage, les groupes F_{TAA} et DF_{TAA} ont affichés des valeurs supérieures pour certains paramètres vis à vis du groupe témoin et du groupe D_{TAA} .

Introduit durant la phase finition (F_{TAA}) et simultanément dans les deux phases d'élevage (DF_{TAA}), le tourteau d'amande d'abricot a exercé une influence significativement positive ($p < 0,05$) sur le GMQ_{1-45j} , les poids des carcasses et le rendement carcasse. A raison de 30% en substitution au tourteau de soja, le tourteau d'amande d'abricot a engendré un gain maximum de +8,4% en rendement carcasse vis-à-vis du témoin que lorsqu'il est incorporé dans l'ensemble des phases d'élevage. Pour l'ensemble des groupes expérimentaux, la teneur en protéines de la viande a été significativement plus importante (+4,14 points) ($p < 0,014$).

L'incorporation du tourteau d'amande d'abricot en substitution au tourteau de soja dans l'alimentation des cailles, durant la phase finition (**F_{TAA}**) et durant l'ensemble de l'élevage (**DF_{TAA}**) a engendré une augmentation du poids vif, de l'ingéré moyen quotidien et une baisse de l'indice de consommation qui était dû à une élévation de la teneur en protéines des formules expérimentales.

Références bibliographiques

A

1. **Abdel-Hakim N F, Abdel-Hady, Amer A, Abdel-Azeem F, Abdel-Azeem and Abdel- Hafez G A (2009)** Growth performance and nature of growth of Japanese quail as affected with dietary energy sources, levels and age under the Egyptian environmental condition. *Egypt. Poult. Sci. J.*29 (3) : 777-804.
2. **Abdulrashid M, Joseph Z O, Mohammed A et Adamu H Y. 2013**Response of broiler chickens fed cottonseed meal based diets. *International Journal of Advance Agricultural Research* 1: 62.
3. **Ademe (200) :** Les le coproduit d'origine végétale des industries agroalimentaires. <http://coproduits.blogspot.com/2007/05/quest-ce-quun-coproduit-un-sous-produit.html> (page consulté le 31 mai 2017).
4. **Adoum. I.Y (2007) :** Qualité nutritionnelle des provendes a base d'amande de coton chez les poulets de chair: étude comparative des variétés «glandless» et «glanded» . Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université cheikh anta diop de Dakar. 44 pages.
5. **Aila, H (1992).** Désamerisation microbiologique des amandes amères d'abricot et effet de leurs incorporations dans réalimentation des poules pondeuses sur quelques paramètres zootechniques, Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie, INES de Batna.
6. **Aksu, T., Aksu, M.İ., Önel, S.E., Yakan, A., Kaya, D.A. Baylan, M (2014).** Effect of thyme oil (*Thymbra spicata* l. Var. Spicata) on meat quality in Japanese quails. *Europ.Poult.Sci.* 78. (1) DOI: 10.1399/eps.2013.6
7. **Alkan S, Karabağ K, Galiç A, Karsli T and Balcioğlu M S (2010)** Determination of Body Weight and Some Carcass Traits in Japanese Quails of Different Lines *Kafkas Univ Vet FakDerg* 16 (2): 277-280.
8. **Anderson V, Harrold R, Landblom D, Lardy G, Schatz B et Schroeder JWA. (2002) :** A guide to feeding field peas to livestock. Nutrient content and feeding recommendations for beef, dairy, sheep, swine and poultry. *North Dakota State University* AS-1224.
9. **Angrand, A., (1986).** *Contribution à l'étude de la qualité commerciale des œufs de consommation de la région de Dakar (Sénégal)*. Thèse de doctorat. Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires (E. I. S. M. V).
10. **Anonyme (2003) :** créer un atelier de volailles en bio poulets de chair et / ou poules pondeuses. Fiche technique. Edition CIVAM. 48 pages.
11. **Aoac, (1990)** Official Method of Analysis, 15th edition. *Association of Analytical Chemists, Inc.* Arlington, Virginia, USA

