

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire

*de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences
Agronomiques*

Option : Production et Nutrition Animale

Thème

**Essai de la supplémentation de *l'Azolla pinnata* en
alimentation de la caille japonaise
(*Coturnix coturnix japonica*)**

Réalisé par :

M^{elle} Merzouk Assia

M^{elle} Mouloudj Kahina

Devant le jury :

Président :	Mouhous Azeddine	MCA	UMMTO
Promoteur :	Kadi Si Ammar	Professeur	UMMTO
Co-promotrice	Belaid Gater Nadia	Docteur	ITMAS
Examineurs	Dorbane Zahia	MCB	UMMTO
Examineurs	Zirmi-Zembri Nacima	Docteur	Subdivision agricole LNI

Promotion : 2021/2022

Remerciements :

Nous tenons à remercier le Dieu le tout puissant pour le courage, la force, la volonté et la santé qu'il nous a donné afin de réaliser ce mémoire

Nous adressons, nos sincères remerciements à notre encadreur monsieur

***Kadi S. A** professeur au département des sciences agronomiques, Université Mouloud Mammeri (Tizi-ouzou) et notre Co-promotrice **M^{me} Belaid Gater N**, Docteur à ITMAS de Boukhalfa Tizi-Ouzou, qui nous ont toujours guidés dans la réalisation de ce mémoire, pour leurs présences, leurs patiences, leurs précieux conseils pour l'aboutissement de ce travail.*

On leurs dit merci infiniment.

Nous voudrions exprimer notre gratitude aux membres du jury :

***Mr MOUHOUS A** maître de la conférence A à L'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury de notre mémoire.*

***M^{elle} Dourbane Zahia** maître de conférence B à UMMTO*

*et **M^{me} Zirmi-Zembri** Docteur à la subdivision agricole LNI, d'avoir acceptées d'examiner ce travail.*

*Nous ne manquerons pas de remercier la doctorante de professeur **Kadi S.A : M^{elle} Bareche Lamia** qui nous a guidées dans la réalisation de ce mémoire, pour sa présence, sa patience, ses précieux conseils, son encouragement pour l'aboutissement de ce travail. Nous la remercions aussi pour avoir accepté de nous confier cette étude qui constitue une partie de sa thèse de doctorat.*

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à l'ensemble du personnel de l'institut technologique moyens agricole spécialisé (L'ITMAS) du Boukhalfa à Tizi-Ouzou, pour leurs patiences, leurs conseils pleins de sens et pour leurs suivis. On leurs dit merci beaucoup

A travers ce mémoire nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

Dédicace :

Du profond de mon cœur je dédie ce mémoire à tous ceux qui sont chers....

A mes parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A ma sœur, qui m'a soutenu dans ma vie et mes études.

A mes très chers frères pour leurs amours et leur encouragement.

A toutes mes amies : Lisa, Melissa, Hanane, souhila.

A ma famille et mes proches et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de réalisation de ce travail. Ils m'ont encouragé tout au long de mon parcours.

A ma binôme Kahina ainsi qu'a toute sa famille.

ASSIA

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien être.

A mes chers frères Rachid, Saïd, Nassim pour leurs encouragements et leur soutien moral, que dieu vous protège, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.

A mes oncles Fawzi, Omar, Sofiane je leur dédie ce travail pour tous les sacrifices qu'ils n'ont cessé de m'apporter tout au long de mes années d'études, que dieu apporte le bonheur, les aide à réaliser tous leurs vœux et leur offre un avenir plein de succès.

A ma grand-mère Farida que dieu te donne la santé.

A ma chère binôme Assia ainsi qu'à toute sa famille.

KAHINA

Liste des tableaux

Tableau 1 : Quelques régions de l'élevage de la caille à Tizi-Ouzou	6
Tableau 2 : Température en fonction de l'âge des cailleteaux.....	8
Tableau 3 : Norme d'ambiance en élevage de la caille japonaise (0-6 semaines d'âges)	9
Tableau 4 : Exemple de formule alimentaire de l'aliment caille.....	10
Tableau 5 : Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unité par kilogramme d'aliment à 90% de matière sèche	12
Tableau 6 : Composition de <i>l'Azolla spp</i>	17
Tableau 7 : Principaux minéraux de <i>l'Azolla spp</i>	20
Tableau 8 : Composition chimiques de la farine de <i>l'Azolla pinnata</i>	23
Tableau 9 : Composition chimique de la farine de <i>l'Azolla pinnata</i> séchée	25
Tableau 10 : Quelques essais réalisés sur l'effet d'incorporation d'Azolla dans l'alimentation des volailles dans différents pays du monde	30
Tableau 11 : Composition chimique de <i>Moringa Oleifera</i>	31
Tableau 12 : Composition chimique de la caroube	31
Tableau 13 : Composition chimique et valeur nutritive des vers de terre.....	31
Tableau 14 : Composition chimique et valeur nutritive de la farine de criquets ou de sauterelles.....	36
Tableau 15 : Température et humidité enregistrées pendant l'essai	54
Tableau 16 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur les paramètres d'abattage.....	65
Tableau 17 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur le rendement carcasse	65

Listes des figures

Figure 1: Caille domestique (<i>coturnix japonica</i>)	3
Figure 2: La caille commune (à droite la femelle, à gauche le male	4
Figure 3: La caille japonaise (<i>coturnix coturnix japonica</i>)	5
Figure 4: La caille de la chine (<i>coturnix chenensis</i>)	5
Figure 5: Vue d'un élevage des cailles au sol	7
Figure 6: Elevage des cailles en cages.....	8
Figure 7: Vue d'une culture d'Azolla au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa (Tizi- Ouzou)	15
Figure 8: Aspect d'Azolla <i>pinnata</i>	17
Figure 9: Distribution moderne approximative d'Azolla	19
Figure 10: Aspect de l'Azolla fraîche au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa (Tizi- Ouzou)	27
Figure 11: Aspect d'Azolla sèche au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa	28
Figure 12: Pois Mascate (<i>Mucuna pruriens</i>)	29
Figure 13: Feuilles de <i>Moringa oleifer</i>	32
Figure 14: Le caroube (<i>certains salique L</i>)	32
Figure 15: Carte géographiques de L'ITMAS de Boukhalfa Tizi Ouzou.....	39
Figure 16: Bâtiment d'élevage caille où s'est déroulé l'expérience.....	40
Figure 17: Bâtiments caille vue de l'intérieur.....	41
Figure 18: La poussinière préparée pour accueillir les poussins.....	41
Figure 19: Caisses des cailleteaux.....	42
Figure 20: Installation des cailleteaux dans la poussinière.....	42
Figure 21: Pesée des cailleteaux à leur arrivées.....	43
Figure 22: <i>Azolla pinnata</i> fraîche dans deux bassins à l'exploitation de L'ITMAS.....	44
Figure 23: Azolla fraîche récoltée puis lavée avec de l'eau.....	44
Figure 24: <i>Azolla pinnata</i> séché avant et après le tamisage.....	45
Figure 25: l'aliment commercial des trois phases et leurs composition	46
Figure 26 : Les deux balances utilisées pendant l'essai.....	47
Figure 27: Eleveuse à gaz utilisée dans l'essai.....	47

Figure 28: Abreuvoirs utilisés dans la période d'élevage.....	48
Figure 29: Les trois types de mangeoires utilisés pendant l'essai.....	48
Figure 30: Les deux arrosoirs utilisés pendant l'essai.....	49
Figure 31: un thermo hygromètre automatique.....	49
Figure 32: un pulvérisateur.....	49
Figure 33: Phase de démarrage et croissance.....	50
Figure 34 : Les deux extension de la surface occupées par les cailles	51
Figure 35 : La mise en lot	52
Figure 36 : Les trois lots (A, AF, AS) de l'essai.....	53
Figure 37 : Un pédiluve	55
Figure 38 : Désinfection de la paille.....	55
Figure 39 : La pesée des animaux effectués durant l'élevage	56
Figure 40 : L'arrivée des cailles à l'abattoir.....	58
Figure 41 : Les caisses identifiées par lot.....	58
Figure 42 : l'identification et la pesée des cailles à l'abattoir.....	59
Figure 43 : l'échaudages des cailles	59
Figure 44 : Machine à déplumer (la plumeuse)	60
Figure 45 : Pesée des organes à l'abattage	60
Figure 46 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur l'évolution pondérale des cailles.....	62
Figure 47 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur la consommation alimentaire des cailles	63
Figure 48 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur l'indice de consommation....	64

Listes des abréviations

DSA : Direction des services agricoles

ITAVI : Institut technique de l'aviculture.

ITELV : Institut technique d'élevage

FAO : Food and agriculture organisation

NRC :

ITMAS : Institut technique moyen agricole spécialisé

MS : Matière sèche

KG : Kilogramme

Kcal : kilocalorie

CMV : Complément minéralo-vitaminique

ADF : Acid detergent fiber

NDF: Neutral detergent fiber

P: Phosphore

K: potassium

Ca: Calcium

Mg: Magnesium

Mn: Manganese

Fe: Fer

Mo: Molybdène

Co: Cobalt

PV : Poids vif

GMQ : Gain moyen quotidien

CMQ : Consommation moyenne quotidienne

CA : Consommation alimentaire

IC : Indice de consommation

TM : taux de mortalité

RC : rendement carcasse

Moy : Moyenne

Max : Maximum

Min : Minimum

AF : Azolla fraîche

AS : Azolla sèche

T : Témoin

P : probabilité

PPDS : Plus petite différence significative

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités et conduite d'élevage de la caille.	
1-Origine et description de la caille	3
2. Systématique de la caille	3
3. principaux espèces des cailles existantes	4
3.1. La caille commune (<i>Coturnix Coturnix</i>)	4
3.2. La caille japonaise (<i>coturnix coturnix japonica</i>)	4
3.3. La caille de la chine (<i>coturnix chienensis</i>)	5
4. la différence entre la caille japonaise domestique et sauvage	6
5. situation de production de la caille dans le monde	6
6. situation de production de la caille En Algérie	6
7. Conduite d'élevage caille.....	7
7.1. Bâtiment et matériels	7
7.1.1. Elevage au sol.....	7
7.1.2. Elevage en cage.....	8
8. Les conditions d'ambiance	8
8.1. la température	8
8.2. La ventilation	9
8.3. Humidité	9
8.4. Eclairage	9
8.5. La densité	9
8.6. La litière	10
9. l'alimentation de la caille	10
9.1. Le comportement alimentaire	11
9.2. Les besoins notionnels des cailleteaux	11
9.3. La consommation de l'eau chez la caille.....	13
Chapitre II : Ressources alternatives en alimentation de la volaille	
• Ressources alternatives non conventionnelles	14
1. les grains de légumineuses.....	15
1.1. <i>Mucuna pruriens</i>	15
1.1.1. La composition chimiques de <i>Mucuna pruriens</i>	16
1.2. Utilisation de <i>Mucuna pruriens</i> en alimentation de la volaille.....	16
2. <i>Moringa oleifera</i>	16
2.1. Description de la plante	17

2.2. Composition chimique de <i>Moringa oleifera</i>	18
2.3. Utilisation de <i>Moringa oleifera</i> dans l'alimentation de la volaille.....	18
3. le caroubier (<i>Ceratonia Siliqua L</i>)	19
3.1. La composition chimique de caroubier (<i>Ceratonia Siliqua L</i>)	20
3.2. L'utilisation de caroubier en alimentation de la volaille.....	21
4. la féverole	21
4.1. L'utilisation de la féverole en alimentation de la volaille.....	21
5. Son de blé.....	21
5.1. L'utilisation de son de blé en alimentation de la volaille	22
6. L'utilisation des déchets de dattes dans l'alimentation de la volaille.....	22
7. les insectes.....	22
7.1. Les vers de terre.....	22
7.1.1. La composition chimique des vers de terre.....	23
7.1.2. L'utilisation des vers de terre en alimentation animale.....	23
7.1.2.1. En alimentation de la volaille.....	23
7.1.2.2. En alimentation de la caille.....	24
7.2. Les sauterelles (les criquets)	24
7.2.1. La composition chimique des sauterelles.....	25
7.2.2. L'utilisation des sauterelles en alimentation de la caille japonaise (<i>Coturnix coturnix japonica</i>).....	25
7.2.3. L'utilisation des sauterelles en alimentation de poulet de chair.....	25
8. Autres ressources	26
Chapitre III : Utilisation de L'Azolla en alimentation animale	
1. Description de l'Azolla.....	27
2-Classification de l'Azolla	27
3. les espèces d'Azolla	27
4. Morphologie de l'Azolla.....	28
5. Distribution d'Azolla.....	29
6. La reproduction de l'Azolla.....	29
7. composition chimique et la valeur nutritive de l'Azolla.	30
8. La farine de <i>l'Azolla pinnata</i>	31
9. forme de présentation de l'Azolla	31
9.1. Azolla fraîche.....	31
9.2. L'Azolla sèche	32
9.3. L'Azolla ensilée.....	33
10. Ecophysiologie de l'Azolla.....	33

10.1. Besoin en eau.....	33
10.1.1. Taux d'humidité.....	33
10.1.2. Hauteur de l'eau	33
10.1.3. La salinité	33
10.2. La température	33
10.3. La lumière	33
10.4. Le ph.....	34
10.5. la nutrition minérale	34
11. L'utilisation de l'Azolla en agriculture	34
12. l'utilisation de l'Azolla en alimentation animale.....	35
12.1. En alimentation des ruminants	35
12.2. En alimentation de poulets	35
12.3. En alimentation caille japonaise.....	37
12.4. En alimentation de lapin.....	37
12.5. En alimentation de poisson	38
Chapitre IV : Matériel et méthodes	
1-Objectifs de l'étude.....	39
2-Présentation du lieu d'étude	39
3-Période d'étude.....	39
4. Bâtiment d'élevage.....	40
4.1. Préparation de Bâtiment d'élevage avant l'arrivée des cailleaux.....	40
4.1.1. Préparation de la poussinière.....	41
4.1.2. Arrivées et mise en place des cailleaux.....	42
5. Matériels.....	43
5.1. Les Animaux	43
5.2. Azolla fraîche	43
5.3. Azolla Sèche.....	43
5.4. Aliment commercial	44
5.5. Autres matériels	45
6. Méthodes	46
6.1. La Mise en lot.....	50
6.2. Condition d'élevage	52
6.2.1. Température Et Hygrométrie	53
6.2.2. Ventilation.....	54
6.2.2. Éclairage	54
6.2.4. Densité	54

7. Hygiène et prophylaxie	54
8. Collectes des données.....	55
9. Paramètres zootechniques	57
9.1 Poids Moyens.....	57
9.2. Gain moyen quotidien	57
9.3 Consommation alimentaire	57
9.4. Indice de consommation.....	57
9.5. Taux de mortalité.....	57
9.6. Rendement de La Carcasse	57
10. Abattage.....	57
10.1. La saignée.....	59
10.2. L'échaudage	59
10.3. La plumaison	59
10.4. L'éviscération	60
11. l'analyse statistique.....	61
Chapitre V : Résultats et discussion	
1-Résultats :	
1.1-Poids corporelle.....	62
1.2. La consommation alimentaire.....	62
1.3. L'indice de consommation.....	63
1.4. Paramètres d'abattages.....	64
1.5. Taux de mortalité.....	65
1.6. Rendement carcasse :.....	65
2- Discussion :	
2.1. Effet de la supplémentation de l'Azolla sur le poids vif	66
2.2 Effet de la supplémentation de l'Azolla sur la consommation alimentaire	66
2.3 Effet de la supplémentation de l'Azolla sur l'indice de consommation.....	67
2.4 Effet de la supplémentation de l'Azolla sur les paramètres d'abattage.....	68
2.5 Effet de la supplémentation de l'Azolla sur la mortalité	68
Conclusion	69
Références bibliographiques	

Introduction

L'aviculture s'est principalement intéressée à la production d'œufs de poule et de poulets de chair, mais depuis un certain temps, l'élevage de la caille où la coturniculture a attiré l'attention des spécialistes comme nouvelles piste de diversification de l'élevage de volaille, en offrant aux consommateurs de nouveaux choix de goût et en renforçant la production de la viande pour faire face à la demande de plus en plus accrue en protéines animales (Ukashatru et al., 2014).

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). L'alimentation présente près de 60% du coût total des élevages avicoles comme pour tout autre type d'élevage (Shamna et al., 2013). Les protéagineux (essentiellement le soja) sont les constituants les plus chers et plus importants en tant que sources de protéines dont la quantité et la qualité sont des facteurs limitant des performances réalisées par les oiseaux. Pour ces raisons, les nutritionnistes ont toujours tenté d'établir des formules alimentaires équilibrées en énergie et en protéines aux prix les moins chers en utilisant des matières premières disponibles sur les marchés locaux. (Bensalah, 2016).

Actuellement, il n'y a pas de formules alimentaires commerciales pour la caille en industrie de l'alimentation du bétail en Algérie, où les coturniculteurs utilisent généralement des aliments destinés aux poules. (Djitie Kauatcho et al., 2015).

Ainsi, la recherche et la valorisation des ressources alimentaires disponibles localement devraient permettre d'améliorer la productivité des volailles tout en maîtrisant les coûts des intrants (Ouédraogo, 2015). Parmi ces ressources alimentaires alternatives, on y trouve l'*Azolla* aliment d'origine végétale, très peu au pas exploité pour l'alimentation animale qui n'entre pas en concurrence avec l'alimentation humaine (Dahouda et al., 2009). Il s'agit d'aliment de substitution ou de remplacement des aliments conventionnels (Ouédraogo et al., 2015), d'importants résultats en matière d'alimentation de la volaille avec *l'Azolla pinnata* ont été obtenus par différentes études (Hédjli et al., 2014). En effet, Pillai et al. (2005), Mangesh et al. (2018), ont incorporé 2,5, 5,7,5 et 10% d'*Azolla* séchée au soleil et ont obtenu des gains de poids corporel appréciables. Ces auteurs indiquent que l'*Azolla* contient presque tous les acides aminés essentiels, des minéraux. La bio-composition d'*Azolla* en fait l'un des substituts alimentaires les plus économiques, efficace et durables pour la volaille, l'incorporation d'*Azolla* comme ingrédient protéique alternatif dans la ration volaille pourrait donc rendre la production de volaille économique (Ouédraogo et al., 2015).

Dans ce contexte, notre travail sert à étudier l'effet de la supplémentation de *l'Azolla pinnata* dans la ration alimentaire de la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) en vue d'évaluer leur performance de croissance. Cette étude est divisée en deux parties :

- ✓ Une partie bibliographie, dans laquelle nous avons abordé trois chapitres ; le premier chapitre a porté sur des généralités et conduite d'élevage de la caille, deuxième chapitre traite les ressources alternatives utilisés en alimentation de la volaille. Troisième chapitre montre des notions sur *l'Azolla pinnata* et son utilisation en alimentation animale.
- ✓ La seconde partie, est la partie expérimentale traite le matériel et méthode et la méthodologie d'étude utilisés et les résultats obtenus et leurs discussions.

« Il est à signaler que l'étude réalisée dans ce mémoire constitue une partie de la thèse de doctorat de M^{elle} Bareche Lamia. »

Chapitre I
Généralités et conduite
d'élevage de la caille

1-Origine et description de la caille

Il existe environ 40 espèces de cailles dans le monde. Elles appartiennent à l'ordre des Galliformes et à la famille des Phasianidés (comme les faisans et les perdrix). Seule la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) est domestiquée et élevée à travers le monde. (Anonyme, 2009)

La caille est un petit oiseau habitué à gratter le sol et à vivre en petites bandes dans les champs. Naturellement de couleur beige avec des petites taches blanches, la sélection en élevage a fait apparaître des couleurs de plus en plus variées, allant du blanc aux plumages brun foncé. La domestication de la caille aurait été initiée simultanément en Chine, Corée et Japon dans les années 1300. La maîtrise de son exploitation a dès lors connu des avancées au fil du temps, notamment au Japon, il a été noté vers 1590 un intérêt pour la caille comme animal de distraction (chant du mâle) et de plus en plus pour l'alimentation. L'élevage de la caille encore appelé coturniculture aurait commencé vers 1910 au Japon. C'est dans les années 50 que la caille domestique a été introduite en Europe, d'où peu à peu elle a gagné d'autres régions du monde. On estime probablement que c'est très timidement dans les années 1980 que les cailles domestiques ont fait leur apparition en Afrique subsaharienne (Anonyme, 2009). Elevée pour ses œufs (destinés à la consommation, à l'ornement et comme remède) et pour sa chair de plus en plus recherchée par les populations africaines à revenus élevés (Mondry, 2016)

La caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) est un oiseau rustique, de petite taille (Figure 1), caractérisé par une croissance rapide, une maturité sexuelle précoce, un court intervalle de génération, une forte ponte et des exigences en alimentation et en espace moins importantes par rapport aux autres espèces de volailles (Nanda et al., 2015 ; Sarabmeet et al., 2015).



Figure 1 : caille domestique (*Coturnixcoturnixjaponica*)
<https://fr.depositphotos.com/stock-photos/japonica-coturnix.html>

2 -Systématique de la caille

Selon Menassé (2004), la systématique de la caille est comme suit :

- Règne : Animal
- Embranchement : Vertébrés

- Classe : Oiseau
- Ordre : Galliformes
- S/Ordre : Gallinacés
- Super famille : Phasianoidea
- Famille : Phasianidés
- Genre : Coturnix

3-Les principales espèces des cailles existantes

D'après Mondry (2016), il existe plusieurs espèces de cailles dont la caille commune (*Coturnix coturnix*), caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*), la caille de chine (*Coturnix chienisis*).

3-1 La caille commune (*Coturnix coturnix*)

C'est la forme sauvage, qui mesure de 16 à 18 cm et pèse 70 à 135 g (Figure 2). Espèce protégée, elle migre entre l'Europe et l'Afrique (Mondry, 2016).