- 12. Arbouche F. ; Arbouche R. ; Arbouche Y., Arbouche H.S., Mennani A., (2018).** Tables of composition and nutritional value of North African raw materials and agro-industrial by-products for ruminant feed. *Ed. Université de Sétif1*, Algérie.
- 13. Arbouche, R (2012) :** Incorporation du tourteau d'amande d'abricot en substitution au tourteau de soja dans l'alimentation des animaux domestiques: Ruminants (cas des ovins à l'engrais) et des monogastriques (cas du poulet de chair). Thèse Doctorat es-science. Option : production animale. Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques. Université de Batna. 82 page.
- 14. Arbouche R., Arbouche F., Arbouche, H. S., et Arbouche Y., (2012).** Effects on growth performance of the incorporation of apricot kernel meal in the broiler ration. *Rev. Méd. Vét.*, 163, (10) : 475-479
- 15. Arbouche, R., Arbouche, F., Arbouche, H.S. and Arbouche, Y. (2014)** Effects of the nature of nitrogen complement (apricot kernel cake vs. soybean meal) on fattening performance and carcass quality of lambs Ouled Djellal (Algeria). *Rev. Méd. Vét.*, 165(11-12): 338-343.
- 16. Attia YA, Abd El-Hamid AE, Ellakany HF, Bovera F, Al-Harthi MA et Ghazaly SA. (2013)** Growing and laying performance of Japanese quail fed diet supplemented with different concentrations of acetic acid. *Ital. J. Anim. Sci* 12 :2, e37, DOI : 10.4081/ijas. 2013.e37
- 17. Ayoola, A., Adeyemi, O.A., Egbeyale, L.T., Sogunle, O.M., Ekunseitan, D.A. (2014).** Effects of sex and stocking density on growth performance and some physiological traits of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Mal. J. Anim. Sci.* 17(2) : 43-53
- 18. Azouz A, Alia M et Rizk E.M (2009):** Chemical composition and characterization of oil and Defatted Cake of Apricot Kernels *Annals Agric.Sci.Ain Shams University*. Cairo, 54(2):373-383,2009.

B

- 19. Baa A, Arbouche F, Arbouche R, Montaigne E, Arbouche Y and Arbouche HS (2019) :** Effects of incorporating oasis by-products on fattening performance and carcass characteristics of Ouled Djellal lamb, *Veterinary World* 11(10): 1397-1403
<http://www.veterinaryworld.org/Vol.11/October-2018/6.html>
- 20.**
- 21. 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.
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409527-4.00022-5>
- 22. Bara Y, Arbouche R, Arbouche Y, Montaigne E, Baa A, Arbouche F (2019)** Effects of replacing corn with cull dates and rumen content extract on production performances and the characteristics of broiler chicken carcasses *J. Ponte* - 75 – 8

23. **Becart.C, Herbin. A, Lefevre. M-C, Molard. P, Przybylski. L, Rigaudiere. P, Sagot. N et Wavelet. S (2000):** La filière alimentaire animale. Edition DESS Qualimapa. Année Universitaire 1999-2000.
24. **Beghou 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 ès Sciences), soutenue le 18 Mars : 2015. Institut des sciences vétérinaire Université : Constantine 1.
25. **Belagoune N.et Khelif A (2011) :** Etude de l'effet de position des rameaux et l'effet de la disposition des boutons floraux sur la fructification de l'abricotier dans la région de Boukhmissa(M'sila).Thème d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie : Production et amélioration végétales. Université Mohamed Boudiaf de M'sila. 84p.
26. **Belhouadjeb, F.A. and Chehat, F. (2013)** The cost of production and the competitiveness of the Algerian sheep meat: Case of the Lamb of Djelfa. *Cah. CREAD*, 29(104): 91-110.
27. **Benatmane F., (2012).** Impact des aliments enrichis en acides gras polyinsaturés n-3 sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle des viandes. Thèse Doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.
28. **Benkara Mostefa S. (2012) :** Aptitude technologique de trois formules à base de riz pour la fabrication de pain sans gluten. Thèse de Magister en Sciences Alimentaires. Option : Biochimie et Technologies Alimentaires. Institut de La Nutrition de L'Alimentation des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA). *Université Mentouri de Constantine* : 15.
29. **Bensalah A (2016) :** Effets de quelques formules alimentaires sur les performances zootechniques et le profil biochimique de la caille japonaise. Mémoire de magistère en sciences vétérinaires. Université des freres Mentouri Constantine. 171 pages.
30. **Berrama Z, Mefti H, Kaidi R et Souames S (2011)** Caractérisation zootechnique et paramètres génétiques des performances de croissance de la caille japonaise *Coturnix japonica* élevée en Algérie. *Livest. Res. Rural. Dev.* 23,3.
<http://www.lrrd.org/lrrd23/1/berr23003.htm>
31. **Biagini F (2006) :** Petits et mini-élevages dans le monde. Principales espèces d'intérêt. MASTER 2ème année biologie géosciences agro ressources et environnement productions animales en régions chaudes. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Synthèses bibliographique 31pages.
32. **Blum. J.C ; Larbier. M ; Sauveur. B (1984) :** Alimentation des animaux monogastriques ; Porc, lapin, volailles. INRA. France.
33. **Blum, J.C. and Sauveur, B. (1996).** Caractéristiques et qualité de l'œuf de poule. *Cah Nutr Diet*, 31:369-378.
34. **Bonos E M, Christaki E V, Florou-Paneri P C (2010)** Effect of dietary supplementation of mannan oligosaccharides and acidifier calcium propionate on the

performance and carcass quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Int. J. Poult. Sci.* 9 (3) : 264-272.

35. **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
36. **Boon, Polly. Visser, G. Henk et Daan, Serge. (2000)** : Effect of photoperiod on body weight gain, and daily energy intake and energy expenditure in Japanese quail (*Coturnix c. japonica*). *Physiology & Behavior* **70**. 249–260.
37. **Bourdon D, Fevrier C, Leclerq B, Lessire M et Perez JM.(1989)** : Les matières premières troisième partie In Alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapin, volailles. 2^e édition *Institut National de Recherche Agronomique (INRA) Paris* : 150-162.
38. **Brimer. L (2001)** : Chemical hazards and their control : endogenous compounds. Eds. M.R. Adams and M.J.R. Nout. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, U.S.A ? pp71-99. In *Fermentation and Food Safety*.
39. **Buffet, E., (2010)**. Conditionnement et emballage des oeufs de consommation. In : F. Nau, C.Guérin-Dubiard, F. Baron, J L. Thapon, eds. 2010. Science et technologie de l'oeuf. Paris: Tec et Doc Lavoisier.pp.251-263.

C

40. **Gabrial,G.N , F.I. El-Nahry, M.Z , Awadalla and S.M (1981)** : Girgis, Unconventional Protein. Sources : Apricot Seed Kernels. *Z. Ernahrungswiss.* **20** :208-215.
41. **Çağlayan, T., Alaşahan, S., Kırıkçı, K. et Gunlu, A., (2009)**. Effect of different egg storage periods on some egg quality characteristics and hatchability of partridges (*Alectoris graeca*). *Poultry Science*, **88**, pp.1330-1333
42. **Caires CM, Fernandes EA, Fagundes NS, Carvalho AP, Maciel MP et Oliveira BR. (2010)** The use of animal byproducts in broiler feeds Use of animal co-products in broilers diets. *Brazilian Journal of Poultry Science* **12** (1): 41.
43. **Carpenter K J and Clegg K M (1956)**: The metabolisable energy of poultry feeding stuff in relation to their chemical composition. *J. Sci. Food Agric.* **7**, 45-51.
44. **Carré, Patrick. Quinsac, Alain. Citeau, Morgane. et Fine, Frédéric. (2015)** : Rapeseed: some examples of current research. A re-examination of the technical feasibility and economic viability of rapeseed dehulling. *Oilseeds and Fats Crops and Lipids* **22** (3) D304 :1-2.
45. **Castings, J. (1979)** Aviculture et petit élevage. pp: 236- 238. Collection d'enseignement agricole. Edition : INRA.

46. **Chaouia C., Mimouni M., Trabelsi S., Benrebiha F.Z., Boutekrabt T.-F. & Bouchenak F., 2003** – Les espèces fruitières, viticoles et phoenicicoles. In ; Abdelguerfi A. & Ramdane S.A.- Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires a la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Recueil des communications, Atelier n°3 du 22-23/01/2003, Alger « biodiversité importante pour l'agriculture » MATE-GEF/PNUD Projet ALG/97/G31. pp.19-28.

D

47. **Dahouda, M., Adjolohoun, S., Sènou, M., Toleba, S. S., Abou, M., Vidjannagni, D. S., Kpodékon, M. & Youssao A. K. I. (2013)** : Effets des aliments contenant les folioles de *Moringa oleifera* Lam et des aliments commerciaux sur les performances de croissance des lapins (*Oryctolagus cuniculus*) et la qualité de la viande. *Int. j. biol. chem. Sci.* 7 (5): 1838-1856.
48. **Devlin T M (1992)** :Textbook of Biochemistry.Ed.WileyLiss, New York.
49. **Didi. M (2006)**: Substitution du maïs par de l'orge dans l'aliment du poulet de chair, influence sur les performances de croissance et l'utilisation de l'aliment. Mémoire Magister. Univ Ibn
50. **Dieng. A (1998)** : Optimisation de la formulation des aliments pour volailles au Sénégal.- Actes des premières journées avicoles Sénégalaises, 27-28 Nov 1998.- Dakar.
51. **Djitie Kouatcho F, Ngoula F, Kana J R, Tadondjou T C D and Teguia A (2015)** :Effect of dietary crude protein level on growth parameters and carcass characteristics of quail (*Coturnix* sp) at starter stage in Western Highland of Cameroon. *Livest. Res. Rural. Dev.* 27, 155 <http://www.lrrd.org/lrrd27/8/koua27155.htm>