Figure 02 : La caille commune (à droite la femelle, à gauche le mâle)

https://marthemont.skyrock.mobi/photo.html?id_article=1181548010

3-2 La caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*)

Elle a été domestiquée il y a plus de 700 ans au Japon. Elle est aujourd'hui l'espèce la plus élevée pour sa production d'œufs et/ou pour sa viande. Son plumage est gris moucheté et tacheté de brun (Figure 3). La femelle est un peu plus grosse que le mâle et présente une gorge plus claire et tachetée de noir. Le mâle a une gorge plus foncée, brun caramel. Elle pond jusqu'à 300 œufs par an et pèse plus de 200 grammes, bien que la plupart pèsent environ 180 g à l'âge de 50 jours. D'autres variétés de couleurs ont été obtenues : albinos, blanche, isabelle, argentée, brune, panachée, tuxedo. Les nouvelles souches de *Coturnix japonica* Jumbo font preuve de bien meilleures performances zootechniques (Mondry, 2016).



Figure 3 : La caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*) (Google)

<https://www.rustica.fr/basse-cour/caille-elevage-miniature,2859-amp.html>

3-3 La cailles de Chine (*Coturnix chinensis*)

Elles mesurent seulement 12 à 14 cm et pèsent 40 g environ. Le mâle est caractérisé par une couleur noir et blanc bien marqué à la gorge, alors que la femelle a un plumage strié, de couleur brun et blé (Figure 4). Il existe plusieurs variétés de couleurs : fauve, blanc, argenté, brun, noir...

Il existe également une dizaine d'autres espèces et une vingtaine de sous-espèces (la caille Arlequin, Bleue, Nattée, des Chaumes, de Nouvelle Zélande...). Elles sont élevées uniquement comme oiseau d'ornement.

Les variétés des prairies européennes sont en général plus résistantes mais plus petites et elles pondent moins que les souches japonaises, égyptiennes et chinoises issues d'une longue sélection et par conséquent plus réputées en termes d'élevage (Mondry, 2016).



Figure 4 : caille de la chine (*Coturnix chinensis*)

<http://www.animogen.com/2013/07/29/la-caille-de-chine-caille-peinte-ou-coturnix-chinensis-une-petite-perle-dasie>

4-la différence entre la caille japonaise domestique et sauvage

La sous-espèce *Coturnix coturnix* est la caille commune ou caille sauvage, et l'autre sous espèce *Coturnix coturnix japonica* est la caille japonaise ou caille domestique (Lucotte, 1975). La caille sauvage et la caille domestique se reconnaissent à leur conformation, par le chant du mâle qui est très différent dans les deux races, et par des détails de plumage : chez le mâle la couleur du cou est de la gorge est beaucoup plus soutenue chez la race domestique que chez la race sauvage, alors que chez la femelle, les plumages sont lancéolés et tachetés de noir chez la forme domestique, de forme arrondie et de couleur pale chez la forme sauvage (Lucotte, 1975). Les cailles japonaises domestiques soient plus grosses et aient une ponte plus abondante et précoce que les cailles japonaises sauvages (Kawahara, 1972).

5-Situation de production de la caille dans le monde

D'après Lucotte (1975), la population actuelle des cailles au japon alimente une industrie très florissante. Elle est la seconde après celle de la poule. En Italie, l'élevage de la caille japonaise est pratiqué depuis une soixantaine d'années. Aux Etats-Unis, la caille est importée vers les années 50-55, elle est surtout utilisée comme animal de laboratoire. En France, l'élevage de la caille est également récent et a été initialement pratiqué dans le sud du pays (Lucotte, 2016).

En Tunisie, il existe de plus en plus d'élevages de caille de petite et moyenne taille (1000 à 4000 reproductrices). Ils élèvent les cailles en parquets ou en cages aussi bien pour la viande que pour les œufs (FAO, 2011).

6- Situation de production de la caille en Algérie

En Algérie, la coturniculture est une activité assez récente. Ces dernières années, l'élevage de la caille a connu un certain développement particulièrement dans certaines régions du pays, notamment à Oran et en Kabylie. Ceci s'explique, par une demande croissante de ce type de viande de la part des clients fréquentant surtout les grands hôtels et restaurants (Djallali, 2003). D'après Abbes (2012), à Oran, la chair de caille fait désormais partie des plats concoctés par les Oranais, habitués à consommer des produits carnés et du poulet. La consommation de ce type de viande se répand particulièrement durant la période estivale. En Kabylie, plusieurs éleveurs dans différentes communes se sont lancés dans cette activité, comme le montre le tableau 1.

Tableau 1 : Quelques régions de l'élevage de la caille à Tizi-Ouzou (DSA, 2016)

Région	Effectif
Bouzeguène	10 000
Illoula	6 400
Mechras	20 000
Irdjen	15 000
Ait Bouadou	2 000
Ouaguenoun	25 000

7-Conduite d'élevage de la caille

7-1-Bâtiment

Un local adapté à l'élevage des cailles ne doit pas être trop grand (difficile à chauffer pendant les mois d'hiver) ni trop petit (il devient facilement insalubre). La caille n'a pas d'exigence particulière pour son élevage, le bâtiment doit seulement être isolé des endroits industriels, des voies de circulation et des autres élevages (Oriol, 1987).

7-1-1-Elevage au sol

Gerken et Mills (1994), rapportaient que l'élevage au sol est adopté en générale pour l'engraissement. Ce type d'élevage est très pratiqué vu qu'il est moins coûteux, facile à réaliser et à gérer et l'animal est plus à l'aise (Figure 5). Selon Kerharo (1987), les risques d'infection sont très importants vu le contact direct des cailles avec la litière. Cette dernière doit être grossière de type copeaux ou de sciures de bois, sèche et absorbante

Il est préférable que la densité de l'élevage soit de 60 sujet/m² allant jusqu'à 100 sujets/m². Les abreuvoirs et les mangeoires au sol adapté en fonction de la croissance des animaux.

Le risque sanitaire est très important et lié à la litière, le problème de ventilation et aux risques d'étouffement.



(Démarrage)



Figure 05 : Vue d'un élevage des cailles au sol (ITELV, 2003)

7-1-2 élevage en cage

Les batteries sont souvent constituées de plusieurs étages. Elles doivent être aérées et installées dans des bâtiments permettant de protéger les cailles du soleil, de la pluie et du vent. 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 et les reproductrices afin de collecter facilement les œufs (Djallali, 2003).

Les cages peuvent être construites aux mesures suivantes : 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. 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. Si le mâle est trop actif, il est envisageable de le séparer des femelles en divisant la cage avec une planche amovible que l'on retire de temps en temps. Alternativement, on peut y mettre jusqu'à 40 cailles pondeuses ou 80 cailles pour le démarrage jusqu'à 4 semaines. Mais pour permettre un élevage conforme à l'espèce, il serait préférable de n'y mettre que 20 sujets adultes au plus. Les mangeoires et les abreuvoirs peuvent être placés dans la cage ou attachés à l'extérieur pour plus de propreté et par économie d'espace (Mondry, 2016).



Figure 6 : Elevages des cailles en cages.

<https://french.alibaba.com/product-detail/quail-cage-with-automatic-drinking-system-60506136612.html>

8-Conditions d'ambiances

8.1-La température

Les cailles sont des animaux qui craignent tout particulièrement le froid ; il est donc primordial de pouvoir conserver une température minimale et homogène dans les bâtiments. On estime que la température ne doit en aucun cas descendre en dessous de 18°C dans les locaux d'élevage (Tableau 2). Le local devra donc être isolé tant pour lutter contre les pertes de chaleur en hiver que contre les écarts de températures extérieures en été. La température diffère selon l'âge des cailles (Bourgogne-Franche-Comté, 2019).

Tableau 02 : Température en fonction de l'âge des cailleteaux (ITAVI, 2019)

Âge	A l'éclosion	2ème jour	3ème jour	5ème jour	10ème jour	Après 15 jours
Température	38°C	35°C	32°C	28°C	22°C	Min 18°C

8.2-La ventilation

Proportionnellement à leur taille, les cailles sont de très gros consommateurs d'oxygène. Elles réclament donc plus que tout autre, un apport important et constant d'air frais. De plus l'élevage d'animaux en concentration implique des dégagements gazeux qui, si on les laisse s'accumuler, handicapent la production. Il est donc important de renouveler régulièrement l'air pour les éliminer (Bourgogne-Franche-Comté, 2019).

8.3- L'Humidité

L'humidité est très importante car elle harmonise l'ambiance totale du bâtiment. Les variations de l'humidité provoquent des proliférations microbiennes avec une chute de la production.

Un taux d'humidité de 70% est nécessaire car la caille est un oiseau tropical qui craint la sécheresse ou l'excès d'humidité (Bourgogne Franche-Comté, 2019). Selon L'ITELV (2003) les normes d'ambiance de la caille japonaise (0-6 semaine) sont présentées dans le tableau 03.

Tableau 03 : Normes d'ambiances en élevage de la caille japonaise (0-6 semaine d'âges)
(ITELV,2003)

Facteurs d'ambiance	Démarrage Age (0-3 Semaine)	Croissance Age (4 -6 semaines)
Température	<ul style="list-style-type: none"> - 1^{er} à 3^{ème} jour : 38°C à 40°C - 7^{ème} jour : 35°C - 14^{ème} jour : 30°C - 21 jour : 25°C 	35 jours 21°C
Eclairage	<ul style="list-style-type: none"> - 1^{er} à 5^{ème} jour : (24h de lumière à raison de 4 watts/m²). - Au-delà du 5^{ème} jours : 14 à 15h de lumière à raison de 0,5 à 1 watt/m²) 	Au-delà du 5 ^{ème} jours : 14 à 15h de lumière à raison de 0,5 à 1 watt/m ²).
Ventilation	- 6m ³ /h/kg de poids vif minimum	6m ³ /h/kg de poids vif minimum.

8.4- L'éclairage

L'éclairage de bâtiments peut être effectué de façon naturelle ou artificielle. Dans le 1ere cas, nous aurons à faire à un bâtiment dit clair pour pouvoir obtenir un éclairage suffisant il faudra

compter 1/5 de la surface totale en fenêtres latérales et/ou en toiture. Dans le cas d'un bâtiment obscur, et en complément de l'éclairage naturel dans un bâtiment clair, un éclairage

à l'aide de néons et programmeurs permettra de moduler la quantité de lumière nécessaire à chaque stade. La plupart des bâtiments sont obscurs avec lumière artificielle (Lucotte, 1975).

- Première semaine : 24 Heures d'éclairage
- Deuxième semaine : à partir du coucher du soleil jusqu'à 22 Heures.
- Pour la deuxième période d'élevage, la lumière stimule l'ovulation dans un temps d'éclairement naturel de 12 Heures et 4 Heures d'éclairement artificielle (Lucotte, 1975).

8.5- Densité

La densité est déterminée en fonction de la connaissance de deux facteurs : le poids de la souche et son âge. Dans le cas de l'élevage en batterie, un maximum de 40 cailles pondeuses ou 80 cailles peuvent être placées, en commençant jusqu'à 4 semaines. Mais pour permettre à la véritable espèce de se reproduire, il est préférable de ne mettre que 20 sujets adultes (Mondry, 2016).

Dans le cas d'un élevage au sol, selon Mondry (2016), la densité est de :

- 0 à 20 j : 150 à 200 sujets /m²
- Supérieur à 21 j : 70 à 80 sujets /m²

8.6-la litière

D'après Mondry (2016), la litière a plusieurs fonctions dans l'élevage :

- L'isolation au cours des premières semaines de l'installation des cailleteaux.
- Limiter les déperditions de chaleur des animaux.
- Minimiser l'humidité du sol.

9- l'alimentation de la caille

L'alimentation représente près de 70 % du coût de l'élevage des cailles. Elle est constituée principalement de céréales comme le maïs, le sorgho ou le mil. Les cailles adultes mangent environ 14 à 18 g d'aliments par jour (jusqu'à 20-25 g/jour en fonction du niveau de ponte et de la qualité nutritive de l'aliment). La nourriture doit toujours être fraîche. Pour cela, le stockage doit se faire dans un local bien fermé, sec et froid, protégé des rongeurs, acariens et autres animaux nuisibles. Les oiseaux sauvages peuvent transmettre des maladies à l'élevage. L'aliment stocké plus de 2 à 3 mois est sujet à la détérioration des vitamines et peut devenir rance, surtout dans les climats chauds. Le tableau 4 représente les différents composants de l'aliment de base des cailles (Mondry, 2016).

Tableau 4 : Exemple de formule alimentaire de l'aiment caille (Guillaume, 1970)

Ingrédients	Quantité (%)
Blé	30
Maïs	37
Tourteau de soja	20
Farine d'herbe déshydratée	2
Poudre d'os	2
Calcaire broyé	7
Phosphate bi calcique	1
Complément vitaminique	0,5
Complément minéral	0,5

9-1- Le comportement alimentaire

Les cailles sont faciles à nourrir car elles mangent pratiquement de tout. On peut leur donner des céréales, de l'herbe, des fans de radis, des fruits ou des légumes, ce qui plus caractéristique du comportement alimentaire de la caille japonaise. L'aliment pour caille doit être de la meilleure qualité et répondre à tous les exigences. Il doit respecter toutes les normes, c'est-à-dire équilibré, digestible et riche en calories (Evans, 2021).

9-2- Les besoins nutritionnels des cailleteaux

Ils sont plus importants en termes de protéines et d'acides aminés chez les cailles japonaises comparés aux autres espèces aviaires domestiques comme le poulet de chair en raison surtout de leur croissance rapide. Les besoins en protéines sont de l'ordre de 16 à 17%, avec un niveau d'énergie métabolisable de 2650 kcal/g d'aliments pour avoir une ponte optimale. En 1994, les besoins nutritionnels pour les cailles ont été établis par la NRC (Tableau 5).

Les cailles domestiquées apprécient généralement une nourriture différée à savoir les farines ou graines fines très riches en protéines et les légumes (courgette, salade, bananes, papaye...) (www.urgasat.com, Aout 2018). Les céréales ont donc une place importante dans leur alimentation. Dans les aliments commerciaux, ils sont accompagnés de cellulose. Cependant, du fait de leur petite taille, la granulométrie doit être plus fine, surtout jusqu'à l'âge de deux semaines (Prabakaran, 2003). Pour la composition des aliments, les cailles peuvent consommer des céréales comme le maïs, le millet ou le blé. Pourtant, une préférence très marquée est constatée avec le riz cuit ainsi que d'autres féculents riches en amidon (www.lacailledujapon.discutforum.com, Aout 2018). En ce qui concerne les besoins en protéines et en énergie, il est constaté que le besoin en protéine de la caille est nettement supérieur à celui des autres espèces aviaires domestique (Tafita, 2018).

Tableau 5 : Besoins nutritionnels de la caille japonaise en pourcentage ou en unité/kg (NRC ,1994)

Nutriments	Unité	Démarrage et croissance 2900 Energie Métabolisable (en Kcal/Kg)	Reproduction 2900 Energie Métabolisable (en Kcal/Kg)
Protéines et acides aminés			
Protéines	%	24,00	20,00
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	%	1,00	1,00
Macroéléments			
Calcium	%	0,80	2,50
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	0,20	0,20
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	0,30	0,15
Choline	mg	2,00	1,50
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

9-3-La consommation de l'eau chez la caille :

Pendant la première semaine, il faut s'assurer que les petits cailleteaux ne se noient pas dans les abreuvoirs. Pour cela, il faut remplir les abreuvoirs de moitié avec des petits cailloux ou des billes qui seront retirés à la deuxième semaine. Il faut avoir au moins 0,6 cm d'espace par caille à l'abreuvoir. Pour les cailles adultes, utiliser des abreuvoirs à tétine (une tétine pour 5 cailles). Il est important de fournir suffisamment d'eau propre à tout moment. Il faut donc nettoyer les abreuvoirs au moins une fois par jour. Changer l'eau si elle a été souillée par les aliments. Elle ne doit pas être trop chaude car cela favorise la multiplication d'agents pathogènes (Mondry, 2016).

Chapitre II
Ressources alternatives en
alimentation de la volaille

- **Les ressources alimentaires non conventionnelles**

Les ressources alimentaires non-conventionnelles, sont des aliments d'origine végétale, animale ou minérale, très peu ou pas exploités pour l'alimentation animale, qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation humaine et qui sont peu connus de la plupart des éleveurs. Il s'agit d'aliments de substitution ou de remplacement des aliments conventionnels. Il s'agit notamment de graines (*Mucuna spp.*, *Lablab purpureus*, *Canavalia ensiformis*, *sésame*), de feuilles (*Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Azolla pinnata*), ainsi que de tubercules et de produits animaux divers, voire de petites pierres. Dans les pays en développement, l'intérêt suscité par ces ressources ces dix dernières années s'est particulièrement accru avec la crise céréalière et l'augmentation du prix du soja sur le marché mondial. Dans ces pays, les sources conventionnelles de protéines telles que les tourteaux de soja et d'arachide et la farine de poisson sont en effet rares et donc coûteuses, à fortiori pour la volaille locale qui les valorise mal. Les nutritionnistes ont donc tenté d'utiliser des protéines animale et végétale disponibles localement, afin de les substituer totalement ou partiellement aux protéines conventionnelles (D'Mello, 1992 ; Verma et al., 1998 ; Basak et al., 2002 ; Bamgbose et al., 2003 ; Fru Nji et al., 2003 ; Amaefule et Osuagwu, 2005).

L'utilisation des aliments locaux non conventionnels dans l'alimentation des Animaux apparaît raisonnablement comme une alternative aux aliments commerciaux classiques (Aboh et al., 2002). Parmi ceux-ci, le Moringa occupe une place de choix, du point de vue de son impact potentiel sur l'augmentation de la productivité (Fuglie, 2001). Les sous-produits locaux issus de la transformation du riz, notamment les sons, non consommés par l'homme, sont valorisés par les animaux dont les porcs (Mopaté, 2008). De plus, baser l'élevage des animaux sur les ressources locales permettrait d'augmenter la productivité par unité de ressources fondamentales disponibles (Hedjic.c et al., 2015). Du fait de ses caractéristiques nutritionnelles, l'*Azolla* est convenable pour la consommation humaine et pour des suppléments alimentaires chez divers animaux comme : poisson, canards, bétail, volaille, etc. afin de réduire le coût de l'alimentation (Hassan et al., 2009 ; Raja et al., 2012).

1. Les graines de légumineuses

La contribution des graines de légumineuse dans l'alimentation humaine et animale dans les pays sous-développés n'est plus à démontrer. Les légumineuses vivrières sont considérées comme la source majeure des protéines alimentaires parmi les plantes (Baudouin et Maquet, 1999). Une attention considérable est accordée à l'utilisation des graines de légumineuses et autres sources de protéines non-conventionnelles pour nourrir la volaille tropicale. Cet intérêt pour ces aliments va probablement s'accroître ces dernières années en raison de la crise alimentaire qui touche particulièrement les pays pauvres (Dahouda et al., 2009).

1.1- *Mucuna pruriens*

Le *Mucuna* « *Mucuna pruriens* Baker » (Figure 12). Il s'agit d'une plante herbacée volubile rampante, annuelle, à feuilles trifoliées et à fleurs de couleur pourpre ou blanche. Ses gousses sont longues, généralement pubescentes. Le genre *Mucuna* compte approximativement 100 espèces (Buckles, 1995). Actuellement, on considère généralement qu'il existe deux variétés à savoir *M. pruriens* var. *utilis*, *M. pruriens* var. *pruriens* (Vissoh et al., 2008).



Figure 12: Pois Mascate « *Mucuna pruriens* » (Feedipedia, 2019).

1-1-Composition chimique des grains de *Mucuna pruriens*

Les valeurs nutritionnelles déterminées pour les graines de *Mucuna* sont comparables à celles des légumineuses conventionnelles. Elles contiennent des proportions comparables en protéines, acides aminés, lipides, énergie, minéraux et autres nutriments (Pugalenthi et al., 2005). Les valeurs protéiniques sont généralement comprises entre 22 et 35 %.

Les graines de *Mucuna* contiennent des taux modestes de matières grasses. Les valeurs lipidiques de 12 variétés de *Mucuna* spp., rapportées par Ezeagu et collaborateurs (2003), étaient comprises entre 4 et 7 %. Selon Vadivel et Pugalenthi (2009), *M. pruriens* contient un taux plus élevé de lipides (8 %).

Les teneurs en fibres brutes sont également modestes. Les valeurs sont situées entre 4 % (Ezeagu et al., 2003) et 8 % (Emenalom et Udedibie, 2005 ; Vadivel et Pugalenti, 2009), mais ces taux sont réduits à 2 % lorsque les graines sont dépelliculées (Agbede et Aletor, 2005), ce qui constitue un avantage pour l'alimentation des monogastriques. Les hydrates de carbone non pariétaux sont un composant majeur des légumineuses et représentent entre 50 et 70 % des graines de *Mucuna* en terme de matière sèche (Ezeagu et al., 2003 ; Pugalenti et al., 2005). Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées dans les graines de soja (22 %) et suggèrent que le *Mucuna* est approprié pour l'alimentation de la volaille (Ezeagu et al., 2003).

Les graines de *Mucuna* contiennent aussi des quantités appréciables de minéraux. Comme dans la plupart des légumineuses, le potassium est le minéral le plus abondant dans les graines de *Mucuna* (Ezeagu et al., 2003) ; les taux de calcium, de phosphore, de magnésium, de fer et de zinc sont également satisfaisants (Agbede et Aletor, 2005 ; Tuleun et al., 2008).

1-2-Utilisation du *Mucuna* en alimentation

L'utilisation de graines de pois mascate crues dans les régimes de poules pondeuses peut entraîner une réduction marquée des performances. La production quotidienne d'œufs est passée de 78,5 % à 65,5 % avec 12,5% de graines crues dans l'alimentation (Harms et al., 1961) et de 84 % à 38 % avec 20 % d'inclusion (Tuleun et al., 2008).