E

52. **El-Adawy TA, Rahma H, El-Badawey AA, Gomaa MA, Lasztity R, Sarkadi L (1994)**. Biochemical studies of some non-conventional sources of proteins part 7. Effect of detoxification treatments on the nutritional quality of apricot kernels. *Die Nahrung.* 38: 12-20
53. **El Rammouz, R. (2005)**: Study of Post Mortem Biochemical Changes in the Muscle of Poultry - Contribution to the Determinism of the Amplitude of the Decrease in pH. Doctorat thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.
54. **Ernst RA. (1978)**: Raising and propagating Japanese quail. Division of agricultural sciences. *University of California*: 1-7. 17

F

55. **F.A.O (2005)** : Productions agricoles, Cultures primaire. Banc des données statistiques, F.A.O. STAT, <http://www.fao.org>.

- 56. Feedstuffs Ingredient Analysis Table. (2012) :** Edition prepared by Amy Batal, Nick Dale and Mike Persia³; ¹Huvepharma LLC, ² University of Georgia, Athens, Ga.; ³Iowa State University, Ames, Iowa
- 57. Feedstuffs Ingredient Analysis Table.(2015) :** Edition prepared by Amy Batal and Nick Dale ¹Huvepharma Inc ²University of Georgia, Athens, Ga.
- 58. Ferradji, A.; Imerzouken, M.; Malek, N.; Boudour, N. (2001).** Effects of some parameters on the oil extraction of apricot kernels by pressing. *Ann. Instit. Nat. Agro.* 22 : 49-59.
- 59. Frehner M, Scalet M et Conn E.E (1990):** Pattern of the cyanide-potential in developing fruits. *Plant physiol* 94: 28-34.

G

- 60. Gordon S H. (2005) :** Optimising the use of home-grown oilseeds and pulses as protein sources in feeds for table chickens. Home-Grown Cereals Authority (HGCA). *Project Report N°360: 87-90.*
- 61. Got N.,(1958) :** L'abricotier. Ed : la maison rustique. Paris. 140p.
- 62. Gotin. (1958) :** L'abricotier, éd la maison rustique, Paris. P151.
- 63. Grimplet J (2004) :** Génomique fonctionnelle et marqueurs de qualité chez l'abricot. Thèse de doctorat. École doctorale : Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques & Bioingénieries. Spécialité : Qualité et Sécurité des Aliments. L'Institut national polytechnique de Toulouse., 253 P.
- 64. Guermah, H., Maertens, L., Berchiche, M. (2016)** Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits *World Rabbit Sci.* 24 (3): 183-189
- 65. Gutierrez R J. (1993) :** Taxonomy and biogeography of new world quail In K.E. chuch and T.V. daily. eds. quail III: national quail symposium. Kansas *Department of Wildlife and Parks (Pratt):*8-15
- 66. Guillaume, J. (1970) :** Du besoin azoté de la caille domestique (*coturnix coturnix japonica*). I. Etude Préliminaire du besoin de la caille en Croissance. *Ann. Zootech.* Vol 19(1): 5-11.
- 67. 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

- 68. Hamizi S (2006) :** Comportement des cultivars d'abricotiers introduits et cultivés au niveau de la pépinièreZerrad (Seriana). Thèse: Ing. Agro. Batna. 33-42 pp.

69. **Hamm, R. (1986).** Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (pp. 135-199). Orlando (USA) Academic Press.
70. **Hanusová, E., Hrnčár, C., Hanus, A. et Oravcová, M., (2015).** Effect of breed on some parameters of egg quality in laying hens. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 18(1) pp 20-24.
71. **He, T. Thacker, P A. McLeod, J G. et Campbell, G L. (2003) :** Performance of broiler chicks fed normal and low viscosity rye or barley with or without enzyme supplementation. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* **16** (2) : 234-238
72. **Heng L, Vincken JP, Koningsveld G, Legger A, Gruppen H, Boekel, T, Roozen J et Voragen F.(2006) :** Bitterness of saponins and their content in dry peas. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **86**:1225–1231.
73. **Heuzé Valérie, Tran Gilles et Lebas François. (2015):** Faba bean (*Vicia faba*):1-5. *Feedipedia Research Gate*: <https://www.researchgate.net/publication/282646696>.
74. **Hickling Dave. (2003):** Canadian feed peas industry guide. Third Ed. *Pulse Canada* Winnipeg, Manitoba: 10-14
75. **Hulot, F., Ouhayoun, J. (1999):** Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.* 7 (1) : 15-36.
76. **Huss D., Poynter G. and Lansford R. (2008).** Japonaise quail(*Coturnix japonica*) as a laboratory animal model. *LAB ANIMAL*, 37 : 513-519.

I

77. **Iberraken. M et Maouche. K (2006) :** Les produits carnés. Mémoire d'Ingéniorat en contrôle de qualité et analyse. Université de Bejaia.
78. **Immerseel FV, De Buck J, Pasmans F, Huyghebaer G, Haesebrouck F et Ducatelle R. (2004) :** *Clostridium perfringens* in poultry: an emerging threat for animal and public health, *Avian Pathology*, **33** (6): 537-549.
79. **INRA (1980) :** L'alimentation des volailles. Les matières premières, 28p.
80. **ITELV, (2012) :** Guide d'élevage de la caille, Institut Technique Des Elevages. département monogastrique, 14p.

J

81. **Jacob J. (2012) :** Antinutritional factors in feed ingredients, university of Kentucky In eXtension.org. Disponible sur: <http://articles.extension.org/pages/66921/antinutritional-factors-in-feed-ingredients>.

Consulter le : 23/02/2016.

82. **Jaovelo. F.N (2007) :** Effet de la supplementation en *volihot* sur les performances zootechniques de poulet de chair en période de stress thermique. Mémoire de docteur vétérinaire. université cheikh anta diop de Dakar. 85 pages.
83. **Juillet A, Susplugas J et Courp J (1955) :** Les oléagineux et leurs tourteaux, Ed Le chevalier : 460 p.
84. **Julve. P (1998) :** FF-Baseflor : Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 23 Avril 2004.

K

85. **Kaur S et Mandal AB. (2015):** The performance of Japanese quail (White Breasted Line) to dietary energy and amino acid levels on growth and immuno-competence. *Nutr. Food Sci.* 5 : 390. doi:10.4172/2155-9600.1000390
86. **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.
87. **Kaysi Y et Melcion J-P. (1992) :** Traitements technologiques des protéagineux pour le monogastrique : exemples d'application à la graine de féverole. *Institut National de Recherche Agronomique Production Animale* 5 (1), 3-17.
88. **Kébé. C (1989) :** Etude des protéines conventionnelles et non conventionnelles au Sénégal. Thèse: Méd. Vét : Dakar: 13.
89. **Khairy.M, Morsy,S ; El Wakeil, F and Hllabo, A (1975) :** Biological evalution of apricot kernel cake. *Egypt. J. Food Sci*, 3(1-2) : 7-15.
90. **Khemies, (2013) :** Inventaire des variétés locales d'arboriculture fruitière et leurs biotopes respectifs dans la wilaya de Tlemcen. Mémoire Magister en Agronomie. Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen. 173 pages.
91. **Kita K, Muramatsu T and Okumura J (1989):** Influence of excess protein intake on whole-body protein synthesis in chicks. *Nutr Rep Int.* 39: 1091-1097.

L

92. **Lacassagne (1982) :** In Didi M 2006.substitution du maïs par de l'orge dans l'aliment du poulet de chair, influence sur les performances de croissance et l'utilisation de l'aliment. Mémoire Magister. Univ Ibn Badis de Mostaganem.
93. **Larbier. M. et Leclercq. B (1991) :** Nutrition et alimentation des volailles, INRA Ed., 355p.

94. **Larbier M et Leclercq B. (1992) :** Nutrition et alimentation des volailles *Institut national de la recherche agronomique* : 274.
95. **Larzul C., Gondret F. (2005).** : Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin INRA *Prod. Anim.* 18(2) : 119-129.7
96. **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.
97. **Lei V; Amoa-Awua W.K.A. Brimer L (1999 :** Degradation of cyanogenic glycosides by *lactobacillus plantarum* strains from spontaneous cassava fermentation and other microorganisms. *Int ; Food. Micobiol*,53,169-184.
98. **Lichou J et Audubert A (1989) :** l'Abricotier., Editions La Bayeusaine - Bayeux., 386 P.
99. **Linné Carl. (1758) :** Système de la Nature, division en classe, ordre, genre et espèces, avec les caractères, les différences, les synonymes et les localisations. 10^{ème} édition decima reformata, holimiae, inensis direct.
100. **Lucotte, G. (1998) :** Production de la caille. Edition: Vigot Frères. p 9