Le traitement a réduit les effets négatifs des graines de pois mascate, mais n'a pas permis les mêmes performances que les régime témoins moins riche en graines de pois mascate: chez les poules pondeuses, le meilleur traitement a permis 74% de production d'œufs/jour/poule. Contre 84% du régime témoin avec 20% de graines de pois mascate, tandis que les graines bouillies ont donné 59% de production d'œufs /jour/poule (Tuleun et al., 2008).

Chez la caille japonaise pondeuses 15% de graines grillées ont entraîné une réduction significative des performances, mais la baisse du coût alimentaire par œuf produit justifiait l'utilisation de graines de pois mascate (Tuleun et al., 2010).

2- *Moringa oleifera*

2-1-Description de la plante

Le *Moringa* (*Moringa oleifera lam*) est un arbre tropical polyvalent (Figure 13) il est principalement utilisé pour l'alimentation et a de nombreuses utilisations industrielles, médicinales et agricoles, y compris l'alimentation animale (Heuzé et al., 2019). Plante nutritive à croissance rapide et tolérante à la sécheresse, plante traditionnelle a été redécouverte dans les années 1990 et sa culture est depuis devenue de plus en plus populaire en Asie et en Afrique, où elle fait partie des cultures les plus intéressantes économiquement. Elle a été surnommé « l'arbre miracle » ou « l'arbre de vie » par les médias (Bosch, 2004 ; Radovich, 2009 ; Orwa et al., 2009 ; FAO, 2014).



Figure 13 : Feuilles de *Moringa oleifera* (Feedipedia, 2019)

2-2-Composition chimique

Les feuilles de *Moringa oleifera* sont généralement considérées comme une source de protéines, cependant la teneur en protéines varie de 15% à plus de 30% MS car elle dépend du stade de maturité des proportions de folioles, pétioles, tiges, ces derniers sont plus pauvres en protéines. De même, la teneur en fibres des feuilles de Moringa rapportée dans la littérature est extrêmement variable, avec une teneur en ADF allant de 8% à plus de 30% de MS. La teneur en lignine est également variable de 2% à plus de 10% de MS (tableau 11). Les feuilles de *Moringa oleifera* contiennent des niveaux élevés de minéraux (environ 10% de MS), en particulier Ca et Fe, elles sont également riches en vitamine (β -carotène, acide ascorbique, vitamine B1, B6 et niacine) (Price, 2007 ; Reyes Sanchez, 2004). Les feuilles de Moringa peuvent être utilisées comme aliment antioxydant (Makkar et a., 2007). Ils ont une concentration relativement élevée de lipides (5-6% jusqu'à 10% MS) avec une proportion importante (33-45%) d'acide α -linoléique.

Tableau 11 : composition chimique de *Moringa Oleifera* (Feedipedia, 2019)

Analyse principale	Unité	Moy	Min	Max
Matière sèche	% Brute	26.2	16.4	46.1
Protéine brute	% MS	24.3	17.1	29,7
Fibre brute	% MS	13.6	8.0	19.3
NDF	% MS	28.3	16.2	45.3
ADF	% MS	19.3	11.2	31,0
Lignine	% MS	7.0	1.8	12.0
Extrait d'éther	% MS	5.4	2.2	7.0
Cendre	% MS	10.3	7.5	13.3
Énergie brute	MJ/kg MS	18.6	17.8	19.4

2-3-Utilisation de *Moringa oleifera* en alimentation de la volaille

Il y a eu beaucoup de recherche sur le potentiel de la farine de feuille de Moringa (feuille de Moringa séchées et moulues) comme ingrédient alimentaire alternatif pour la volaille, en raison de l'intérêt croissant pour le Moringa notamment les feuilles qui ont une teneur élevée en protéines (Abou-Elezz et al., 2012).

Une étude menée par Tendonking et al. (2008) a montré que l'incorporation jusqu'à 6% de farine de feuille de *M. Oleifera* dans la ration finition des poulets de chair en substitutions au tourteau de soja, n'a aucun effet négatif sur le GMQ, la consommation et l'indice de consommation alimentaire. Ils ont également observé que le prix du kg d'aliment et le coût nécessaire pour produire un kg de poids vif ont augmenté proportionnellement au taux d'inclusion de la farine de feuille de cette plante.

Des résultats similaires ont été obtenus par Hussain et al. (1991), Malynicz (1972) ; Etchen et al. (1981) cités par D'Mello (1992), avec un régime de 15 à 20 % de la farine des feuilles de *Leucaena* et Tsegtamir (2009) avec 10% de la farine de feuilles de patate douce, a enregistré une amélioration des performances de croissance chez les poulets de chair. Par ailleurs, Cariaso (1988) cité par Limcangco-lopez (1989) et Olugbemi et al. (2010), en incorporant 7,5 à 10 % respectivement de farine de feuille de *M. oleifera* et de feuille de *M. oleifera* mélangées à celle du manioc (20-30%) dans la ration de poulet de chair, ont observé une diminution significative du GMQ, de consommation et une détérioration de l'efficacité alimentaire.

3. Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*)

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est un arbre appartenant à la famille des Fabacées (Figure 14) il se caractérise par une importance écologique, industrielle et ornementale (Kaderi et al., 2014).

Selon Ait Chih et al. (2007) le caroubier peut atteindre dans les conditions propices une hauteur de 7 à 10 m voire 15 à 20m, il présente de puissantes racines qui pénètrent dans le sol à une profondeur de 18 mètres ou plus.

Le caroubier est aujourd'hui rependu dans tout le bassin méditerranéen, Espagne, Portugal, Maroc, Grèce, Italie, Algérie, Tunisie, Egypte (Tous et al., 1996 ; Sbay, 2008).

Le fruit de caroubier ou la caroube se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières, en effet la pulpe sucrée de la caroube est employée depuis longtemps comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (Kaderi et al., 2014).



Figure 14: Caroube « *Ceratonia siliqua L.* » (Feedipedia, 2019)

3.1. Composition chimique et valeur nutritive

Les gousses de caroube sont une source de glucides non structuraux (environ 45% de MS) et donc d'énergie, ces sucres sont généralement constituées de saccharose (Battle et al., 1997), ce qui rend les gousses très appétissantes pour la plupart des espèces animales. Certains auteurs rapportent également des grandes quantités des glucides (Ayaz et al., 2007), les gousses de caroube sont une mauvaise source de protéines (environ 5%) avec une faible teneur en lysine (< 4% de la protéine) (tableau 12).

La teneur en matières grasse est généralement faible (<1%), les lipides de caroube sont riches en acide gras oléique et linoléique (Gubbuk et al., 2010), les gousses de caroube ont une teneur élevée en fibres (33% NDF, 31% ADF MS), la teneur en lignine est particulièrement importante (8-25% MS) (Milard et al., 2010). La teneur en fibres brutes est très faible (9% de MS) par rapport au NDF et ADF. Cette différence se explique par la présence de tanins. (Silanikove et al., 2006).

Tableau 12 : composition chimique du Caroube (*Ceratonia siliqua*), farine de gousse, sans graines (Feedipedia, 2019)

Analyse principale	Unité	Moy	Min	Max
Matière sèche	% brute	85,3	79,5	93,0
Protéine brute	% MS	5.1	3.4	6.3
Fibre brute	% MS	9.0	7.1	12.0
NDF	% MS	33.1	29.1	39.1
ADF	% MS	30.2	16.8	35,7
Lignine	% MS	17.0	7.8	24,7
Extrait d'éther	% MS	0,5	0,3	1.1
Cendre	% MS	3.6	2.4	5.2
Amidon (polarimétrie)	% MS	2.6	0.0	20.9
Sucres totaux	% MS	44,0	33,8	51,0
Énergie brute	MJ/kg MS	17.4	17.4	17.8

3.2. L'utilisation de caroube dans l'alimentation de poulets de chair

Selon Alvarez-Fuentes et al. (2012), les poussins nourris avec le régime de caroube (18,3% dans l'alimentation) avaient un gain de poids plus faible que celui des poussins nourris avec un régime de contrôle. En revanche le taux de conversion alimentaire le plus élevé est enregistré par les poussins nourris avec le régime contenant la caroube.

La prise alimentaire très faible chez les poussins nourris avec le régime de caroube est expliquée, selon les mêmes auteurs, par la présence des substances anti-nutritionnelles dans la graine de caroube, qui dans certains cas peuvent provoquer un environnement visqueux dans l'intestin postérieur du poussin ce qui diminue la digestibilité et l'absorption des nutriments.

Pour l'utilisation de la farine de caroube comme source alimentaire alternative dans l'alimentation de poulet de chair, un traitement thermique est proposé pour améliorer la digestibilité de cet aliment (Alvarez-Fuentes et al., 2012).

Dans leur travail, Vilà et al. (2012), ont examiné l'effet de l'incorporation des galactomannes de la gomme de caroube dans l'alimentation sur la digestibilité des nutriments et les performances de croissance chez le poulet de chair, ont montré que : l'inclusion de gomme de caroube dans le régime alimentaire des poulets a altéré les performances et la digestibilité des nutriments.

Lorsque les graines ont été introduites à des faibles niveaux dans l'alimentation des volaille (6 à 9%), la digestibilité des protéines et des graisses a été nettement réduite de 13 à 30% du digesta jéjunal a été augmenté (Ortiz et al., 2004)

4- La féverole

La féverole (*Vicia faba L.*) est une légumineuse cultivée principalement pour ses graines comestibles (Heuzé et al., 2021).

Les graines de la féverole sont relativement riches avec une valeur voisine à celle des céréales, elles sont également riches en protéines avec une teneur inférieure de près de 50% à celle de tourteau de soja. Ces protéines sont riches en lysine mais assez pauvre en acides aminés soufrés et tryptophanes (Okandza et al., 2017).

La teneur en amidon de la féverole est de 43% et le taux de cellulose brut est de 8,07% (Boudouma, 2008).

4.1. L'utilisation de la féverole en alimentation de la volaille

Selon Métayer et al. (2003), les régimes comprenant jusqu'à 25% de féverole riche en tanins n'ont pas affecté les performances de croissance.

Une étude a rapporté que la féverole à faible teneur en tanins incluses à 20% dans l'alimentation de poulet de chair entraînaient un gain de poids vif et une consommation alimentaire supérieures à ceux obtenus avec de la féverole à forte teneur en tanin (Brévalut et al., 2003).

D'après Okandza et al. (2017), la féverole peut être utilisée en alimentation des poulets de chair à des taux bien déterminés. Le taux d'incorporation de la féverole a un effet dépressif sur le poids vif, le poids de la carcasse, le poids des organes internes et enfin sur la longueur et le tour de la cuisse, ces effets sont plus marqués à un taux de 12% de féverole, il est donc nécessaire d'utiliser la féverole dans l'alimentation de poulet de chair sans atteindre le 12% pour ne pas enregistrer des baisses de productivité chez le poulet de chair.

5. Le son de blé

Le son de blé, sous-produit de la mouture à sec du blé tendre en farine, est l'un des principaux sous-produits agro-industriels utilisés en alimentation animale (Heuzé et al., 2015).

Les protéines, minéraux, l'huile et les fibres se trouvent principalement dans les couches externes du grain, et le son de blé est plus riche en ces nutriments que le grain entier. Le son de blé est relativement riche en protéines et en minéraux, notamment en calcium et en phosphore. Sa teneur en huile est supérieure à celle du grain entier. Les teneurs en fibres et en amidon sont inversement corrélées et extrêmes variables (Heuzé et al., 2015)

5.1. L'utilisation de son de blé en alimentation de la volaille

Selon Boudouma (2010), lorsque les rations sont présentées sous forme de bouillie des taux d'inclusion élevés de son de blé plus de 13% ont tendance à réduire la consommation alimentaire des poulets de chair.

Les poules pondeuses nourries avec des régimes alimentaires dilués dans lesquels la densité nutritive était réduite par l'inclusion de 45% de son de blé ont ajusté leur consommation alimentaire uniquement lorsque les régimes étaient granulés (Vitarino et al. 1996).

Boudouma (2008), a testé l'effet de la substitution partielle du maïs par le son de blé (13, 22, 32 %) sur les performances de croissance de 400 poussins. Les résultats obtenus par cette chercheuse révèlent que l'introduction du son de blé à raison de 13 % dans les régimes destinés aux poulets de chair n'a pas d'indice sur leurs performances zootechniques aussi bien en phase de croissance que de finition en revanche avec des aliments renfermant des taux de son de blé de 22 et 32 % les performances chutent fortement quel que soit l'âge de l'animal.

6. Déchets de dattes dans l'alimentation de volaille

D'après Meradi et al. (2016) l'utilisation de déchets des dattes peut entrer au moins jusqu'à 20% en substitution du maïs durant la phase de croissance et 10% durant la phase de finition dans les formules alimentaires du poulet de chair de souche Hubbard F15 . A30% et au-delà, les performances de croissance des poulets chutent.

L'incorporation de dattes de réforme à un taux de substitution du maïs de 40 %, avec l'ajout de 250 ml d'extrait de rumen par kilogramme d'aliment, améliore le poids vif et le gain quotidien moyen avec une quantité réduite de nourriture ingérée et un indice de consommation inférieur. Les caractéristiques des carcasses restent inchangées.

Le régime avec un taux de substitution de 20 % s'est avéré plus rentable que les régimes 30 % et 40 % d'un point de vue technique et économique (Bara et al., 2019).

7-Les insectes

Dans la recherche de nouvelle source d'aliment écologiquement durable, de nombreuses études ont montré le rôle alternatif des insectes dans l'alimentation animale (Van Huis, 2003; Tehibozo et al., 2005; Kelemu et al., 2015). En effet, la composition nutritionnelle des insectes est comparable à celle de source conventionnelles de protéines végétale et animales (Anond et al., 2008; Xiaoming et al., 2010 ; De Marco et al., 2015).

Le profil lipidique des insectes offre également de bonne perspective d'incorporation comme complément alimentaire dans la nutrition animale (Makara et al., 2014; Devic et al., 2018).

En Afrique de nombreuses études ont montré la possibilité d'incorporer les insectes dans l'alimentation des animaux d'élevage tel que la volaille, les poissons et le porc (Mushambanyi et Balèze, 2002 ; Kelemu et al., 2015 ; Pomalégni et al., 2017).

7-1-Les vers de terre

Les vers de terre peuvent être utilisés dans l'alimentation des animaux de ferme, en particulier les volailles les porcs, et les espèces aquacoles (Tedesco et al., 2019).

7-1-1- Valeur nutritive des vers de terre

Les vers de terre ont une teneur élevée en protéines et sont principalement utilisées comme source de protéines dans l'alimentation des animaux monogastriques (Feedipedia, 2019).

Selon Vodounnou et al. (2016), la teneur en protéines des vers de terre varie de 30% à plus de 70% de MS (Tableau 13). Leur teneur en acides aminés est particulièrement précieuse pour l'alimentation animale et ils apportent de bonne quantité de lysine, méthionine et cystine,

phénylalanine et tyrosine. Son profil en acides aminés essentiels (lysine et méthionine) peut être meilleur que celui des farines de viande ou de poisson (Edwards, 1985). Leur teneur en cendres peut être extrêmement variable, avec des valeurs allant d'environ 4% à plus de 40% de MS, car elle dépend de la quantité de terre résiduelle présente sur les vers après la récolte. Elle dépend aussi du substrat : La teneur en minéraux était de 21% de MS pour les vers cultivés sur fumier de volaille est de 13.5 % de MS pour ceux cultivés sur fumier de porc (Vodonnou et al., 2016).

D'après Edwards et al. (2011), les vers de terre contiennent des quantités variables de matières grasses (4-19% de MS) ainsi que des vitamines de la niacine et de la vitamine B12.

Tableau 13 : Composition chimique et valeur nutritive des vers de terre (Feedipedia, 2019)

Analyse principale	Unité	Moy.	Min.	Max.
Matière sèche	% Brut	90,2	77,1	95,2
Protéine brute	% MS	57,9	32,5	71,3
Fibre brute	% MS	2,4	0,2	7,8
Fibre détergente neutre	% MS	14	7,7	20,9
Fibre détergente acide	% MS	5,4	0,6	12,7
Extrait d'éther	% MS	9	0,9	18,5
Cendre	% MS	14,9	3,7	45,7
Amidon (polarimétrie)	% MS	0		
Sucres totaux	% MS	0,3		
Énergie brute	MJ/kg MS	20,2	16,1	24,4

7-1-2-Utilisation des vers de terre en alimentation animale

7-1-2-1-En alimentation de la volaille

Les vers de terre sont couramment consommés par les volailles dans les systèmes d'élevage en plein air (khan, 2018 ; Blair, 2008). Ils sont parfois récoltés ou produits à petite échelle et utilisés sous forme fraîche dans l'alimentation familiale (Trioese et al., 2012). À plus grande échelle la farine de vers de terre peut être incluse dans des régimes complets sous forme de farine séchée (Feedipedia, 2019).

La teneur en protéines de la farine de vers de terre est élevée et son profil en acides aminés est bien adapté aux besoins de la volaille, elle est proche de celle de la farine de poisson avec une teneur élevée en acides aminés essentiels comme la lysine, la thréonine ou la méthionine (Son, 2009; Balir, 2008; Sugimura et al., 1984).

7-1-2-3- En alimentation de la caille

La farine de vers de terre pourrait remplacer avec succès la farine de poisson dans l'alimentation des cailles à viande (Dioson, 1984), l'utilisation de 5% à 10% de la farine de vers de terre en

substitution à la farine de poisson a permis des performances de croissance similaires, une consommation alimentaire plus faible et une meilleure efficacité

alimentaire tandis qu'un niveau de 15% de farine de vers de terre à entraîner une diminution des performances de croissance (Prayogi, 2011).

D'après Morón-Fuenmayor et al. (2008), l'utilisation de farine de vers de terre à 6% à entraîner un poids corporel similaires. Tandis que le pourcentage de pansement à été légèrement amélioré. La composition chimique de la viande a été modifiée avec une teneur en matières grasses plus faible et plus élevée en protéines ce qui pourrait être dû à la composition des aliments.

Chez la caille pondeuse, la farine de vers de terre a été utilisée avec succès en remplacement de la farine de poisson (Silveste, 1984).

Selon Istiqomah et al. (2017), l'utilisation de très faibles teneurs en farine de vers de terre a légèrement amélioré les performances de ponte chez la caille pondeuse probablement en raison d'un effet probiotique plutôt que de la teneur en nutriments elle-même.

7-2- Les orthoptères (Sauterelles): farine de criquet

Les sauterelles (les criquets) sont des insectes de l'ordre des orthoptères dont la plupart sont comestible (Defoliart, 1989; Ramos-Elorduy, 1997; van huis et al., 2013).

Diverses espèces de sauterelles et de criquets sont déjà utilisés pour les animaux de compagnie et les animaux de zoo et ont été étudiée pour l'alimentation du bétail (Feedipedia, 2019). En raison de la disponibilité de grandes quantités de criquets morts, résultant des invasions acridiennes, ils constituent un bon aliment potentiel pour le bétail en particulier la volaille et la farine de criquets a été proposé comme aliment pour volaille depuis les années 2000 (Heuzé et al., 2022).

7-2-1- La valeur nutritive des sauterelles (criquets)

Les criquets et autres espèces d'orthoptères sont généralement riche en protéines, dans la gamme 50-65% MS, bien que certaines valeurs sont inférieurs (moins de 30%). La teneur en matière sèche est de 23 à 35%, la teneur en matières grasses est variable et va de valeurs relativement faibles moins de 5% à plus de 20% (Tableau 14). La teneur en calcium est faible comme chez les autres espèces d'insectes et la teneur en fibres peut être importante et augmente avec l'âge (Finke, 2002).

Tableau 14 : Composition et valeur nutritive de la farine de criquets ou de sauterelles.

(Feedipedia, 2019)

Analyse principale	Unité	Moy	Min	Max
Matière sèche	% de brute	91,7	89,5	94,0
Protéine brute	% MS	57,3	29,2	65,9
Fibre brute	% MS	8,5	2,4	14,0
Extrait d'éther	% MS	8,5	4,2	14,1
Cendre	% MS	6,6	4,3	10,0
Énergie brute	MJ/kg MS	21,8	19,5	23,7

7.2.2. L'utilisation des sauterelles dans l'alimentation animale

7.2.2.1. En alimentation de la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*)

En Inde, les cailles japonaises (*Coturnix coturnix japonica*), ont été nourries avec divers régimes dans lesquels la farine de sauterelle (*Oxya hyla*) a progressivement remplacé la farine de poissons. Les meilleurs résultats des paramètres de croissance ont été obtenus avec un régime de 50% de farine *Oxya* (La fécondité (c'est à dire le nombre d'œufs pondus par femelles) était significativement plus élevée par rapport au traitement témoin (Haldar, 2012).

7.2.2.2. En alimentation de poulet de chair

Aux Philippines, une première étude a rapporté que la farine de criquets n'était pas aussi efficace, mais aussi appétissante, que la farine de poisson (Fronza, 1935). Des études plus récentes ont tenté de remplacer une partie de la farine de poisson par de la farine de criquets et de sauterelles et ont constaté qu'une telle substitution partielle convient généralement. Au Nigéria, des poulets de chair (âgés de 1 à 28 jours) ayant reçu de la farine de criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) pour remplacer 50 % des protéines de la farine de poisson (1,7 % de l'alimentation totale) ont donné un meilleur gain de poids corporel, une meilleure prise alimentaire et un meilleur taux de conversion alimentaire (Adeyemo et al., 2008). En Chine, la farine de sauterelle (*Acridacineria*) a remplacé 20 % et 40 % de farine de poisson dans l'alimentation des poulets de chair avec des taux de croissance et une consommation d'aliments similaires à ceux de l'alimentation témoin (Liu et al., 2003). Au Nigéria, la farine de sauterelle (espèces non spécifiées) incluse à 2,5 à 7,5 % dans les régimes alimentaires des poulets de chair (âgés de 1 à 49 jours) a réduit le gain de poids et l'efficacité alimentaire, bien qu'elle ait augmenté la teneur en protéines de la carcasse (Ojewola et al., 2003).