M

101. **Madr (2016) :** Statistiques, ministère de l'agriculture et du développement rural. Algérie
102. **Maillot (2010) :** Fruits et Légumes du Marché, L'abricot. (La Dernière modification : 10 janvier 2011) <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/abricot.htm>
103. **Marcel M (2002) :** La rousse agricole. Ed : Mathilde Majorel assisté de Nora Schott. Paris. 14-15pp. Martinez, 1981 .in Djoumak W et Gharsallah M., 2009. Étude du comportement de deux variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca*) en zone aride cas de la région Nouara W. de M'sila. Thème de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie : production et amélioration végétales. Université Mohamed Boudiaf de M'sila. 94p.
104. **Maurice, R. and Gerry, B. (2008) :** Raising Japanese quail. NSW Department of primary industry: 1-3.
105. **Menezes, P.C., Lima, E.R., Medeiros, J.P., Oliveira, W.N.K. et Evêncio-Neto, J., (2012).** Egg quality of laying hens in different conditions of storage, ages and housing densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(9) pp 2064-2069
106. **Mennani, A., Arbouche, R., Arbouche, Y., Etienne, M., Arbouche, F., Arbouche, H. (2017).** Effects of incorporating agro-industrial by-products into diet of New Zealand rabbits: Case of rebus of date and apricot kernel meal. *Veterinary World*. 10 (12) : 1456-1463.

107. **Mennani, A., Arbouche, Y., & Arbouche, R., Etienne M., Arbouche, F., Arbouche, H. (2019).** Effects of Incorporating Cull Dates and Apricot Kernel Cake on Fattening Performances and Carcass Characteristics of Local Rabbits *Revue Ponte* Vol. 75, 9/1
108. **Menassé V (2004) :** Les cailles : Guide de l'élevage rentable. Ed. De Vecchi S.A.
109. **Meradi. S (2008) :** Effet de la substitution du maïs par les rebuts de dattes sur les performances zootechniques du poulet de chair. Centre universitaire d'El-Tarf.
110. **Meradi, S., Arbouche, F. and Arbouche, R. (2016_a) :** Valorisation of the fattening of the sheep hamra breed by the by-products of the date. *Livest. Res. Rural Dev.*, 28, 4
<http://www.lrrd.org/lrrd28/4/arbo28070.html>
111. **Meradi S, Arbouche F, Chekkal F, Benguigua Z, Mansori F et Arbouche R (2016)** Effets de l'incorporation de déchets de dattes locaux dans la ration sur la croissance de poulets de chair. *Livest. Res. Rural. Dev* 28, 77.
<http://www.lrrd.org/lrrd28/5/sami28077.html>
112. **Merck (1996) :** The Merck Index (12th Ed). Merck Inc. Whitehouse station (NJ). 4836p.
113. **Mertens.K, Bain.M, Perianu.C, De Baerdemaeker.J, Decuypere.E et De Ketelaere.B (2010).** Qualité physico-chimique de l'œuf de consommation In : Science et technologie de l'œuf, Vol.1. Bain.M, Baron.F, Braine.A, Buffet.E, De Baerdemaeker.J, De Ketelaere.B, Decuypere.E, Gonnier.V, Jan.S, Joly.P, Kouba.M, Magdelaine.P, Mégard.D, Mertens.K, Nys.Y, Perianu.C, Protais.M et Spiess.M-P. Collection Sciences et technologies agro-alimentaires, Editions Lavoisier, pp.307-308
114. **Metayer. J.P; Grosjean. F et Castaing J (1993) :** *Anim. Feed Sci. Technol.*, 43 : 87-108.
115. **Mills AD, Crawford LL, Domjan M et Faure JM.(1997) :** The behavior of the Japanese or domestic quail *Coturnix japonica*. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 21 (3): 261-281.
116. **Mingi, N. Poulter, N.H and Rosling, H (1992):** An outbreak of acute intoxication from human consumption of insufficiently processed cassava in Tanzania. *Food chem.* 53 : 29-33.
117. **Molino AB, Garcia EA, Santos GC, Vieira Filho JA, Baldo GAA et Paz ICL, Almeida. (2015) :** Photostimulation of Japanese quail. *Poultry Science* 00:1–6
118. **Mondry R (2016) :** L'élevage des cailles en zone tropicale. Coédition ISF Cameroun et du Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA). 32 pages.