8. Autres ressources

Dans leur étude Abbasi et al. (2014), ont évalué l'impact de l'incorporation de la pulpe séchée de *citrus sinensis* (0.5,1.1.5,2%) sur les performances de croissance de 200 poussins (Ross 308) élevés durant 35 jours. Ces chercheurs ont montré que l'utilisation de résidus d'oranges séchées avait amélioré la prise alimentaire et le gain de poids corporel. La contraction de 2% des résidus d'orange dans l'alimentation de poulets de chair avait un effet positif sur les performances, caractéristiques de la carcasse, métabolites sanguins.

Beghoul (2015), a étudié l'effet de la substitution partielle de tourteau de soja et de maïs par le pois, féverole, orge et triticale. Les résultats obtenus montrent que dans la substitution partielle de tourteau de soja par le pois concassé et la féverole les poules nourries par le régime féverole enregistre le poids moyen à l'abattage (2744,7g) et le rendement de la carcasse (73,23%), les plus élevés et l'indice de consommation le plus faible (2,01).

Dans la substitution partielle du maïs par l'orge et le triticale, les poules nourries par le régime d'orge enregistre le poids moyen à l'abattage (3146,2g) et le rendement de la carcasse (70,34%) les plus élevés et l'indice de consommation le plus faible (1,97).

Des essais ont également porté sur l'incorporation des larves de la mouche soldat noire dans le régime alimentaire de la volaille et ont donné des résultats encourageants. Les larves de la mouche de *H.illucens* ont été incorporées à 50 et 100% dans la ration des poulets de chair et ont permis une croissance normale, ce qui suggère que les larves de la mouche soldat noire sont en mesure de remplacer la farine de soja dans la ration des poulets de chair (Schiavone et al., 2017). De la même manière, Maurer et al. (2016), ont conduit des expériences similaires sur les poules pondeuses et ont remarqué que la substitution de la farine des larves séchées de *H.illucens* préalablement élevées sur du résidu végétal, à 50% et à 100% n'affecte en rien les performances zoo technico-économiques (croissance, ponte et ration journalière), la diète conventionnelle étant le témoin dans cet essai. Plusieurs autres travaux montrent le rôle important que peuvent jouer les insectes dans l'alimentation des volailles (Allergretti et al., 2017).

Chapitre III

Utilisation de l'Azolla en alimentation animale

1.Description de l'Azolla

Azolla est une fougère aquatique, flottant à la surface des eaux calmes, tempérées ou tropicales, dans les cressonnières, les rizières, les étangs et dans les canaux d'irrigation (Figure 7). Elle abrite une cyanobactérie du genre *Anabaena* qui à la propriété de fixer l'azote, c'est-à-dire de transformer l'azote moléculaire de l'atmosphère en azote fixé assimilable par la plante. Dans des conditions idéales, il croît de manière exponentielle, doublant sa biomasse tous les trois jours (Reynaud et Franche, 1985 ; Raoelina, 1995 ; Chander et al., 2017).



Figure 7 : Vue d'une culture d'Azolla au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa (Tizi-Ouzou originale, 2022)

2-Classification de l'Azolla

Selon Lumpkin et Pluchnett (1982), l'Azolla est une plante qui appartient à :

- L'embranchement des : Ptéridophytes
- Classe des : Filicophytes
- L'ordre : Salviniales
- Famille : Azollacées

3-Les espèces d'Azolla

Selon l'ONG Ramilamina (1995), il existe sept espèces selon les critères morphologiques (morphologie des formes végétatives- frondes- et des organes reproducteurs), divisées en deux sections :

- Les Euazolla.
- Les Rhizosperma

La section Euazolla regroupe 5 espèces :

- *Azolla caroliniana*
- *Azolla mexicana*
- *Azolla microphylla*
- *Azolla filiculoïde*
- *Azolla rubra*

La section Rhizosperma regroupe 2 espèces :

- *Azolla nilotica*
- *Azolla pinnata*

L'*Azolla pinnata* comprend 3 variétés :

- *A. pinnata* var. *pinnata*
- *A. pinnata* Var. *imbricata*
- *A. pinnata* Var. *africana*

4-Morphologie de l'Azolla

Cette fougère est formée d'une tige ou Rhizome, de feuilles et de racines (Figure 8). La plante d'Azolla est appelée fronde. Elle est constituée d'un rhizome principal, d'une longueur excédant rarement 3 ou 4 cm qui porte des ramifications secondaires qui peuvent à leur tour produire des rhizomes de troisièmes ordre et ceux-ci de quatrième ordre. Cette architecture conférée à la plante une forme plus ou moins triangulaire ou circulaire selon les espèces (Van Hove 1989 ; Raelina, 1995).



Figure 8 : Aspect d'*Azolla pinnata*

<http://definition.over-blog.fr/article-azolla-62357971.html>

Chaque feuille est constituée de deux parties appelées lobes. L'un d'eux est disposé au-dessus de la tige, plus épais et chlorophyllien, il contient une cavité interne, abritant une population de cyanobactéries (algue bleue) appelées *Anabaena azollae* (Van Hove, 1989 ; Amroune, 2020).

Pour les racines, elles sont adventives de 1 à 3 cm de long, couvertes de poils absorbants disposés en touffes, possédant une longue coiffe, se trouvent sous les rameaux secondaires (Reynaud et Franche, 1985).

5-Distribution de l'Azolla

L'Azolla est présente dans les étangs, les fossés et les rizières des régions tempérées chaudes et tropicales du monde entier (Figure 9). Chaque espèce a une aire de répartition indigène spécifique : *Azolla caroliniana*, Est de l'Amérique du Nord et Caraïbes ; *Azolla filiculoides*, du sud de l'Amérique du Sud à l'ouest de l'Amérique du Nord, y compris l'Alaska ; *Azolla microphylla*, Amérique tropicale et subtropicale ; *Azolla mexicana*, du nord de l'Amérique du Sud à l'ouest de l'Amérique du Nord; *Azolla nilotica*, cours supérieur du Nil jusqu'au Soudan, *Azolla pinnata*, la plupart de l'Asie et la côte de l'Afrique tropicale. Ces espèces ont été dispersées par l'homme et peuvent être trouvées en dehors de leurs régions d'origine (Lumpkin et al., 1980)

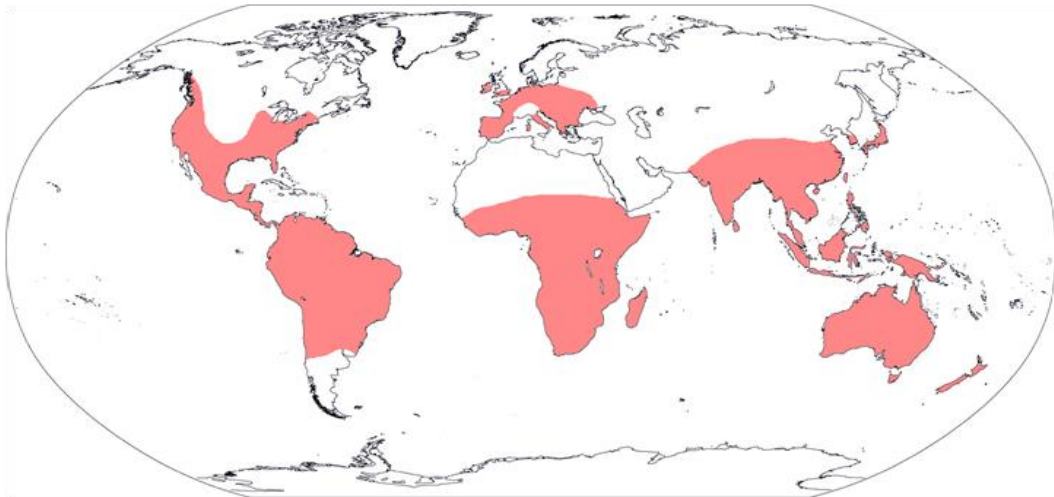


Figure 9: Distribution moderne approximative d'Azolla (Small et Darbyshi, 2011)

<https://theazollafoundation.org/azolla/azollas-geographic-distribution/>

6-La reproduction de l'Azolla pinnata

Chez l'*Azolla pinnata*, il existe deux modes de reproduction : la reproduction sexuée ou générative et la reproduction asexuée ou multiplication végétative. la reproduction se fait par voie végétative dans les conditions climatiques favorables et par voie générative en saison défavorable caractérisée par la chaleur ou le froid intense (Becking, 1979).

Dans la reproduction sexuée, une nouvelle génération se forme partir de l'embryon fécondé. Bien qu'un cycle de vie saprophytique soit décrit, les conditions de formation des spores et leur importance écologique sont peu connues. Des températures élevées (début de l'été) dans la région tempérée et des températures basses dans les régions tropicales et subtropicales (*A. pinnata*) ont été signalées comme induisant des spocarpes. Dans le sud de la chine, certaines souches locales d'*Azolla pinnata* forment des spores abondamment en juin et juillet, et dans une moindre mesure en septembre et octobre. Dans le nord du Vietnam, les spores se forment

en mars-avril. La formation d'organes sexuels semble être associée à une forte densité de population d'Azolla (Dommergues et diem, 1982).

La symbiose est maintenue durant le cycle sexuel. Les cellules d'*Anabaena*, notamment les akinètes sont enfermées à l'intérieur des macrosporocarpes. Elles sont enfoncées dans une cavité sous le chapeau de l'industrie de macrosporange. Après fécondation de l'oosphère, un zygote se forme et se développe en sporophyte avec son algue associée (Ntendele, 2007).

7-Composition chimique et la valeur nutritive de l'Azolla

La composition chimique des espèces d'Azolla varie selon les écotypes, les conditions écologiques et la phase de croissance. La teneur en MS est généralement faible, de l'ordre de 5 à 7 % (Tableau 6).

Tableau 6 : Composition de *l'Azolla spp* (Feedipedia, 2019)

Analyse principale	Unité	Moy.	Min.	Max.
Matière sèche	% aliment	6,7	5,1	8,7
Protéines brute	% MS	20,6	13,9	28,1
Fibre brute	% MS	15,0	11,3	22,8
NDF	% MS	43,8	35,4	52,3
ADF	% MS	31,8	24,0	38,9
Lignine	% MS	11,4	9,3	13,5
Extrait d'éther	% MS	3,8	1,9	5,1
Cendre	% MS	15,9	9,8	21,6
Amidon (polarimétrie)	% MS	4,1	2,7	5,5
Energie brute	MJ/kg DM	17,0		

La teneur en protéines est de l'ordre de 19 à 30 % MS dans des conditions de croissance optimales. Le profil en acides aminés de l'Azolla dépend de l'espèce, mais la teneur en lysine est relativement élevée (4 à 6 % de la protéine). Contrairement aux lentilles d'eau, l'Azolla est relativement riche en fibres : le NDF peut être supérieur à 50 % de MS, la fibre brute est d'environ 15 % de MS et la teneur en lignine est de l'ordre de 10 à 13 % de MS. Comme la plupart des plantes aquatiques, l'Azolla est riche en matière minérale (10-20% MS) et peut être utilisée comme source de macro et micro minéraux. Cependant, les teneurs élevées en fibres et en minéraux (Tableau 7) expliquent pourquoi l'Azolla devrait généralement être incluse en quantités limitées dans l'alimentation des monogastriques, car des taux d'inclusion élevés ont tendance à diminuer les performances. Le volume de l'Azolla fraîche est une autre limite à son utilisation dans l'alimentation du bétail et il est souvent préférable de la sécher (Feedipedia, 2019).

Tableau 7 : Principaux minéraux de *l'Azolla spp* (Feedipedia, 2019)

Les minéraux	Unité	Moy	Min	Max
Calcium	g/ kg MS	1,0	5,8	17,0
Phosphore	g/ kg MS	6,1	0,3	15,5
Potassium	g/ kg MS	17,4	10,9	22,5
Sodium	g/ kg MS	9,0	2,8	12,5
Magnésium	g/ kg MS	5	3,9	6,1
Manganèse	Mg/ kg MS	762	208	1429
Zinc	Mg/ kg MS	38	11	77
Cuivre	Mg/ kg MS	16	Dix	28
Fer	Mg/ kg MS	3900	711	8200

8-La farine de *l'Azolla pinnata*

D'après Alalade et al. (2006), peu de travaux qui ont étudié la valeur nutritive de l'Azolla en alimentation animale, la composition chimique de *l'Azolla pinnata* étudié par les mêmes auteurs a été représentée dans le tableau 8 :

Tableau 8 : Composition chimique de la farine de *l'Azolla pinnata* (Alalade et al., 2006)

Protéines brutes	Fibre brutes	Extrait à l'éther	Cendres	Glucides
21,4	12,7	2,7	16,2	47,0

L'analyse chimique de *l'Azolla pinnata* séché au soleil pendant 3 jours est donnée dans le tableau 9.

Tableau 9 : la composition chimique de *l'Azolla pinnata* séché (Shamna, 2013)

Matière Sèche	Protéines Brutes	Extrait à l'éther	Fibre brutes	Azote libre	Cendres totales	Ca	p
88,08	25,46	2,66	14,08	41,58	15,5	2,25	0,40

9-La forme de présentation de l'Azolla

Il existe trois façon de fournir l'Azolla aux animaux : à l'état frais, l'état séché et ensilé

9-1- Azolla fraîche

D'après Van Hove (1989), ce mode de présentation n'exige aucune opération de transformation et n'entraîne aucune dénaturation des composants (Figure 10). En revanche il présente les inconvénients de ne pas permettre le stockage et d'avoir une teneur en eau élevée qui non seulement rend le transport à distance extrêmement coûteux.



Figure 10 : Aspect de l'Azolla fraîche récoltée au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa (Tizi-Ouzou originale, 2022)

9-2- Azolla sèche

Le séchage au soleil (Figure 11) mené dans des bonnes conditions ne modifie probablement que peu la valeur nutritive. Il permet le stockage et le transport à distance, la préparation nécessite la présence d'aires de séchage appropriée à proximité du lieu de récolte et des conditions climatique adéquates. L'opération requiert qu'on étale d'abord la biomasse en une couche ne dépassant pas une dizaine de centimètre d'épaisseur puis qu'on la remue 2 à 3 fois par jour, en général pendant 3 à 4 jours (Van Hove c, 1989).



Figure 11 : Aspect de l'Azolla séchée au niveau de l'ITMAS de Boukhalfa (Tizi-Ouzou originale, 2022)

9-3- Azolla ensilée

Ruben (1987), a montré que l'ensilage de l'Azolla peut être pratiqué surtout pour traiter la biomasse excédentaire produite et utilisée comme aliment, principalement pour les porcs.

De même Van Hove (1989), a donné les techniques : l'Azolla à ensilé doit être propre et légèrement fanée (teneur en eau d'environ 60%) elle est entassée par piétinement dans des silos de ciment ou des sacs en plastique, lorsque la couche atteint 3 cm. Le silo bien fermé, l'ensilage peut se conserver jusqu'à 2 ans.

10- Ecophysiologie

Azolla est une plante fragile qui exige un certain nombre de facteurs pour vivre, pour se développer et pour croître. Parmi ces facteurs on peut citer l'eau, la température, la lumière et le PH de l'eau (Rahagarison, 2005).

10-1-Besoin en eau

10-1-1-Taux d'humidité

Etant une plante purement aquatique, Azolla ne peut pas résister à un taux d'humidité inférieure à 60%. C'est une plante très sensible à la sécheresse et qui meurt en quelques heures si le sol s'assèche (Becking, 1979).

10-1-2-hauteur d'eau

Selon Van Hove et al. (1983), la croissance d'Azolla est favorisée par une couche d'eau n'excédant pas quelques centimètres : 5 à 10 cm. Cela favorise la nutrition minérale puisque les racines sont proches du sol.

10-1-3-La salinité

D'après Van Hove c (1989), la salinité affecte plus rapidement l'*Anabaena* que l'Azolla est peut donc donner lieu à la production d'Azolla dépourvu d'*Anabaena*, ce qui est inefficace pour la fixation d'azote.

10-2-Température

La répartition géographique du genre Azolla indique que celle-ci s'adapte à des conditions climatiques extrêmement variées.

Selon Singh et al. (1979), la température optimum se situe entre 20°C et 30°C dans une couche d'eau de 5 cm à 10cm d'épaisseur.

D'après Becking (1979), l'Azolla peut survivre entre 15°C à 40°C (température ambiante de l'air).

10-3 : la lumière

Pour l'intensité lumineuse, en conditions thermiques optimales, la saturation est atteinte à environ 50% de l'intensité maximale. La croissance reste bonne, même aux intensités lumineuses maximales (Becking, 1979 ; Van Hove et al., 1983).

10-4- PH

Azolla est particulièrement tolérante en ce qui concerne le PH du milieu. Elle survit dans un PH allant de 3.5 à 10 et sa croissance est pratiquement identique dans un PH de 4.5 à 7 (Ashton, 1974 ; Watanabe et al., 1977 ; Peters et al., 1980).

10-5- la nutrition minérale :

Les besoins en minéraux d'Azolla comprennent les microéléments (Fe, Mo, Co). Les carences en ces éléments entraînent les diminutions des croissances (Becking, 1979). Mais la caractéristique la plus remarquable dans ce domaine nutritionnel est l'indépendance totale à l'égard de la source d'azote. En effet, l'Azolla croit parfaitement en absence d'azote combiné (Van Hove et al., 1983)

11- L'utilisation d'Azolla en agriculture

Selon Rahagarison (2005), l'Azolla est utilisé comme :

- Engrais azoté pour le riz.
- Sa capacité de fixer l'azote, contribue également au maintien de la fertilité du sol en fournissant un humus riche en nutriments grâce à sa décomposition
- Réducteur des pertes d'ammoniac par volatilisation dans les rizières.

Un certain nombre d'avantages secondaire a été attribué à l'Azolla

- Diminution des pertes d'eau par évaporation
- Effet herbicide dû au tapis d'Azolla qui empêche les plantules de mauvaises herbes de croître.
- Réduction de la prolifération des moustiques.

Ces applications ne sont pas seules possibles. En effet, des recherches sont entreprises en vue d'évaluer le potentiel d'utilisation d'Azolla comme (FAO, 1987).

- Engrais vert pour des cultures sur terre ferme après compostage
- Aliment pour les animaux (volaille, lapins, ruminants ...)
- Matière première pour digesteur biométhan

12-Utilisation de l'Azolla en alimentation animale

L'Azolla a un énorme potentiel comme aliment pour le bétail grâce à :

- Sa haute teneur en protéines, acides aminés essentiels, vitamines (vitamine A, vitamine B12, Bêta Carotène), intermédiaires promoteurs de croissance et minéraux.
- Sa capacité à proliférer sans fertilisation azotée inorganique.
- Son taux élevé de croissance dans l'eau sans qu'il soit nécessaire de déplacer les cultures existantes ou les systèmes écologiques naturels.

Il est utilisé depuis de nombreuses années dans toute l'Asie et dans certaines parties de l'Afrique pour nourrir les porcs, les canards, les poulets, les bovins, les poissons, les moutons, les chèvres et les lapins.<https://theazollafoundation.org/azollas-uses/as-a-livestock-feed/>

Becerra et al. (1995), Lumpkin et Plucknett (1982) et Van Hove et López (1983) ont tous conclu que l'Azolla est la plante aquatique la plus prometteuse pour l'alimentation du bétail en raison de sa facilité de culture, de sa productivité et de sa valeur nutritive. L'utilisation de l'Azolla comme aliment pour les poissons, les porcs et la volaille a également été testée et recommandée par Alcantara et Querubin (1985) et Tranet Dao (1979) ont rapporté qu'un hectare d'Azolla peut produire 540 à 720 kg de protéines par mois.

12-1-En alimentation des ruminants

D'après l'ONG Ramilamina (1995), la digestibilité in vitro de la matière sèche ainsi que sa teneur en protéines et en micro minéraux font de l'Azolla un aliment potentiellement intéressant pour les ruminants. Cependant la teneur en cellulose est trop faible pour envisager une utilisation de l'Azolla comme aliment de base et la diminution de temps de rumination a été observée.

Lumpkin et Donald (1982) et l'ONG Ramilamina (1995), ont cité des chiffres sur la consommation journalière de l'Azolla par les bovins : dans le cas de l'Azolla utilisée comme ensilage, la consommation est de 4 Kg/j/tête et dans le cas d'Azolla fraîche, elle est de 5 à 10kg/j/tête.

Kamalasanana et al. (2002), ont constaté une augmentation de la production de lait lorsque l'Azolla était combinée avec des aliments ordinaires, et que 15 à 20 % des aliments commerciaux pouvaient être remplacés par la même quantité d'Azolla sur la base du poids sec sans affecter la production de lait, fournissant une augmentation de 20 à 25 % économies sur l'achat d'aliments commerciaux.

12-2- En alimentation des poulets

Plusieurs chercheurs (Basak et al., 2002 ; Alalade et Iyayi., 2006 et Ouedraogo et al., 2021) ont étudié l'effet de l'incorporation de la farine d'Azolla dans l'alimentation de poulet sur les performances de croissances (Tableau 10).