119. **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.
120. **Moula, N, Philippe, FX, Ait Kaki, A, Touazi, L, Antoine-Moussiaux, N, et Leroy, P (2014),** 'Ponte et qualité d'œufs de cailles élevées en conditions semi intensives dans l'est algérien', *Archivos de Zootechnia*, vol, 63, no. 244, pp. 693-696
121. **Moula N, Antoine-Moussiaux N, Decypere E, Farnir F, Mertens K, De Baerdemaeker J, Leroy P. (2010).** Comparative study of egg quality traits in two Belgian local breeds and two commercial lines of chickens. *Arch. Geflügelkd* ., 74 (3), pp 164–171

N

122. **Nagalakshmi D, Rama Rao SV, Panda AK et Sastry VRB.(2006) :** Cottonseed meal in poultry diets: A review. *The Journal of Poultry Science Research Gate*: 1-2. <https://www.researchgate.net/publication/250130391>
123. **Nahashon SN et Kilonzo-Nthenge AK.(2011) :** Advances in soybean and soybean by-products in monogastric nutrition and health Chapitre 7 In Soybean and nutrition book edited by Hany A. El-Shemy: 309-325.
124. **Nalle CL .(2009) :**Nutritional evaluation of grain legumes for poultry. Th. Doctor of Philosophy in Poultry Nutrition At Massey. *University, Palmerston North, New Zealand*: 5-19.
125. **Nanda S, Mallik BK, Panda PK, Nayak I, Samal SK et Das M. (2015):** Effect of season on mortality of Japanese quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) in different age groups. *Int. Res. j.* 4 (7) : 29-33.
126. **Naraharid, D. and Rajinir, R.A. (1999).** Effect of dietary pearl millet and pigments on egg quality. *Indian J Poult Sci*, 34: 89-91
127. **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.
128. **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.
129. **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.
130. **NRC.(1994).** Subcommittee on poultry nutrition National Research Council, Nutrient Requirements of Poultry. *National Academy Press. Washington*: 176 pages.

131. Nys Y, Sauveur B. (2004). Valeur nutritionnelle des oeufs *Prod. Anim.*, 17 pp 385-393.

O

132. Olkowski AA, Olkowski BI, Amarowicz R et Classen H L. (2001) : Adverse effects of dietary lupine in broiler chickens. *Poultry Science* 80:621.
133. Ouzzir L, Arbouche F., Arbouche Y. (2020) Detoxified apricot kernel meal in local rabbit fattening: effects on growth performances and slaughter parameters. *Revue Ponte* 76 ,6/1
134. OVT. (2005) : Détention professionnelle de la caille. Edition: Yoshinori.
135. Özbey O, Erisir Z, Aysöndü MH et Özmen Ö. 2(004): The effect of high temperatures on breeding and survival of Japanese quails that are bred under different temperatures. *Int. J. Poult. Sci.* 3 (7) : 463-467.

P

136. Padmakumar B, Reghunathan Nair G, Ramakrishnan A, Unni AKK et Ravindranathan 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
137. Parigi – Bini. R (1986) : Bases de l'alimentation du bétail. Padoue Nella litographia felici spartaco. 292p.
138. Perrot C. (1995) : Les protéines de pois : de leur fonction dans la graine à leur utilisation en alimentation animale. *Institut national de la recherche agronomique Productions animales* 8 (3):151-164.
139. Piccioni, M (1965). Dictionnaire des aliments pour animaux.
140. 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.
141. Priti M et Satish S. (2014): Quail farming: An introduction. Research report. *International Journal of Life Sciences* 2 (2): 190-193.

R

142. Randall M et Bolla G. (2008) : Raising Japanese quail. *Prime facts* 602.second ed: 1-5.
143. Ratnamohan N. (1985): The management of Japanese quail and their use in virological research: A review. *Veterinary Research Communications* 9: 1-14.

144. Ricard, Mondry (2016). L'élevage des cailles en zone tropicale, Cameroun, (ISF Cameroun) et du Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA), collection pro-agro : 1-24

145. Rogério G T and Cunha (2009): Quail meat: an undiscovered alternative. *Worlds Poult Sci J* 25 (2) :12-14

S

146. Sagna R F. (2010). Essai de substitution du tourteau d'arachide par le tourteau de neem (*Azadirachta indica A.Juss*) sur les performances en vie et en carcasse du poulet de chair P F E. *Université Cheikh Anta Diop de Dakar* : 30-31.

147. Sahin N, Orhan C, Tuzcu M, Sahin K et Kucuk O. (2008) The effects of tomato powder supplementation on performance and lipid peroxidation in quail. *Poult. Sci* 87 (2) : 276–283.

148. Sakandé .S (1993) : Contribution à l'étude de l'influence des apports en protéines alimentaires sur les performances de croissance et le rendement carcasse de la pintade commune (*Numida meleagris*) et du poulet de chair (*Gallus domesticus*). Thèse. Méd. Dakar : 23.

149. Schmid, I. et Wechsler B.(1997). Behaviour of Japanese quail (*Coturnix japonica*) kept in semi-natural aviaries, *Applied Animal Behaviour Science* 55: 103-112.

150. 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.

151. 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.

152. Shanaway M M. (1994) : Quail production systems. A review. *Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.* 147.

153. Sharma H, Giriprasad R et Goswami Meena. (2013) : Animal fat-processing and its quality control. *Journal of Food Processing & Technology* 4: 8.

154. Shojadoost B, Vince AR et Prescott JF. (2012) : The successful experimental induction of necrotic enteritis in chickens by *Clostridium perfringens*: a critical review. *Veterinary Research* 43:74

155. Silversides, F.G., (1994). The Haugh unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. *The Journal of Applied Poultry Research*, 3(2), pp 120-126.

156. 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. 270.

157. Seyed-Alireza, S., Mehrdad, I., Khosro, G., Afshar, M., Vahid, R., Hasan, F., Kamel A. Samad Zamanzad-G. (2011) Effect of varying dietary energy to protein ratio on productive performance and carcass characteristics of Japanese quail. *Ann. Biol. Res*, 2 (1) :149-155.

T

158. Tires, K.(1990). Valorisation alimentaire de l'amande d'abricot détermination biochimique et de quelques constituants, Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie, INES Batna.

159. Trari S (1989) : Tourteau d'amande d'abricot composition chimique digestibilité in vitro(pepsine cellulase), Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie. INES. Batna

160. Tufan, T. and Bolacali, M. (2017). Effects of dietary addition of synbiotic on the performance, carcass traits, and serum parameters of Japanese quails. *Rev. Bras. de Zootec.* 46(10) :805-813.

U

161. Ukashatu S, Bello A, Umaru MA, Onu J E, Shehu S A, Mahmuda A et Saidu B A. (2014) : Study of some serum biochemical values of Japanese quails (*Coturnix Coturnix Japonica*) fed graded levels of energy diets in Northwestern Nigeria. *Scientific Journal of Microbiology* 3(1). 1-8.p-10.

V

162. Vali N (2006:) Growth, feed consumption and carcass composition of *Coturnix japonica*, *Coturnix ypsilophorus* and their reciprocal crosses. *Asian J Poultry Sci*, 3(4) : 132-137.

W

163. Warris, P. D., S. C. Kestin, S. N. Brown, and E. A. Bevis, (1988). Depletion of glycogen reserves in fasting broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 29 (1) :149–154.

164. Westmore, A. (1952): A revised classification of the bird of the world. Smithsonian Misc Collect, 177: 1-22.

165. Wiseman J et al., (1984). Feeding of non-ruminant livestock. Collective edited work by the research staff of the département de l'élevage des Monogastriques, *Institut National de recherche agronomique* : 132.

166. 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.

- 167. World Pheasant Association and IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group (eds.) (2009).** Guidelines for the re-introduction of Galliformes for conservation purposes.

Z

- 168. Zlotina ,A., Galkina, S., Krasikova, A., Crooijmans, R. P. M. A., Groenen, M. A. M., Gaginskaya, E. and Deryusheva S., (2012) :**Centromere positions in chicken and Japanese quail chromosomes: de novo centromere formation versus peri-centric inversions. Springer Science + Business Media Dordrecht. United States of America.DOI 10.1007/s10577-012-9319-7. Chromosome Res 20:1017-1032.

Sites

1. Site 1 :

https://www.doc-developpement-durable.org/file/Elevages/cailles/guide_caille.pdf
(Page consulté le 25/12/2018)

2. Site 2 :<https://www.itafv.dz/dg/manif/632.pdf> (page consulté le 26/12/2018)

3.Site 3 : <http://race-bovine-villarddelans.fr/petit-arbre-frutier-pour-petit-jardin/>

(Page consulté le 18/01/2019)

4.site 4 : <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1482/mimoir%20fin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

(Page consulté le 18/01/2019)

5. Site 5: Présence de cyanure dans les amandes d'abricots amères - Canada.ca <https://www.canada.ca/fr/sante.../presence-cyanure-amandes-abricots-ameres.html> (page consulté le 24-06-2009).

6. Site 6 : Tourteaux - Définition, Actu-Environnement. 2003. 2018 COGITERRA, CNIL N°845317 - ISSN N°2107-6677 https://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/tourteaux.php4