Tableau 10 : Quelques résultats d'essais sur l'incorporation d'Azolla dans l'alimentation des Volailles dans différents pays du monde (Feedipedia, 2019)

Pays	Type de volaille	Espèce d'Azolla	Essai	Résultats	Référence
Inde	Poulets de chair	Azolla sp.	0 à 20% d'Azolla séchée	L'Azolla à 10-20 % réduit la croissance et le rapport d'efficacité protéique sans effet sur la capacité de survie. Azolla à 5% a donné une croissance satisfaisante.	Parthasarathy et al. (2002)
Bengladesh	Poulets Ven Cobb de 7 à 42 j	Azolla pennée	0 à 15% d'Azolla séchée	L'Azolla à 5% a permis l'amélioration des performances zootechniques	Basak et al. (2002)
Nigeria	Poulettes, 2 semaines	Azolla penné	0 à 15% d'Azolla séchée	L'Azolla à 10% a permis les meilleures performances.	Alalade et al. (2006)
Egypte	Poulets Fayoumi, 2 à 16 semaines	Azolla sp.	Aliments commerciaux (15 à 45 % des régimes restreints) + Azolla fraîche <i>ad libitum</i>	L'Azolla a diminué la croissance et le rendement d'abattage, mais amélioré l'efficacité économique.	Namra et al. (2010)
Inde	Poulets de chair, 1 à 42 j	Azolla hybride	0 à 10% d'Azolla séchée	La performance a été maintenue jusqu'à 7,5 % de taux d'inclusion.	Prabina et al. (2010)
Inde	Poulets de chair, 160 j	Azolla pennée	0 à 4,5% d'Azolla séchée au soleil	Réduction de la teneur en cholestérol du sérum et de la viande mais sans effet négatif sur les performances.	Balaji et al. (2009) ; Balaji et al. (2010)
Inde	Poulets de chair, 225 j	Azollasp.	0 à 5% d'Azolla séchée remplaçant partiellement le tourteau de soja	Aucun effet délétère sur l'appétence, l'efficacité de l'utilisation des aliments et la qualité de la carcasse, et a été rentable.	Dhumal et al. (2009)
Bengladesh	Poulets de chair, 1-14 j	Azolla pennée	10% d'Azolla séchée remplaçant partiellement la farine de maïs et de soja	Performances similaires dans les deux lots	Ali et al. (1995)
Inde	Poulet Leghorn, 5 semaines	Azolla pennée	20% d'Azolla séchée dans l'alimentation	L'inclusion d'Azolla frais dans l'alimentation peut se faire à raison de 20 % .	Subudhi et al. (1978)

Ouedraogo et al. (2021), ont montré que la substitution partielle du soja torréfiée par la farine d'*Azolla pinnata* n'a pas d'effet significatif sur l'évolution pondérale et les gains moyens quotidiens des poulets. Leurs résultats corroborent celui d'Alalade et Iyayi (2006) au Nigéria qui avaient montré que la farine d'*A. Pinnata* peut être incorporée jusqu'à 10 % dans la ration alimentaire des poussins sans affecter négativement la croissance de ces derniers. A partir de la sixième semaine d'âge Basak et al. (2002) ont trouvé que les poulets de chair nourris avec une ration incorporant 5 % d'*A. pinnata* en substitution au sésame avaient des poids corporels significativement améliorés par rapport au témoin (0% d'*A. pinnata*).

Les volailles consomment très bien l'Azolla. Le taux d'incorporation d'Azolla dans la ration varie suivant l'espèce. Pour les poules l'Azolla peut remplacer jusqu'à 25 % des rations alimentaires commerciales et on peut l'apporter à l'état frais à raison de 100 à 300 g/j suivant l'âge des poules (Raoelina, 1995). En outre il a été montré que les poulets recevant une alimentation classique supplémentée avec 5 % de plus d'Azolla avaient une croissance plus rapide que ceux qui ont ingéré l'aliment commercial seul. Ainsi la conversion alimentaire des animaux et l'efficacité énergétique ont été considérablement améliorées (Rajesh, 2020).

En Inde, Subudhi et Singh (1978), ont conclu que l'Azolla fraîche remplace environ 20% des aliments commerciaux dans l'alimentation des jeunes poulets. Ils ont estimé que pour remplacer l'aliment commercial, il faudrait environ 9kg d'Azolla fraîche chaque jour pour 100 poulets et que cette quantité pourrait être produite dans un étang peu profond de 60m² dans la zone. En outre, selon Rajesh (2020), les poulets recevant une alimentation classique supplémentée avec 5% d'Azolla avaient une croissance plus rapide que ceux qui ont ingérée l'aliment commercial seul. Ainsi la conversion alimentaire des animaux et l'efficacité énergétique ont été considérablement améliorées.

12-3-En alimentation de la caille japonaise (*Coturnix coturnix japonica*)

En Inde, l'Azolla (*Azolla pinnata*) s'est avérée avoir un potentiel tant qu'aliment bon marché, sur et riche en nutriments pour les cailles, mais des taux d'inclusion supérieurs à 5% ont réduit les performances de croissance et la conversion alimentaire (Sujatha et al., 2013).

Pour les cailles l'inclusion d'Azolla dans le régime alimentaire permet d'économiser dans la production (Dhumal et al., 2009) mais très peu d'études ont été menées sur l'évaluation de ses effets sur la carcasse. Dans leur travail de recherche Varadharajan et al. (2019) ont montré que l'incorporation Azolla jusqu'à 6 % dans l'alimentation de la caille n'a aucun effet néfaste sur les performances de croissance et les caractéristiques de carcasse.

Shamna et al. (2013), ont constaté que le taux optimum d'incorporation d'*Azolla pinnata* dans l'alimentation de la caille est de 5 % et qu'au-delà de ce taux il y a une dépression dans les performances de croissance de ces oiseaux.

12-4- En alimentation des lapins :

Dans leur étude sur l'effet de l'incorporation d'Azolla dans l'alimentation de lapins sur leurs performances de croissance et les caractéristiques de leur viande, Abdelatty et al. (2021) ont montré qu'Azolla sèche pourrait être inclus dans un régime alimentaire de lapin en croissance,

jusqu'à 10 %, tandis que des doses plus élevées altèrent négativement les performances de production, la qualité de la viande et l'efficacité alimentaire des lapins en croissance.

12-5-En alimentation des poissons :

Lumpkin et al. (1982) ont mentionné que l'Azolla constitue un fourrage favori pour plusieurs poissons herbivores.

D'après Van Hove (1989), l'Azolla est consommé par de nombreuses espèces de poissons qui la préfèrent souvent aux autres plantes aquatiques, mais aussi des poissons plutôt omnivore ou planctophage (*Oreochromis niloticus* ou *Cyprinus carpio*). Dans le premier cas, l'Azolla contribue directement au gain de poids des poissons concernées, dans le second cas les poissons ne profitent que très peu de l'ingestion d'Azolla mais leur déjection enrichisse le milieu et permettent ainsi la prolifération d'organismes qui seront à leur tour consommés par les poissons.

Chapitre IV
Matériel et méthodes

1-Objectif de l'étude

La recherche des sources alternatives, végétales ou agro-industrielles couramment utilisées a été l'objet de plusieurs études afin de limiter l'utilisation des ressources classiques qui coûtent chers (céréales, tourteaux de soja...), parmi ces ressources se trouvent l'Azolla (*Azolla pinnata*). C'est dans ce sens que s'inscrit notre étude, l'objectif est d'évaluer l'effet de la supplémentation de l'Azolla (*Azolla pinnata*) dans l'alimentation de la caille sur les performances zootechniques : GMQ, poids vif, rendement en carcasse, CMQ, IC, taux de mortalité paramètres d'abattage (foie, cœur, gésier, pattes, intestin, tête, carcasse chaude, carcasse froide) durant la phase finition.

2-Présentation de la station d'étude

L'essai s'est déroulé au niveau de L'Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisé L'ITMAS (Figure 15) dans la localité de Boukhalfa dans une zone montagneuse 200 à 300 m d'altitude, à 5 km au Nord-ouest de la ville de Tizi-Ouzou, implanter sur une superficie de 30 hectares est limitée :

- Au nord, par l'oued SEBAOU et de Cepata.
- Au sud, par l'exploitation agricole Sebaihi .
- A l'est, par la route reliant Boukhalfa à la ville de Tizi-Ouzou.
- A L'ouest, par la route reliant Boukhalfa à la ville Draa Ben Khedda.



Figure 15 : carte géographique de l'ITMAS (Tizi-Ouzou, Google Earth, 2017)

3-Période d'étude

L'étude s'est déroulée dans un bâtiment pour élevage de caille dans l'Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisé (L'ITMAS) de Boukhalfa du 15 avril 2022 au 19 mai 2022, d'une durée globale de 35 jours.

4-Bâtiment d'élevage

Le bâtiment à ventilation statique est situé sur le côté nord-ouest dans l'exploitation agricole de l'ITMAS. (Figure 16).



Figure 16 : Bâtiment d'élevage caille où s'est déroulé l'expérience

Les dimensions de bâtiment sont de 9 m de longueur et de 6 m de largeur, soit une superficie de 54m². La surface occupée est de 18m². La hauteur du bâtiment de l'extérieur est de 3,5m et celle de l'intérieur est de 2,4m.

Le sol du bâtiment est en ciment saupoudré à la chaux. Les murs sont en bois, ils comportent 9 fenêtres (6 côté Ouest et 3 côté Est) d'une superficie de 1.75 m² chacune.

4-1-Préparation du bâtiment avant la réception des cailleteaux

Le bâtiment n'a pas été utilisé pendant une année (covid). Une désinfection du bâtiment avec de la chaux et du biocide a été effectuée par les stagiaires de l'ITMAS. Le matériel d'élevage (mangeoires, abreuvoirs...etc.) ont été lavés et désinfectés à l'eau de javel et biocide, rincés et séchés puis installés à l'intérieur du bâtiment (Figure 17).

Le bâtiment est divisé en deux parties séparées avec une bâche en plastique ; un occupé par la caille et l'autres pour la conservation de l'aliment et le matériel d'élevage.



Figure 17 : Bâtiment caille vue de l'intérieur

4-1-1- Préparation de la poussinière

4 jours avant l'arrivée des poussins. La poussinière a été préparée avec des feuilles du bois (contre-plaqué) dans la partie isolée avec une bâche afin d'élever la température de cette petite chambre. Son diamètre été de 1,35m et sa hauteur de 60 cm. puis nous avons tapissé la litière de la poussinière avec de la paille à raison de 10 cm d'épaisseur (Figure 18). Nous avons installé l'éleveuse au milieu du ce cercle à une hauteur de 1,25 m et une lampe de 75 w. Un thermo-hygromètre a été placé sous l'éleveuse à une hauteur de 40 cm pour contrôler la température et humidité sous éleveuse. Cette dernière a été allumée 24 heures avant l'arrivée des cailleteaux. L'eau d'abreuvement a été installée à l'intérieur de cette surface isolée pour obtenir de l'eau tiède.



Figure 18 : la poussinière préparée pour accueillir les poussins

4-1-2- l'arrivée et la mise en place des cailleteaux

Un total de 1000 cailleteaux d'un jour d'âge de la souche (*Coturnix coturnix japonica*) ont été réceptionnés le 15 avril 2022 vers 10h à l'ITMAS dans deux caisses (Figure 19).



Figure 19: Caisse des cailleteaux

Après l'installation des cailleteaux une solution d'eau tiède plus sucre (5 gramme de sucre dans un litre d'eau) a été distribuée comme un anti-stress dans des abreuvoirs siphonide d'une capacité de 0,5l (Figure 20)



Figure 20 : Installation des cailleteaux dans la poussinière

Une pesée de 40 cailleteaux pris au hasard a été effectuée à l'aide d'une balance et le poids vif moyens a été de 8,55 g (Figure 21).



Figure 21 : la pesée des cailleteaux à leur arrivé.

5-Matériel

5-1-Les animaux

Un total de 1000 cailleteaux de la souche (*Coturnix coturnix japonica*) d'âge d'un jour de sexe mélangé avec un poids moyen de 8.55 g, provenant d'un couvoir privé de Ouaguenoun ont été utilisés dans l'essai.

5-2- L'Azolla

- **Azolla fraîche**

La production d'*Azolla pinnata* a été réalisée par deux étudiantes de L'Université Mouloud Mammeri (Tizi-Ouzou) dans le cadre de réalisation de leur mémoire de fin d'étude de notre promotion. Dans deux bassins de 3 m de largeur et 7 m de longueur (Figure 22) cultivé à l'exploitation de L'ITMAS le 26 avril 2022. La récolte est faite quand *l'Azolla Pinnata* a couvert toute la surface de bassin, la première récolte d'*Azolla* a été le 08 mai 2022.

Une fois récoltée *l'Azolla pinnata* est débarrassée de ses impuretés (Figure 23) puis laisser s'égoutter pendant 24h avant sa distribution. La distribution été de deux fois par jour, une quantité le matin et l'autre le soir.



Figure 22 : les deux bassins d'*Azolla pinnata* a l'exploitation de L'ITMAS .



Figure 23 : Azolla fraîche récolté puis lavée avec de l'eau.

- **Azolla sèche**

Elle a été produite et séchée au niveau de l'université de Bouira et conservée pendant deux jours, puis apportée à L'ITMAS par la doctorante du Professeur Kadi.

Avant la distribution, nous avons passé toute la production séchée sous un tamis (Figure 24) pour réduire sa taille et éviter le gaspillage par la caille ainsi faciliter son passage dans les mangeoires.

- La distribution était de deux fois par jour.



Figure 24 : *Azolla pinnata* avant et après tamisage.

5-2-2-L'aliment commercial

L'aliment utilisé pour l'alimentation de la caille est celui du poulet de chair en raison de l'absence des formules alimentaires spécifiques aux cailles fournis par une unité privée de fabrication d'aliment de bétail dans la région de Freha. La composition de l'aliment est la même pour les trois périodes (Figure 25) d'élevage comme suite :

- Maïs
- Soja
- Huile de soja
- Calcaire Son
- Phosphate
- CMV



Figure 25 : L'aliment commercial des trois phases d'élevage et leur composition.

5-3-Autres matériels

- **Deux Balances** : Deux types de balance ont été utilisées (Figure 26)
 - ✓ Une balance de précision de marque BS- 300 A, d'une capacité de 300g pour la pesé hebdomadaire des cailleteaux.
 - ✓ Une autre balance d'une capacité de 2g jusqu'à 40kg avec une graduation de 1g. Elle a servi à peser les aliments distribués et les aliments refusés.

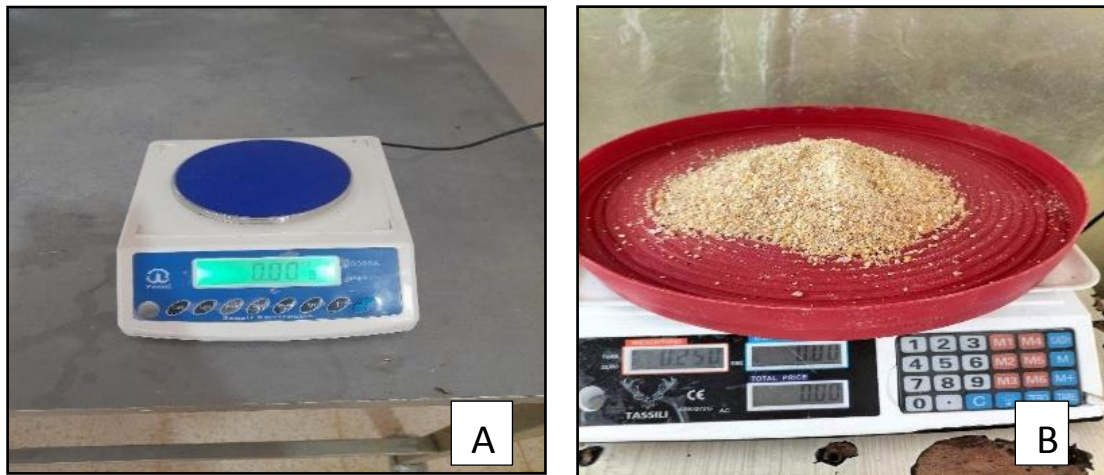


Figure 26 : Les deux balances utilisées pendant l'essai (A : une balance de précision, B : balance d'une capacité de 2g à 40 kg)

- **Eleveuse à gaz butane**

Nous avons utilisé durant cet essai une éleveuse à gaz de 800 calories pour un total de 1000 cailles (Figure 27).



Figure 27 : Eleveuse à gaz utilisée dans l'essai.

- **Abreuvoirs Siphoniques et automatiques**

Durant l'essai nous avons utilisé 6 abreuvoirs en plastique siphonique d'une capacité de 0,5l durant la période de démarrage, et 6 abreuvoirs automatiques dans la période de croissance et 15 abreuvoirs de 3 l en phase de finition (Figure 28).

NB : en raison du manque des abreuvoirs d'une capacité de 3l et l'augmentation de la température nous avons ajouté des abreuvoirs de 0.5l durant la phase de finition pour éviter le manque d'eau.



Figure 28 : les différents abreuvoirs utilisés durant la période d'élevage

- **Mangeoire :**

Trois types de mangeoires en plastique ont été utilisés. Durant la période démarrage (deux semaines) l'aliment démarrage été distribué dans des plateaux, à la période croissance et finition deux autres types de mangeoires en plastiques ont été utilisés d'une capacité de 3kg (Figure 29)



Figure 29 : Les trois types de mangeoires utilisés pendant l'essai.

- Deux arrosoirs d'une capacité de 10 L (Figure 30) et Citerne d'eau de 300 L placés à l'intérieur du bâtiment pour garder la température de l'eau tiède lors de la distribution.



Figure 30 : Les deux arrosoirs utilisés pendant l'essai pour la distribution d'eau

- **Thermo hygromètre électronique** : Pour mesurer la température et l'humidité (Figure 31)



Figure 31 : Un thermo hygromètre électronique.

- **Pulvérisateur** : Pour la désinfection de la paille (litière) et le matériel utilisés dans cet essai (Figure 32).



Figure 32 : Un Pulvérisateur

- Marteau et les clous pour fixer tout ce qui est percé pendant l'essai.

6-Méthode

6.1. La méthodologie de l'essai

Avant le début de l'essai les cailleteaux ont été élevés ensemble durant la phase démarrage (de 1j d'âge au 11j d'âge) et la phase croissance de 12 d'âge à 25 j d'âge (Figure 33)



Figure 33 : Phase démarrage et de croissance

Pendant ces deux phases les animaux ont consommé l'aliment démarrage puis l'aliment croissance. À partir de la 4^{ème} semaine dans la phase finition (25 j d'âge à 35 j d'âge) les animaux ont été répartis en trois lots en tenant compte du poids total du lot et le nombre de cailles par lot et les animaux de chaque lot ont été soumis à un régime alimentaire différents. Un lot témoin (T) nourris avec l'aliment finition seul (aliment commercial) et deux lots expérimentaux ; un lot (AF) nourris avec l'aliment finition supplémenté avec de l'Azolla fraîche et un lot (AS) nourris avec l'aliment finition supplémenté avec de l'Azolla sèche. L'aliment finition et l'Azolla ont été distribués deux fois par jour. La distribution de l'aliment et des deux types d'Azolla ainsi que l'eau été à volonté pendant toute la période de l'essai.

Lors du changement de l'aliment d'une phase à l'autre la transition alimentaire a été appliqué en deux étapes :

- **Etape 1** : la transition de l'aliment démarrage à l'aliment croissance a été effectuée de 9 jours d'âge des cailles jusqu'à 12 jours d'âge comme suit :

Age /jours	Aliment démarrage	Aliment croissance
1-8 jours d'âge	100%	00%
9 jour d'âge	75%	25%
10 jour d'âge	50%	50%
11 jour d'âge	25%	75%
12 jour d'âge	00%	100%

- **Etape 2** : la transition de l'aliment croissance à l'aliment finition a été réalisée de 22 jours d'âge des cailles jusqu'à 24 jours d'âge comme suit :

Age/jours	Aliment croissance	Aliment finition
12 -21 j d'âge	100%	00%
22 jours d'âge	75%	25%
23 jours d'âge	50%	50%
24 jours d'âge	25%	75%
25-35 jours d'âge	00%	100%

Durant la phase de croissance deux extensions de la surface occupées par les cailles ont été réalisées durant toute la période d'élevage : La première à l'âge de 11 jours, ou la poussinière a été retirée et la nouvelle surface a été de 12m². La deuxième à l'âge de 20 jours avec une superficie de 18m² (Figure 34)



Figure 34 : Les deux extensions de la surface occupées par les cailles

6-2- La mise en lot

L'étude a été portée sur un effectif de 855 cailles de chair qui ont été réparties en trois lots : Témoin (T) et deux lots expérimentaux (AF et AS) élevés dans les mêmes conditions d'ambiance (température, humidité, ventilation et éclairage).

La mise en lot a été faite de sorte qu'il n'ya pas une différence significative entre les poids moyen totaux des différents lots et le nombre total de caille par lot, le poids total des lots (T) (AF) et (AS) était respectivement de 37.38kg, 37.48 kg et 37.44 kg. Le nombre de caille par lot été de 295 sujets/lot à raison de 49 caille /m² dans chaque lot. La surface occupée par les animaux a été la même dans les trois lots. Elle a été séparés par un grillage de 3m de longueur et d'une hauteur de de 1,5m, la superficie de chaque lot a été de 6m² (Figure 35)



Figure 35 : La mise en lot des cailles.

L'aliment finition a été distribué dans trois mangeoires en plastique d'une capacité de 3 kg dans le lot témoin et dans les deux lots expérimentaux et deux autres mangeoires d'une capacité de 3kg pour l'Azolla fraîche dans le lot AF et un pour l'Azolla sèche dans le lot AS. L'eau a été distribuée dans 5 abreuvoirs d'une capacité de 3l dans chaque lot (Figure 36).



Lot T : Témoin

Lot AF: Lot Azolla
fraiche

Lot AS: Lot Azolla sèche

Figure 36 : Les trois lots (T, AF AS) de l'essai.

6-3-Les conditions d'élevage

- **La Température et hygrométrie** : Le chauffage a été assuré par une éleveuse à gaz. La température est réglée selon l'âge des cailles comme le montre le tableau 15.

Tableau 15 : les températures et l'humidité enregistrées pendant l'essai.

L'âge	T°C	H%
1 jour	32	58
7 jours	34.5	41.33
12 jours	33.5	49
19 jours	30	75.5
25 jours	26.86	80.42
31 jours	27.02	74.57
34 jours	29.06	76
35 jours à l'abattage	28	/

La température est surveillée par un thermo -hygromètre électronique placé sous éleveuse pendant la période démarrage puis à l'intérieur du bâtiment pour contrôler la température ambiante du bâtiment.

L'humidité relative enregistré pendant la période de l'essai a été entre : 50 % et 80 %

Nb : En raison de la température et de l'humidité élevée pendant les derniers jours d'élevage, le chauffage a été éteint pendant 30 min à une heure par jour.

- **Ventilation :** est statique (Aération naturelle) : Pour une meilleure aération, nous avons ouvert deux fenêtre afin de renouveler l'air du bâtiment.
- **Eclairage :** nous avons utilisé une lampe d'une intensité de 75 watts dans une zone de 18 m² à raison d 4 watts /m². La durée de l'éclairage était de 24heures/24 heures.
- **La densité** a été de 295/6m² (49 cailles / m²), un total de 885 cailles/ 18m²

7-Hygiène et prophylaxie

Mesures de prophylaxie et hygiène ont été respectés pour éviter l'apparition de pathologie :

- Un vide sanitaire respecté d'un an entre les souches.
- Un pédiluve placé à l'entrée du bâtiment pour éviter la contamination des animaux par les microbes de l'extérieur. Le désinfectant composé de biocide (15ml) mélangée avec 6l d'eau la solution a été changée tous les 24h (Figure 37)



Figure 37 : pédiluve

- Désinfection du matériel et de la paille avec de l'eau+ biocide à l'aide d'un pulvérisateur (Figure 38)



Figure 38 : Désinfection de la paille.

- Nettoyage et désinfection du bâtiment avec la chaux.
- Nettoyage et Lavage des abreuvoirs et des mangeoires chaque deux jour avec l'eau de javel.
- La caille n'a pas été vacciné ni traité pendant toute la période d'élevage, mais à cause d'un manque d'aération nous avons observé quelque cas de grippe que nous avons traité avec de l'ail dans l'eau de boisson pendant trois jours.

8-Collecte des données

Durant toute la période d'élevage (35 jours) :

- Le poids corporel individuel de 150 cailles pris au hasard dans chaque lot a été mesuré chaque fin de semaine à la même heure (11h) à l'aide d'une balance. Pour calculer le poids

moyen hebdomadaire durant la période d'élevage et pendant la période de l'essai pour chaque lot (Figure 39) Annexe 3.

- Le gain moyen quotidien GMQ a été calculé pour toute la période d'élevage.



Figure 39 : La pesée des animaux effectués durant l'élevage

- La consommation alimentaire de chaque stade physiologique (démarrage- croissance) et quotidienne pendant la période de finition durant l'essai a été mesurée ce qui a permis de calculer l'indice de consommation par période et journalier pendant l'essai.
- La mortalité a été enregistrée quotidiennement ce qui a permis de calculer le taux de mortalité globale durant toutes les phases, période de l'essai et période globale de l'élevage.
- Pesée des carcasses chaudes, des viscères et des organes à l'abattage puis des carcasses froides le lendemain. (Annexe 4)
- Les paramètres d'ambiances ont été enregistrés durant toute la période de l'essai (Annexe 2)

9-Paramètres zootechniques

9.1-Poids moyen : est calculé par la formule suivante :

$$\text{PV} = \frac{\text{La somme des poids vifs moyen individuelle des cailles}}{\text{le nombre total des sujets pesés}}$$

9.2-Gain moyen quotidien GMQ : est calculé par la formule suivante :

$$\text{GMQ} = \frac{\text{Poids vif final d'une période} - \text{poids vif initial de la même}}{\text{durée de la même période}}$$

9.3-La consommation alimentaire

La consommation alimentaire quotidienne des cailles a été obtenue par différence entre les quantités distribuées et les quantités refusées. Les résultats obtenus ont été enregistré sur des fiches de suivi Annexes 1.

$$\text{CA} = \text{Quantité d'aliment distribuée en (g)} - \text{quantités refusées en (g)}$$

9.4-L'indice de consommation (IC)

C'est le rapport de la quantité d'aliment consommé pendant une période sur le gain de poids pendant la même période. Il est sans unité la formule utilisée pour le déterminer est la suivante :

$$\text{IC} = \frac{\text{Quantité d'aliment consommé dans une période}}{\text{gain de poids pendant la même période.}}$$

9.5-taux de mortalité (TM) (%)

Le taux de mortalité exprimé en pourcentage (%) a été calculé à partir des données enregistrées quotidiennement sur la fiche de mortalité suivant la formule :

$$\text{TM (\%)} = \frac{\text{Nombre de sujets morts/effectifs de départ}}{\text{}} \times 100$$

9.6-Rendement carcasse (RC) (%)

C'est le rapport exprimé en pourcentage (%) du poids de la carcasse et le poids vif des sujets à l'abattage il a été déterminé grâce à la formule suivante :

$$\text{RC} = \frac{\text{poids de la carcasse du sujet}}{\text{poids vif à l'abattage}} \times 100$$

10-L'abattage

A la fin de l'essai, 275 cailles sont destinées à l'abattage transportées par un véhicule de l'institut dans des caisses, vers l'abattoir privé de M. LAZERI a Oued Aissi dans la wilaya de Tizi-Ouzou (figure 40).



Figure 40 : l'arrivée des cailles à l'abattoir

Les caisses des trois lots été identifiées par un tissu de différents couleurs (Figure 41). 20 cailles par lot de sexe mélangé ont été prélevées au hasard dans une caisse d'un lot.



Figure 41 : Caisses identifiées par lot

Puis chaque sujet a été identifié par un numéro sur sa patte et pesé avant d'être abattus (Figure 42).



Figure 42: l'identification et la pesée des cailles à l'abattoir

Tous les sujets identifiés sont passés par la chaîne suivante :

10.1-La saignée : effectuée manuellement par un employé dans l'abattoir. Les animaux abattus sont mis dans un grand entonnoir pour évacuer le maximum du sang.

10.2-L'échaudage : consiste à plonger les cailles dans l'eau chaude pendant quelques minutes afin de faciliter la plumaison. (Figure 43)



Figure 43 : l'échaudage des cailles.

10.3-La plumaison : Elle se fait à l'aide d'une machine à déplumé équipée de doigts en caoutchouc (Figure 44).

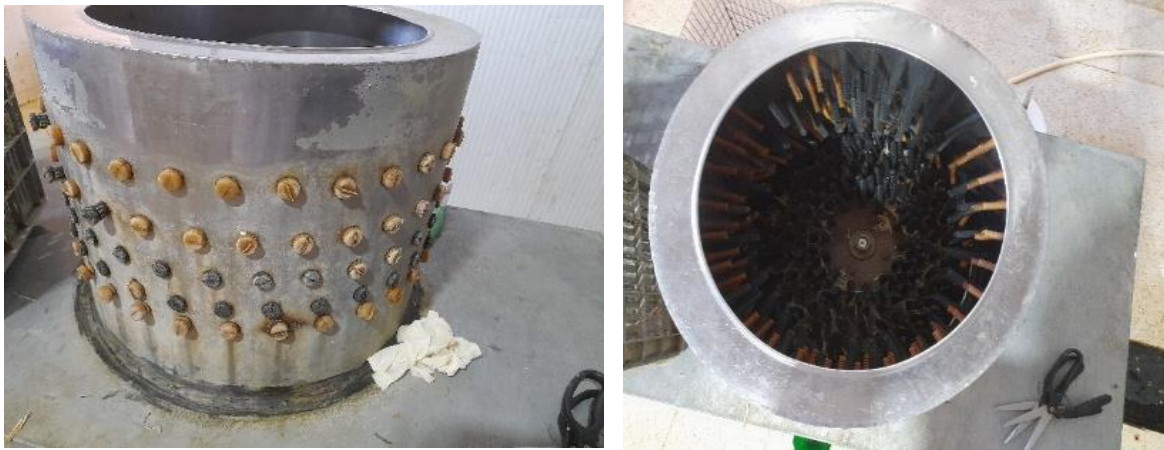


Figure 44 : Machine à déplumer. (La plumeuse)

10.4-L'éviscération :

Consiste à enlever les viscères (intestin, cœur, foie et gésier).

Les carcasses chaudes et les abats comestibles (foie, gésier, cœur,) ainsi que d'autres organes : la tête, l'intestin, les pattes ont été pesées en utilisant une balance pour les 20 caisses identifiées dans chaque caisse (Figure 45)

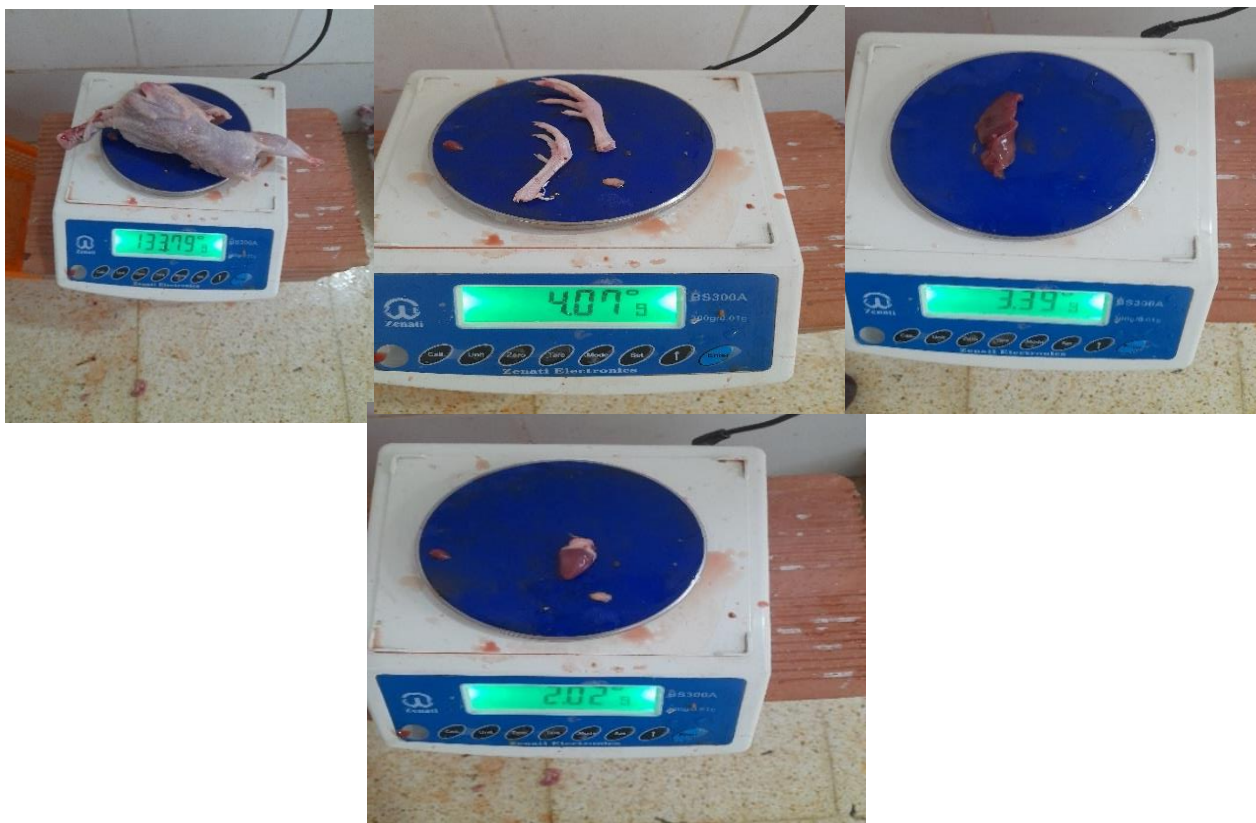


Figure 45 : Pesée des organes à l'abattage.

Les carcasses éviscérées sont transportées vers l'ITMAS. Après 24 heures dans le réfrigérateur à une pesée des carcasses froides des cailles identifiées par lot a été effectuée au niveau de l'ITMAS.

11- L'analyse statistique

Les données collectées ont été saisies à l'aide du tableur Microsoft office Excel. L'analyse des résultats obtenus et la comparaison des moyennes entre les différents traitements alimentaires, ont été effectuées à l'aide du logiciel R 3,6.1. Les différences ont été testées par l'analyse de variance (ANOVA) et ont été considérées comme significatif a ($p < 0,05$) et PPDS (Lebas, 2010)

Chapitre V
Résultats et discussion

Les résultats obtenus par l'effet de la substitution du *Azolla pinnata* sur les performances zootechniques de la caille japonaise (le poids, la consommation alimentaire et l'indice de consommation (IC), le taux de mortalité) durant la période finition de l'expérimentation, ainsi que les performances en carcasse des différents lots d'animaux seront présentés et discutés comme suit :

1. Résultats

1-1-Le Poids vif

Aucune différence significative ($P = 0,326$) n'a été observée entre les poids, le graphe 1 montre une évolution pondérale similaire pour les cailles des trois lots (Figure 46) durant l'étude expérimentale. Cependant les cailles nourries avec le régime Azolla ont présenté des poids vifs variant de 147,38 g à 205,08 g et celle nourries en Azolla sèche ont présenté des poids vifs qui varient de 147,58 g à 204,96 g, et pour le lot témoin étaient entre 152,08 g et 199,34 g de 25j au 34j d'âges (période finition).

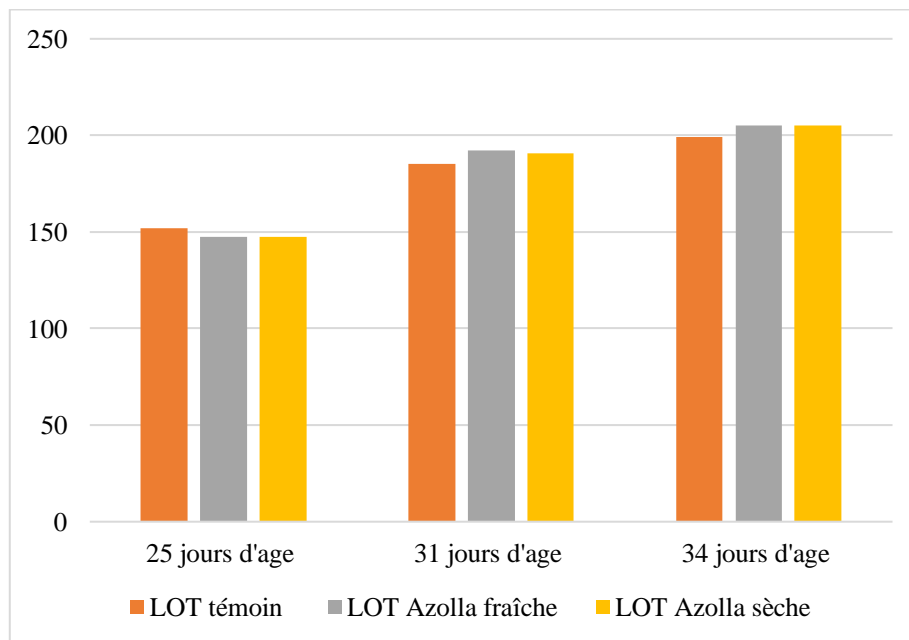


Figure 46 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur l'évolution pondérale.

1-2-Consommation alimentaire

La consommation alimentaire a été influencée par la supplémentation en Azolla durant toute la période d'étude (finition).

L'analyse statistique des données montre que la consommation alimentaire moyenne des différents lots a connu des différences significatives ($P < 0.01$) (figure 47), elle a été (consommation journalière) significativement plus élevée dans les lots expérimentaux par rapport à celles du lot témoin.

Sur l'ensemble de l'essai (25 j d'âge au 34 j d'âge) l'analyse statistique a révélé que le lot supplémenté en Azolla fraîche a consommé plus d'aliment avec 33,25 g par caille/jour suivi du lot Azolla sèche avec une consommation journalière de 26,70 g par caille/jour. Les cailles du lot témoin ont présenté une consommation journalière inférieure à celle enregistré dans les lots expérimentaux qui est de 18,45g par caille/jour.

Pendant la première période (25 j d'âge au 31 j d'âge) les lots expérimentaux ont enregistré des consommations journalières les plus élevés pendant l'essai qui est respectivement de 37,13 g par caille/jour pour le lot Azolla fraîche et 29,32 g par caille/jour pour le lot Azolla sèche, le lot témoin a présenté une consommation inférieure celle des lots expérimentaux de 21,19g par caille/jour.

De 31 j d'âge au 34 j d'âge une diminution de l'ingéré alimentaire a été observé pendant cette période pour les trois lots, les deux lots expérimentaux AF, AS ont présenté une consommation journalière qui est respectivement de 25,24g par caille/jour et 21,47g par caille/jour, celle du lot témoin est de 12,68 g par caille/jour.

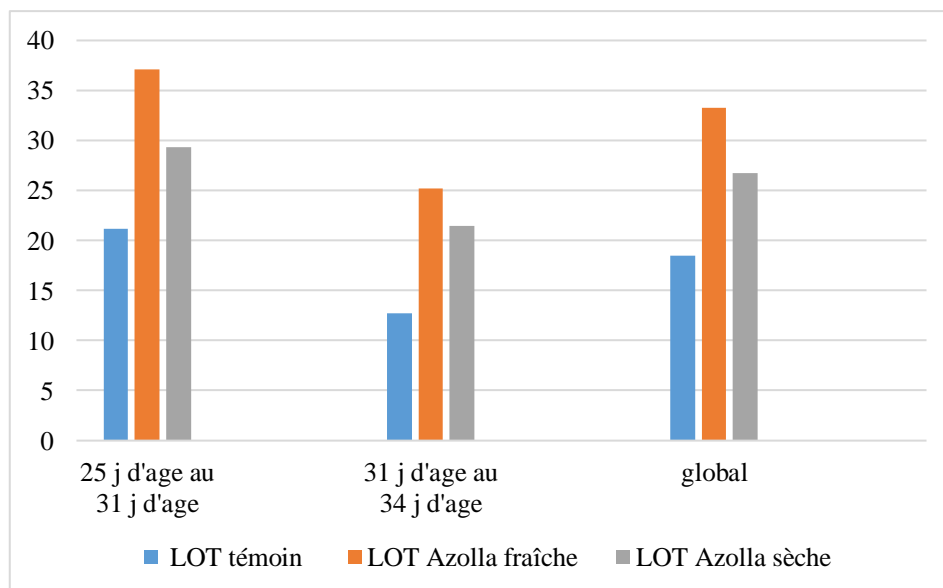


Figure 47 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur la consommation alimentaire

1-3-L'indice de consommation

Les données relatives aux indices de consommation des cailles en fonction du régime alimentaire sont présentées dans la figure 48.

Le test statistique appliqué à ces données montre que les cailles nourries avec l'Azolla (fraîche et sèche) ont eu un indice de consommation plus élevée que celles nourries au régime témoin pendant la phase de finition.

Les cailles du lot supplémenté en Azolla fraîche ont présenté un indice de consommation significativement ($P < 0.01$) plus élevée que celui des cailles du lot Azolla sèche et témoin.

L'indice de consommation global des cailles nourries avec l'Azolla fraîche et sèche était respectivement en moyenne de 4,61 et 3,72 contre 3,12 pour lot témoin.

Pendant la première période (25 j d'âge au 31 j d'âge) les lots expérimentaux AF, AS ont eu un indice de consommation significativement plus élevés qui est de 4,94 pour le lot AF ; 4,06 pour le lot AS et 3,99 pour le lot témoin.

De 31 j d'âge au 34 j d'âge une diminution de l'indice de consommation a été observé dans les trois lots pendant cette période, les lots expérimentaux AF, AS ont présenté un indice de consommation qui est de 3,99, 3,04 et 1,77 pour le témoin.

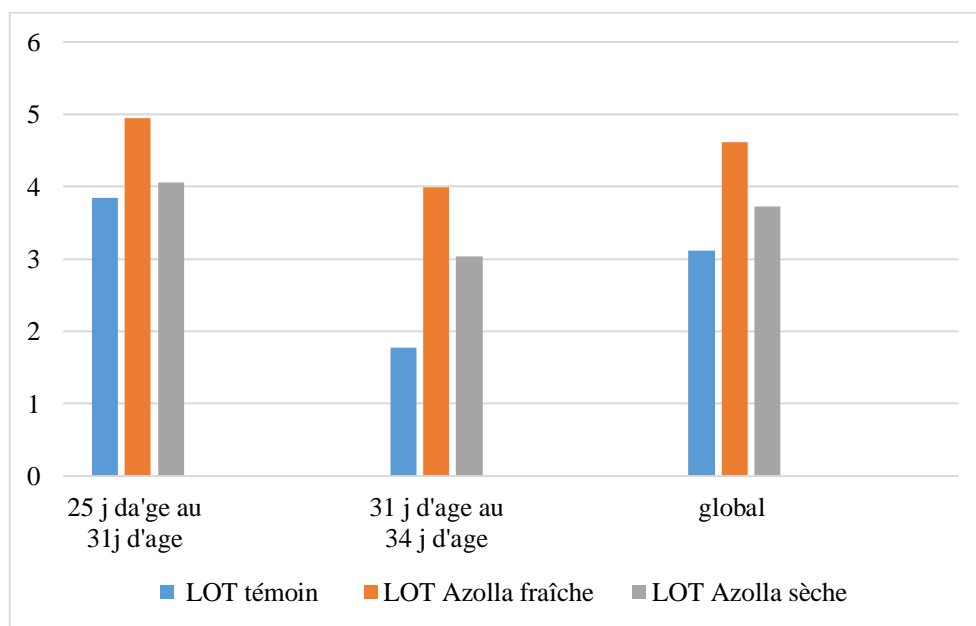


Figure 48 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur l'indice de consommation en phase finition.

1-4-Paramètres d'abattage

Aucune différence significative ($P= 0,486$) n'a été observée entre les poids vif et poids de la carcasse ($P=0,628$) et les poids moyens d'abats (cœur, gésier, intestin, foie). Les valeurs sont indiquées dans le tableau 16.

Tableau 16 : Effet de la supplémentation de l'Azolla sur les paramètres d'abattage.

Paramètres d'abattage	Lot T	Lot AF	Lot AS	P
PV abattage	195,79 a	191,50 a	196,85 a	0,486
Poids Carcasse Chaude	142,89 a	139,07a	140,45 a	0,628
Poids Carcasse Froide	140,47a	136,96 a	139,85 a	0,392
Poids tête	8,84 a	8,09 a	8,67 a	0,149
Poids pattes	4,70 a	4,43 a	4,72 a	0,343
Poids foie	4,11 a	4,29 a	4,96 a	0,118
Poids gésier	4,97 a	4,89 a	4,87 a	0,935
Poids intestin	9,10 a	8,68 a	9,59 a	0,506
Poids cœur	1,78 a	1,71 a	1,86 a	0,231

1-5-Taux de mortalité

Aucun cas de mortalité n'a été enregistré au niveau des trois lots pendant l'essai (finition) de 25 j d'âge à 34 j d'âge.

1-6-Rendement carcasse

Le tableau 17 donne les résultats du rendement carcasses des cailles en fonction du traitement.

Les rendements carcasse ont été de 72,62% et 71,34% respectivement pour les cailles nourries au traitement Azolla fraîche et Azolla sèche et 72,62% pour le témoin. La supplémentation n'a engendré aucun effet significatif sur le rendement carcasse des sujets nourris à base de l'Azolla fraîche et sèche en comparaison aux sujets témoin.

Tableau 17 : Effet de la supplémentation d'Azolla sur le rendement de carcasse des cailles de chair.

Lots	Poids vif à l'abattage	Poids de la carcasse	Rendement carcasse
Témoin	195,79 a	142,89 a	72,98%
Azolla fraîche	191,50 a	139,07 a	72,62%
Azolla sèche	196,85 a	140,45 a	71,34%

2-Discussion

2-1-Effet de la supplémentation d'Azolla sur le poids vif

L'analyse statistique a montré que la supplémentation de *Azolla pinnata* fraîche et sèche n'a pas d'effet significatif ($P= 0,326$) sur l'évolution pondérale des cailles, L'Azolla n'a pas amélioré de manière significative le poids vif des cailles. Nos résultats sont cohérents avec ceux obtenus par Alagbé et al. (2018), qui ont enregistré que les cailles nourries avec de la farine d'*Azolla pinnata* ne montraient aucune différence significative ($P>0,05$) dans les poids finaux qui varient entre 290,6 g et 296,40 g.

Nos résultats sont en accord avec les résultats d'Alalade et Ayayi. (2006), qui ont montré que le régime des poussins peuvent être formulés avec l'inclusion de la farine d'*Azolla pinnata* jusqu'à 10% sans affecter négativement sur la croissance des poussins. De même Ouédraogo et al. (2021), qui ont montré que la substitution partielle du soja torréfié par la farine d'*Azolla pinnata* n'a aucun effet sur l'évolution pondérale des poulets.

Contrairement à ce qui a été obtenu par Parvez et al. (2018), les poids vifs ont augmenté de manière significative ($P<0,01$) dans tous les groupes traités avec des taux d'incorporation de l'Azolla par rapport au témoin, les cailles de groupe T2 (5% Azolla) ont obtenu le poids maximum avec 128, 20g suivi du groupe T1 (123,20 g) et T3 (119 g), le groupe témoin a eu le poids le plus bas (116,20 g).

En revanche, Shamna et al. (2013), ont constaté une diminution significative du poids corporel des cailles à la 5^{ème} semaine nourri sur des régimes alimentaires contenant de l'Azolla avec des taux d'incorporation 2,5%, 5%, 7,5% respectivement 159,47 g, 155,61 g, 151,73 g par rapport au régime témoin qui est de 162,40g.

Contrairement aux résultats obtenus, Basak et al. (2002), qui ont rapporté que le régime contenant 5% de farine d'*Azolla pinnata* était le meilleur en ce qui concerne le poids corporel chez le Poulet à griller.

Les poids corporels finaux obtenus dans cet essai 205,08 g pour AF, 204,94 g pour AS et 199,34 g pour témoin sont meilleurs par rapport à ceux obtenus par I'TELV qui est de 165 g.

2-2-Effet de la supplémentation d'Azolla sur la consommation alimentaire

Nos résultats ont montré une augmentation significative ($P< 0,01$) de l'ingéré alimentaire dans les lots expérimentaux par rapport au lot témoin pour toute la période d'essai, par conséquent les cailles des deux lots expérimentaux ont consommées plus d'aliment par rapport au lot témoin. La consommation d'aliments a été significativement plus élevée dans le lot supplémenté en Azolla fraîche 300g/caille suivi par le lot d'Azolla sèche avec une consommation de 240.3 par caille et celle du lot témoin a été de 166.05 g/caille par Pendant toute la période d'essai (finition). Nos résultats rejoignent ceux de Mangesh et al. (2018) qui ont observé un effet significatif de la supplémentation en Azolla dans la phase finition sur les poulets de chair qui se traduit par l'augmentation de la consommation alimentaire dans le groupe T3 (7.5%) et T4 (10%) respectivement 3010.73 g et 2960.73 g par rapport au témoin qui est de 2840 ,73 g.

Contrairement à ce qui a été enregistré par Parvez et al. (2018) qui ont rapporté la consommation alimentaire moyenne des cailles âgées de 14 à 42 jours étaient plus ou moins similaires entre les groupes de témoin T0 (438 g) et groupes de traitement (T1, T2, T3) (440 g, 440 g et 439 g), n'avait pas de variation significative entre les groupes.

De même Varadharajan et al. (2019) ont rapporté que l'incorporation d'*Azolla* dans les régimes alimentaires des cailles jusqu'à 6% n'a pas affecté la consommation alimentaire pendant la période expérimentale de 6 semaines, y'en avait pas de différence significative entre la prise alimentaire des groupes traités avec l'*Azolla* (21,78 g, 23,12 g) et le groupe témoin (23,02 g).

Par contre Rathod et al. (2013) ont rapporté un effet non significatif de la prise alimentaire des cailles de chair entre les groupes expérimentaux 2,5 % d'*Azolla*, 5% d'*Azolla*, 7,5% d'*Azolla* respectivement de 489g, 466g, 459g et le groupe témoin avec 459 g.

Alalade et al. (2007) ont enregistrés des diminutions d'ingestion alimentaire jusqu'à 5% mais une augmentation de l'ingestion lors de l'inclusion de l'*Azolla* à 7,5% dans l'alimentation des poussins chair. Henry et al. (2017) ont constaté qu'une supplémentation en *Azolla* fraîche à 30 g/oiseau/j réduisait la consommation d'aliments sans affecter les performances de croissance des dindes à l'âge de 7 semaines, ce qui pourrait être dû à la teneur élevée en protéines et en minéraux de l'*Azolla*.

La consommation alimentaire recommandé par l'ITELV durant la phase finition (22j à 42j) est de 400g par sujet est meilleure par rapport à celle enregistré dans cet essai (qui est respectivement 330g /caille ; 240,30g/caille et 166,05g/caille pour les lots (AF), (AS), (T).

2-3-Effet de la supplémentation d'*Azolla* sur l'Indice de consommation

Des différences statistiquement significatives ($p < 0,01$) ont été enregistrées entre les valeurs calculées en phase finition (essai) des trois lots. L'indice de conversion le plus élevé a été enregistré dans le lot *Azolla* fraîche qui est de 4.61 suivi du lot *Azolla* sèche 3.72, mais c'est le lot témoin qui a enregistré le meilleur indice de consommation qui est de 3,12.

Chérif et al. (2022), ont rapporté que l'*Azolla* a amélioré le taux de conversion dans l'alimentation de la caille avec 3,94 ; 3,91 ; 3,66 dans les groupes traités et le lot témoin a eu un indice de consommation le plus élevé qui est de 4,10.

En revanche Ouédraogo et al. (2021) ont rapporté que les indices de consommation des poulets nourris avec des rations incorporées avec *Azolla pinnata* n'a pas été significativement différents de celle du lot témoin.

Contrairement à nos résultats Alagbé et. (2018) ont montré que le remplacement de l'*Azolla* dans l'alimentation des cailles n'a eu aucun effet significatif sur leur taux de conversion alimentaire qui varie entre 3,31 et 3,71. De même Rathod et al. (2013) ont enregistré aucun effet significatif de la supplémentation de l'*Azolla* dans l'alimentation de la caille de chair entre les lots expérimentaux (3,09 ; 3,11 ; 3,00) et le témoin (3,07).

Cependant Basack et al. (2002), ont également signalé un taux de conversion et efficacité énergétique significativement améliorés dans le régime alimentaire avec 5% de farine d'*Azolla* par rapport au régime témoin. Un résultat similaire a également été trouvé par Sujathja et al. (2013) qui ont signalé que les poulets nourris avec des régimes contenant 5% de poudre

d'Azolla ont amélioré le taux de conversion de manière significative ($p < 0,05$) par rapport au témoin, Aussi Nagshi et al. (2014), ont rapporté une amélioration de l'indice de consommation avec l'inclusion d'Azolla comme complément alimentaire dans l'alimentation des poulets de chair.

Les IC enregistrés dans cet essai dans les deux lots expérimentaux (AF) et (AS) respectivement 4,61 et 3,72 et le lot témoin avec 3,12 sont supérieurs à IC préconisé par le guide de l'ITELV qui est de 2,5 pendant la phase finition.

2-4-Effet de la supplémentation d'Azolla sur les Paramètres d'abattage

Notre essai n'a montré aucun effet significatif sur les poids vif ($P = 0,486$) et entre les poids moyen d'abats (foie, gésier, cœur) et de même sur rendement carcasse. Mêmes résultats enregistrés par Lakshmi et al. (2019) qui ont signalé qu'aucune influence significative du niveau d'Azolla sur les caractéristiques de la carcasse des cailles à l'exception du pourcentage d'abats, de dos et d'ailes qui étaient plus élevés ($p < 0,05$) dans le groupe nourri à 3% d'incorporation d'Azolla.

De plus, Paraselli. (2013), n'a trouvé aucune différence significative entre les groupes nourris avec 0 et 5 % d'Azolla sur le rendement en carcasse et le pourcentage de poids du cœur, du foie, du gésier et des abats chez les cailles.

Contrairement Nagshi et al. (2014) ont rapporté une meilleure efficacité de la carcasse avec une alimentation à 5% d'Azolla chez les poulets de chair commerciaux, à l'exception du pourcentage relatif de graisse abdominale, de foie, de gésier et de poitrine.

Nos résultats étaient conformes à ceux de Basack et al. (2002) qui n'avaient constaté que la substitution par *l'Azolla pinnata* au taux de 5%, 10%, 15% n'entraînait pas de différence significative sur les rendements carcasse des poulets de chair.

2-5-Effet de la supplémentation d'Azolla sur la mortalité

La supplémentation en Azolla dans la ration alimentaire des cailles n'a pas induit d'effets néfastes sur l'état sanitaire des cailles. En effet du début de l'essai (25j d'âge) jusqu'à la fin (34j d'âge) les sujets des différents lots n'ont pas présenté des problèmes de santé. Ceci est en accord avec Basack et al. (2002), qui ont expérimenté *l'Azolla pinnata* sur des poulets de chair à des taux d'incorporation relativement élevés de 5%, 10% et 15% et avaient montré que l'Azolla n'a pas eu d'effet négatif sur l'état sanitaire des poulets.

De même Ouédraogo et al. (2021), qui ont observé que l'incorporation de l'Azolla n'a engendré aucun effet néfaste sur l'état sanitaire des poulets.

Conclusion

La présente étude a démontré que l'utilisation de l'Azolla sèche et fraîche dans l'alimentation des cailles durant la période finition n'a pas détérioré l'état sanitaire et les performances zootechniques des cailles. Les paramètres d'abattages (poids vif, la carcasse chaude, carcasse froid) étaient similaires dans les deux lots expérimentaux comparés au lot témoin, l'indice de consommation était meilleur dans le lot témoin ; ceci s'explique par la consommation la plus élevée dans les groupes ayant consommés l'Azolla, notamment l'Azolla fraîche mais cette moyenne (33,25 g/sujet/j) reste dans la moyenne de consommation journalière d'une caille qui est de 35 g/sujet/j.

Le poids vif final obtenu dans les deux lots expérimentaux est meilleur que celui enregistré par l'ITELV dans son guide d'élevage de la caille en Algérie et qui est de 165g sur la même souche (*Coturnix coturnix japonica*).

Pour mieux approfondir les connaissances sur l'effet de cette plante sur la caille, nous recommandons de :

- ✓ Réaliser d'autres travaux similaires mais avec des taux d'incorporation.
- ✓ L'incorporation de l'Azolla pendant toute la période d'élevage.
- ✓ L'incorporation des taux élevés de l'Azolla fraîche dans l'alimentation de la caille.

Références bibliographiques

- Abbasi H., Seidavi A., Liu W., Asadpour L.2015. Investigation on the effect of different levels of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) pulp on performance, carcass characteristics and physiological and biochemical parameters in broile chicken. Saudi Journal of Biological Sciences. (2015). 22 : 139-146.
- Abbes Z.2012. la chair caille fait son entrée sur la table oranaise In: <https://www.algerie1.com>
- Abdelatty M.I., Mandouh S.A., Mohamed S., Busato O., Badr M., Bionaz A.A., Elolimy M.M.A., Moustafa O.A.A., Farid A.K., Al-Mokaddem.2021. Azolla leaf meal at 5% of the diet improves growth performance, intestinal morphology and p70S6K1 activation, and affects cecal microbiota in broiler chicken. Animal.an international journal of Animal bioscience, vol.15, issue 10, pp.100362.
- Abou-Elezz F.M.K., Sarmiento-Franco L., Santos-Ricalde R., Solorio-Sanchez J. 2012. Digestibilité apparente des régimes de poule Rhode Island Red contenant des repas de feuilles de *Leucaena leucocephala* et de *Moringa oleifera*.Trop.Subtrop.agroécosystème., 15 (2): 199-206.
- Adeyemo G.O., Longe O.G., Lawal H.A.2008. Effets de l'alimentation de farine de criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*) sur les performances et l'hématologie des poulets de chair. Tropentag , Hohenheim.
- Agbede J.O., Aletor V.A.2005. Studies of the chemical composition and protein quality evaluation of differently processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* seed flours. J. Food Compos. Anal., 18: 89-103
- Aimiwu O.C., Lilburn M.S. 2006. Qualité protéique de la farine de sous-produits de volaille fabriquée à partir de volaille entière co-extrudée avec du maïs ou du blé. Poule. Sci., 85 (7), 1193-1199.
- Ait Chitt M., Belmir H., Lazrak A.2007. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture.153 :1-4.
- Alagbé J.O., Enam J.S., Omokore E.A .2018. Effet du remplacement partiel de la farine de soja alimentaire par de la farine d'*Azolla Pinnata* séchée sur les performances et la qualité des oeufs de cailles japonaises (*Cortunix cortunix*). Journal plus vert des sciences agricoles, 8 (6) : 119-127.doi:10.15580/GJAS.2018.6.053118075
- Alalade O.A., Iyayi E.A., Alalade T.O. 2007.La valeur nutritive de la farine d'*Azolla (Azolla pinnata)* dans les régimes alimentaires des poulettes en croissance et son effet ultérieur sur les performances de ponte. Journal des sciences de la volaille, 44:273-277.

- Alalade O.A., Iyayi E.E. 2006. Chemical composition and the feeding value of *Azolla (Azolla pinnata)* meal for egg-type chicks. *International Journal of Poultry Science*, 5 (2): 137-141. doi : <http://dx.doi.org/10.3923/ijps.2006.137.141>
- Álvarez-Fuentes G., García-López J.C., Pinos-Rodríguez J.M., Aguirre-Rivera J.R., Jasso-Pineda Y., Celestino-Santillán S.G. 2012. Effects of feeding the seeds of *Prosopis laevigata*, *Acacia schaffneri* and *Ceratonia siliqua* on the performance of broiler chicks. *South African Journal of Animal Science*. 42: 254-259.
- Anand H., Ganguly A., Haldar P. 2008. Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *Int. J. Poult. Sci.*, 7: 722–725.
- Aruna Tomar Singh K.S. 1999. Femur bone mineralization in chickens fed rice bran based diets. *Indian J. Poult. Sci.*, 34 (3): 332-336
- Ashton P.J., waslmsley R.D. 1976. The aquatic fern *Azolla* and its *Anabaena* Symbiot. *Endeavour* 35 (124):39-43.
- Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J., Strnad M. 2007. Détermination de la composition chimique de la gousse de caroube d'Anatolie (*Ceratonia siliqua L.*) : sucres, acides aminés et organiques, minéraux et composés phénoliques. *Journal. Qualité alimentaire*, 30 (6): 1040-1055.
- Bahadori Z., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M.A., Seidavi A., Olivares J., Rojas S., Salem A.Z.M., Khusro A., López S. 2017. The effect of earthworm (*Eisenia foetida*) meal with vermi-humus on growth performance, hematology, immunity, intestinal microbiota, carcass characteristics, and meat quality of broiler chickens. *Livest. Sci.*, 202: 74-81.
- Bara Y., Arbouche R., Arbouche Y., Montaigne E., Abdelhamid B., Arbouche F. 2019. Effects of Replacing Corn with Cull Dates and Rumen Content Extract on Production Performances and the Characteristics of Broiler Chicken Carcasses. *Ponte*. 75 (8): 137-148.
- Basak B., Ahsan H.P., Muhammad S.R., Sharif U.T., Bimol C.R. 2002. *Azolla (Azolla pinnata)* as a feed ingredient in broiler ration. *International Journal of Poultry Science*, 1(1): 29-34.
- Basak B., Ahsan H.P., Muhammad S.R., Sharif U.T., Bimol C.R. 2002. *Azolla (Azolla pinnata)* as a feed ingredient in broiler ration. *International Journal of Poultry Science*, 1(1): 29-34.

- Basak B., Pramanik M.D.A.H., Rahman M.S., Tarafdar S.U., Roy B.C.2002. *Azolla (Azolla pinnata)* as a feed ingredient in Broiler ration. International Journal of Poultry Science 1 (1), 29-34.
- Bataille I.,Tous J.1997. Caroubier (*Ceratonia siliqua L.*). Promouvoir la conservation et l'utilisation des cultures sous-utilisées et négligées. 17. Institut de génétique végétale et de recherche sur les plantes cultivées, Gatersleben / Institut International des Ressources phytogénétiques, Rome, Italie.
- Becking J.H.1979.Environmental requirements of *Azolla* fr use in tropical rice production, Nitrogen and Rice Research Institue.los Banos, Laguma.philippines, 345-374.
- Beghoul S. 2015. Effets de l'utilisation des céréales et des protéagineux autres que le maïs et le soja dans l'alimentation du poulet de chair. Thèse de Doctorat. Pathologies aviaires et aviculture. Université des frères Mentouri.177p.
- Bensalah A.2016. Effet de l'utilisation des céréales et des protéagineux autres que le maïs et le soja dans l'alimentation du poulet de chair. Thèse de doctorat en science, soutenue le 18 mars 2015.Institut des sciences vétérinaires université Constantine :196p.
- Berrama Z.2007.Caractérisation zootechnique de paramètre de la caille japonaise. Mémoire de magister, ENSV(ex-ENV), El Harrach,146p.
- Blair R.2008. Nutrition and feeding of organic poultry. Cabi Series, CABI, Wallingford,UK
- Bosch C.H. 2004. *Moringa oleifera Lam.* Dans : Grubben, GJH ; Denton, OA (éd.). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas.
- Boudouma D. 2008. Valorisation de son de blé dans l'alimentation de volaille. Thèse de doctorat. Production animale. Institut National Agronomique. Alger. 172p
- Boudouma, D., 2010. Prediction models of the metabolisable energy of wheat brans. Livest. Res. Rural Dev., 22 (2).
- Bourgogne-Franche-Comté. Caille de chaire. Une maîtrise nécessaire de l'élevage à la vente.2019.<https://bourgognefranchecomte.chambres-/>
- Buckles D.1995. Velvet bean: a “new” plant with a history. Econ. Bot., 49, 13-25.
- Burger., Piccoux J., Silim A.1992.Manuel de pathologies aviaire. Chair et pathologies du bétail et ses animaux de Basse-Cour.Bulletin de l'académie vétérinaire de

France.454pp.in https://www.persee.fr/doc/bavf_00014192_1992_num_145_4_11305

- Chae B.J., Lee K.H., Lee S. K.2002. Effects of feeding rancid rice bran on growth performance and chicken meat quality in broiler chicks. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 15 (2): 266-273.
- Chander H., Kumar G. 2017. A Study on the Potential of *Azolla pinnata* as Livestock Feed Supplement for Climate Change Adaptation and Mitigation. *Asian J. Adv. Basic sci* 5(2), 65-68.in: <https://www.ajabs.org/abstract/a-study-on-the-potential-of-azolla-pinnata-as-livestock-feed-supplement-for-climate-change-adaptation-and-mitigation-62768.html>
- Chérif K.E., Tork M.I.D., Hassan I.E.E.2022.Effet de l'azolla alimentaire et de la spiruline sur les performances des cailles. *J. of Animal and Poultry Production, Mansoura Univ.*, Vol 13(4) :51-55.
- D'Mello J.P.F.1992. Nutritional potentialities of fodder trees and fodder shrubs as protein sources in monogastric nutrition. In: Speedy A., Pugliese P.-L. (Eds.), *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock.*-Rome: FAO. P 68-339.
- Dahouda M., Toléba S.S., Senou M., Youssao A.k.l., Hambuchkers A., Hornick JI .2009. Les ressources alimentaires non conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes. *Ann.Méd. Vét.*,153-5-21.
- Dale N., Fancher B., Zumbado M., Villacres A.1993. Contenu énergétique métabolisable de la farine d'abats de volaille. *J. Appl. Poule.Rés.*, 2 : 40-42.
- Das A.K., Dash M.C.1990. Earthworm meal as a protein concentrate for broilers. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 67 (4): 342-344
- De Marco., M. Martínez S., Hernandez F., Madrid J., Gai F., Rotolo L., Belforti M., Bergero D., Katz H., Dabbou S., Kovitvadhi A., Zoccarato I., Gasco L., Schiavone A 2015. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 209, 211-218.
- Defoliart G. R.1989. The human use of insects as food and as animal feed. *Bul. Entomol. Soc. Amer.*, 35: 22-35.
- Devic E., Leschen W., Murray F., Little D.C. 2018. Growth performance feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed

- diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquac. Nutr.* 24, 416–423
- Dhumal, MM. Siddiqui M.F., Siddiqui M.B.A., Avari P.E.2009. Performances des poulets nourris à différents niveaux de farine d'azolla. *Indien J. Poult. Sci.*, 44:65-68.
- Dioson C. C.1984. Performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonicum Linn.*) fed with earthworm meal. *Central Luzon State University Sci. J.*, 5 (2), 6 (1): 89.
- Djallali M. 2003.La coturniculture. Mémoire de master, ENSV(ex-ENV), El Harrach, 80p.
- Djitie Kouatcho F., Kana J.R., Ngoula F., Nana NFC., Tegua A. 2015.Effet du niveau de protéines brutes sur la croissance et la carcasse chez la caille (*Coturnix sp*) en phase de finition dans les Hautes Terres du Cameroun. *Livestock Research for Rural Development* 27 (8): 1-10.DOI 10.1007/s10298-014-0904-4.
- Dommergues Y.R., Diem H.G.1982. *Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity.* Developements in plant and soil science.5.329p.
<https://core.ac.uk/download/pdf/39875156.pdf>
- Doux D.L., Hamilton C.R. 2006. Un aperçu de l'industrie du rendu. Dans : *Rendu essentiel.* Meeker (éd.). Association nationale des rendus
- DSA-TO. 2016. Direction des services agricoles de Tizi-Ouzou.
- Edwards C. A. 1985. Production of feed protein from animal waste by earthworms. *Phil.Transactions Royal Soc. London. Series B, Biol. Sci.*, 310 (1144): 299-307.
- Edwards C. A., Arancon, N. Q., Sherman R. 2011. *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management.* CRC Press, Taylor, Francis Group, Boca Raton, FL, USA.624 pp. <https://www.routledge.com/Vermiculture-Technology-Earthworms-Organic-Wastes-and-Environmental-Management/Edwards-Arancon-Sherman/p/book/9781032237121>
- Emenalom O., Udedibie A.B.I. 2005. Evaluation of different heat processing methods on the nutritive value of *Mucuna pruriens* (Velvet Bean) seed meals for broilers. *Int. J. Poult. Sci.*, 4, 543-548.
- Escalona R.R., Pesti G.M.1987. Note de recherche : Valeur nutritive de la farine de sous-produits de volaille. 3. Incorporation dans des régimes pratiques. *Poule. Sci.*, 66 (6): 1067-1070.
- Evans A. 2021. Quelle devrait être la nourriture pour la caille et comment la faire
<https://burea-uinsurance.com/fr/quelle-devrait-etre-la-nourriture-pour-la-caille-et-comment-la-faire/>.

- Ezeagu I.E., maziya-dixon B., tarawali G.2003.Seed characteristics and nutrient and antinutrient composition of 12 *mucuna* accessions from Nigeria. Trop. Subtrop. Agroecosyst.1, 129-139.
- FAO. 1987. Guide sur les engrais et la nutrition des plantes. Service des engrais et de la nutrition azotée, Rome,190 pages. <https://www.worldcat.org/fr/title/guide-sur-les-engrais-et-la-nutrition-des-plantes/oclc/463639491>
- FAO. 2011.Evolution du secteur avicole en Tunisie. Document de travail FAO Production et santé animales NO.S. Rome,51 pp. <https://www.fao.org/3/i2549f/i2549f.pdf>
- FAO. 2014. Moringa. Culture traditionnelle du mois. <https://www.fao.org/traditional-corps/moringa/fr/>
- Feedipedia .2019.Animal Feed Resources Information System - INRAE CIRAD AFZ and FAO©201/2022Copyright | Disclaimer | Login | in: <https://www.feedipedia.orgde/>
- Finke M. D.2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biology, 21 (3): 269-285.
- Fronza F. M.1935. Notes on locust meal as a poultry feed. Philippine Agric., 24 (5): 425-427.
- Gerkan M., Mills A.D.1993.Welfare of domestic quail. In :Savory C.I and Hunghs B.O, eds. proceeding one the European Symposium on poultry Welfare pp:158-176.
- Gholami H., Shargh M. S., Zarabi, M., Zerehdaran, S.2016. Effect of different levels of earthworm meal (*Eisenia fetida*) on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chickens. Res. Anim. Prod., 7 (13): 70-76.
- Gubbuk H., Kafkas E., Guven D., Gunes E.2010. Profil physique et phytochimique des génotypes de caroube sauvage et domestiqué (*Ceratonia siliqua L.*). Espagnol J. Agric. Rés., 8 (4): 1129-1136.
- Guillaume J., Bouillon D.1970.Etude de besoin azoté de la caille domestique (*coutrnix coutrnix japonica*). Etude de besoin azoté de la caille en croissance. INRA/EDP Science,1970,19(1) pp.5 11.
- Gunya B., Muchenje V., Masika P. J. 2019. The potential of *Eisenia foetida* as a protein source on the growth performance, digestive organs size, bone strength and carcass characteristics of broilers. J. Appl. Poult. Res., 28 (2): 374-382.
- Haldar P. 2012. Evaluation of nutritional value of shorthorn grasshoppers (acridids) and their farm-based mass production as a possible alternative protein source for human and livestock. Expert Consultation Meeting on Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in assuring Food Security, 23–26 January, Rome, FAO.

- Hasan M.R., Chakrabarti R. 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in Small-Scale aquaculture: A review. FAO Fisheries and aquaculture technical paper, 531. FAO, Rome, Italy.
- Hêdji C.C., Diane N.S., Kpoguè G., Marcel RH., Emile DF. 2014. Valorisation de *Azolla* spp, *Moringa oleifera*, son de riz, et de coproduits de volaille et de poisson en alimentation animale: synthèse bibliographique. Journal of Applied Biosciences, 81: 7277–7289. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v81i1.4>
- Hedji C.C., Marcel H., Frédéric H., Emile Fq. 2015. Assainissement de l'environnement par la valorisation des ressources non conventionnelles en alimentation de porcs en croissance. In. j. Biol. Chen, sci., 9(4) -1929-1936.
- Henry A.C.E., Reetha T.L., Paramasivam A., Mehala C. 2017. Effet de la supplémentation en azolla sur la production performances des éleveurs de dinde nandanam–ii. Indien Connaître J., 94 : 28-30.
- Hertrampf J.W., Piedad-Pascual F. 2000. Manuel sur les ingrédients des aliments aquacoles. Kluwer Academic Publishers, 624 p.
- Heuzé V., Tran G., Baumont R., Noblet J., Renaudeau D., Lessire M., Lebas F. 2015. Son de blé. Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO <https://www.feedipedia.org/node/726>
- Heuzé V., Tran G., Delagarde R., Lessire M., Lebas F. 2021. Féverole (*Vicia faba*). Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO <https://www.feedipedia.org/node/4926>.
- Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Bastianelli D., Lebas F. 2019. Moringa (*Moringa oleifera*). Feedipedia, un programme INRAE, CIRAD, AFZ et FAO <https://www.feedipedia.org/node/124>
- Hills L.V., Gopal. 1967. *Azolla pinnata* and its phylogenetic significance. *cam.jour.Bot.* 45:1179-1191.
- Hosseinzadeh M.H., Ebrahimnezhad Y., Janmohammadi H., Ahmadzadeh A.R., Sarikhan M. 2010. Farine de sous-produits de volaille : influence sur les performances et les caractéristiques de qualité des œufs des pondeuses. *Int. J. Agric. Biol.*, 12 (4): 547-550. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Hussain J., Satyanarayana Reddy P.V.V., Reddy V.R. 1991. Utilisation of *Leucaena* leaf meal by broilers. *British Poultry Science*, 32: 131-137.

- Istiqomah L., Sakti A.A., Suryani A. E.; Karimy M. F., Anggraeni A. S., Herdian H. 2017. Effect of feed supplement containing earthworm meal (*Lumbricus rubellus*) on production performance of quail (*Coturnix coturnix japonica*). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 101:012032.
- ITAVI (Institut Technique de l'Aviculture) 7 Rue Faubourg Poissonnière - 75 009 PARIS.
www.itavi.asso.fr
- ITELV. 2003. Guide de l'élevage de la caille, 19p.
- Iyayi E. A., Taiwo V. O. 2003. The effect of incorporating *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) seed meal on the performance of laying hens and broilers. Trop. Subtrop. Agroecosyst., 1 (2-3): 239-246.
- Janković L., Radenković-Damnjanović B., Vučinić M., Šefer D., Teodorović R., Đorđević, M., Radisavljević K. 2015. Effects of fish meal replacement by red earthworm (*Lumbricus rubellus*) meal on broilers' performance and health. Acta Veterinaria Beograd, 65 (2): 271-286.
- Kaderi M., Ben Hamouda G., Zaeir H., Hanana M., Hamrouni L. 2014. Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur (*Ceratonia siliqua L.*). Phytothérapie.
<file:///C:/Users/Invit%C3%A9/Downloads/caroubierPhytotrapie.pdf>
- Kawahara T. 1972. Genetic changes occurring in wild quails due to "natural selection". Under domestication. Annu. Rep. Natl. Inst. Genet. No:22, 1971, Misima, Japan, pp.111-112.
- Kelemu S., Niassy S., Torto B., Fiaboe K., Affognon H., Tonnang H., Maniana N.K., Ekesi S. 2015. African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. J. Insects Food Feed 1, 103–119.
- Kerharo A. 1987. L'élevage de la caille de chair en France. Institut Technique de l'Aviculture Paris. 77pp.
- Kersey J.H., Parsons C.M., Dale., Nouveau-Mexique., Marr J.E., Waldroup P.W. 1997. Composition nutritionnelle de la farine de poule de réforme produite par l'équarrissage. J. Appl. Poule. Rés6:319-324.
- Khalil Höhler D., Henkel H. 1997. Utilization of rice bran and peanut meal in broilers. 1. Characterization of the feed efficiency of a rice bran/peanut meal diet. Arch. Geflügelk., 61: 88- 94.
- Khan S. H., 2018. Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. J. Appl. Anim. Res., 46 (1): 1144-1157.

- Kiff I., pound B., holdsworth R.2013. Cover crops: a review and database for field users. *Natural La science*. 48(2):154-158.
- Kirkpinar F., Acikgoz Z., Bozkurt M., Ayhan V. 2004. Effets de l'inclusion de farine de sous-produits de volaille et d'une supplémentation enzymatique-prébiotique dans les régimes alimentaires des producteurs sur les performances et la digestibilité des aliments des poulets de chair. *Br. Poule. Sci.*, 45 (2): 273-279.
- Lebas F. 2010. Influence de l'alimentation sur les performances des lapins. Séminaire Tunis. 1-6pp.<http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2010-2020/2010-Lebas-Tunisie-Influence%20de%20l%27alimentation%20sur%20les%20performances.pdf>
- Limcangco-Lopez P.D.1989. The use of shrubs and tree fodders by nonruminants (61-75). In: *Shrubs and tree fodders or farm animals. Proceedings of a workshop in denpasar, Indonesia, 24-29 July.*
- Liu C., Lian Z.2003. Influence of *Acrida cinerea* replacing Peru fish meal on growth performance of broiler chickens. *J. Econ. Animal*, 7 (1): 48-51.
- Loh, T. C., Fong L. Y., Foo H. L., Thanh, N. T., Sheikh-Omar A. R..2009. Utilisation of earthworm meal in partial replacement of soybean and fish meals in diets of broilers. *J. Appl. Anim. Res.*, 36 (1): 29-32.
- Lucotte G.1975. Zoologie et ethnozoologie. PP :8-9. In la production de la caille. Edition Vigot frères.
- Lumpkin T.A., Pluchnett D.L.1982. Azolla as a Green Manure: Use Management in corps production. *Westview Tropical Agriculture 5*. Boulder, Colorado : Westview Press, 230p.
- Lumpkin T.A., Plucknett D.L.1985.Azolla, un engrais vert aquatique à faible coût pour les cultures agricoles. Dans : *Office of technology assessment, technologies biologiques innovantes pour les pays les moins développés : Compte rendu de l'atelier*,107-124.
- Lumpkin T.A., Plucknett D.L.1980.Azolla: Botany, physiology, and use a green manure. *Economic Botany*, 34(2):111-153.
- Makkar H.P.,Tran G., Heuzé V., Ankers P.2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197, 1–33.

- Makkar H.P.S., François G., Becker K. 2007. Bioactivité des composés phytochimiques dans certaines plantes moins connues et leurs effets et applications potentielles dans les systèmes de production animale et aquacole. *Animaux*, 1 (9): 1371-1391.
- Mangesh K., Rajesh K.D., Dinesh J., Rajesh N., Tribhuwan S., Umesh K.P., Subhash K., Siyag S.S. 2018. Effect of Inclusion of Sun Dried Azolla (*Azolla pinnata*) at Different Levels on the Growth and Performance of Broiler Chicks. *Journal of Animal Research*, 8(4): 629-632. DOI: <http://dx.doi.org/10.30954/2277-940X.08.2018.13>
- Mangesh K., Rajesh K.D., Dinesh J., Rajesh N., Tribhuwan S., Umesh K.P., Subhash K., Siyag S.S. 2018. Effect of Inclusion of Sun Dried Azolla (*Azolla pinnata*) at Different Levels on the Growth and Performance of Broiler Chicks. *Journal of Animal Research*, 8(4): 629-632. DOI: <http://dx.doi.org/10.30954/2277-940X.08.2018.13>
- Mekada H., Hayashi N., Yokota H., Okumura J. 1979. Performance of growing and laying chickens fed diets containing earthworms (*Eisenia foetida*). *Japan. Poult. Sci.*, 16: 293-297.
- Menassé V. 2004. Les cailles guide de l'élevage rentable. 119p. Eddition de Vecchi S.A, Paris imprimé en Italie. 119p.
- Mendonça C.X., Jensen L.S. 1989. Effet de la formulation de régimes avec différentes données énergétiques attribuées pour la farine de sous-produits de volaille sur la performance et la teneur en graisse abdominale des poulets de finition. *Poule. Sci.*, 68 (12):1672-1677.
- Meradi S., Arbouche F., Chekkal F., Benguigua Z., Mansori F., Arbouche R. 2016. Effets de l'incorporation de déchets de dattes locaux dans la ration sur la croissance de poulets de chair. *Livestock Research for Rural Development*. 28 (5) :9p.
- Milad I.S., Rymer C., Radley R.W. 2010. Effets du traitement à l'ammoniac et de la supplémentation en protéines non dégradables sur la digestion des nutriments des moutons nourris avec des régimes à base de paille de blé. *Archiva Zootechnica*, 13 (1): 39-46.
- Mondry R. 2016. L'élevage de la caille en zone tropicale. In <https://www.org>. Consulté le 12-06 2022.
- Morón-Fuenmayor O. E, Diaz D., Pietrosevoli S., Barrera R., Gallardo N., Pena J., Leal, M. 2008. Effect of earthworm (*Eisenia spp*) meal inclusion on dressing and physical-chemical characteristics of quail meat (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev. Fac. Agron. Zulia*, 25 (4): 674-684.

- Moyo B., Masika P.J., Hugo A., Muchenje V.2011. Caractérisation nutritionnelle des feuilles de Moringa (*Moringa oleifera* Lam.). African J. Biotech., 10 (60): 12925-12933.
- Mujahid A., Asif M., ulHaq I., Abdullah M., Gilani A. H.2003. Nutrient digestibility of broiler feeds containing different levels of variously processed rice bran stored for different periods. Poult. Sci., 82 (9): 1438-1443.
- Mushambanyi T.M.B., Balezin N. 2002. Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. Tropicultura 20, 10–16.
- Nada S., Malik B.K., Panda P.K., Nayak I., Samal S.K., Das M.2015. Effet of season on mortality of japonese age groupe international Ressarch Journal of biological sciences, 4 (7):29-33.
- Naghshi H., Khojasteh S., Jafari M.2014.Investigation the effect of different levels of Azolla (*Azolla pinnata*) on performance and carcasse characteristics of cobb broiler chicks.International Journal of Farming and Allied Sciences .Vol.,3(1):45-49.
- Nalunga, A., 2019. Earthworms (*Eudrilus Eugeniae*) as a potential source of proteins poultry feeds. Thesis, Makerere University, Kampala, Uganda.<http://www.dissertations.mak.ac.ug/handle/20.500.12281/6500>
- Ojewola G.S., Eburuaja A.S., Okoye F.C., Lawal A.S., Akinmutimi A.H. 2003. Effet de l'inclusion de farine de sauterelle sur la performance, l'utilisation des nutriments et l'organe du poulet à griller. J. Soutenir. Agric. Environ., 5 (1): 19-25.
- Okandza Y., Mopoundza P., Dimi Ngatse S., Halbouche M., Akouango P.2017. Influence De La Substitution Graduelle De Tourteau De Soja Par La Féverole Sur La Croissance Et La Conformation De La Carcasse Chez Les Poulets De Chair. Journal Of Applied Biosciences. 110.10714-10720 P
- Olaofe O., Adeyeye., Ojugba S.2013. Etude comparative des acides aminés proches et des acides gras de *Moringa oleifer* a tree. Élixir Appl. Chim. 54 : 12543-12554.
- Olugbemi T.S., Mutayoba S.K., Lekule F.P.2010. Effect of Moringa (*Moringa oleifera*) Inclusion in Cassava Based Diets Fed to Broiler Chickens. International Journal of Poultry Science, 9 (4): 363-367.
- ONG Ramilamina., Reynad P.A., Franche C.1995.Utilisation de l'Azolla comme source de protéines pour l'alimentation Animale à Madagascar, Antsirabe,18 p.
- Oriol A. 1987. L'élevage de la caille du faisou et de perdreau.la maison rustique.

- Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R., Anthony S. 2009. Base de données Agroforestry : une référence d'arbres et un guide de sélection version 4.0. Centre mondial d'agroforesterie, Kenya.
- Ouedraogo B., Balé B., Zoundi S.J., Sawadogo L. 2015. Caractéristiques de l'aviculture villageoise et influence des techniques d'amélioration sur ses performances zootechniques dans la province du Sourou, région Nord-Ouest Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9(3) :1528-1543.
- Ouedraogo B., Nikiema Z.S., Zoundi J.S., Sawadogo L. 2021. Effet de l'incorporation de la biomasse d'azolla (*azolla pinnata*) dans les rations des poulets en aviculture traditionnelle améliorée. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 15(1): 212-223. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Paraselli A. 2013. Effet de l'inclusion alimentaire de produits séchés au soleil *Azolla (Azolla pinnata)* avec ou sans supplémentation enzymatique sur les performances de production de la caille japonaise. Msc. Thèse, Ntr College of Veterinary Science, Gannavaram Sri Venkateswara Veterinary University.
- Parvez M.R., Islam R., Aziz F.B., Hasan M.M., Parvez M.M. 2018. Effets de l'Azolla sur la croissance, la carcasse et les caractéristiques hématologiques de la caille japonaise. *Journal international des sciences et des affaires*, 2(3), 318-332. Doi : <https://doi.org/10.5281/zenodo.1304303>
- Peters G.A., Calvert H.E., Kaplan D., Ito D., Toiajr R.E. 1982. The Azolla –Anabaena symbiosis: morphology, physiology and use. *Israel. Botany* 31:305-323.
- Pomalégni S.C.B., Gbemavo D.S.J.C., Kpadé C.P., Kenis M., Mensah G.A. 2017. Traditional use of fly larvae by small poultry farmers in Benin. *J. Insects Food Feed* 3, 187–192.
- Prabakaran R. 2003. Good practices in planning and management of integrated commercial poultry production in South Asia. *FAO Animal Production and Health paper* 159-71p.
- Prayogi H. S. 2011. The effect of earthworm meal supplementation in the diet on quail's growth performance in attempt to replace the usage of fishmeal. *Int. J. Poult. Sci.*, 10 (10): 804-806.

- Price M.L. 2007. L'arbre Marango. Nota Tecnica, ECHO, 17391 Durrance road North fort Myers, FL 33917, États-Unis.
- Pugalenthi M., vadivel V., siddhuraju P.2005. Alternative food/feed perspectives of an underutilized legume *Mucuna pruriens* var. Utilis: review. Plant Foods Hum. Nutr. 60, 201-218.
- Radovich T. 2013. Profil de la production agricole et forestière et de la commercialisation du Moringa. Dans : Elevitch, CR (Ed.) Cultures spécialisées pour l'agroforesterie des îles du Pacifique. Ressources agricoles permanentes (PAR), Holualoa, Hawaii.
- Rahagarison. 2005.Etude bibliographique de l'Azolla ou "ramilamina" plante fertilisatrice d'Azote (N₂). TALOHA, numéro14-15 Page.
- Raja W., Rathour p., John SA., Ramteke PW.2012. Azolla-Anabeana association and its significance in supportable agriculture. Hacettepe J. Biol. Chem., 40 (1):1-6.
- Rajesh S.2020.Production of Azolla as livestock feed supplement in India.Pashudhan praharee. Indian Dairy et Poultry industry.43p.
- Ramos-Elorduy J. 1997. Insects: A sustainable source of food? Ecol. Food Nutr., 36 (2-4): 247-276.
- Randriamiadanarivo Tafia. 2018. Performance de croissance suivant l'apport protéique de la ration chez courtrix japonica. Mémoire d'ingénieur en agronomie. Université d'Antananarivo.
- Rathod G.R., Tyagi P.K., Mandal A.B., Shinde A.S.1996. Valeur nutritive de la farine d'Azolla (*Azolla pinnata*) chez la caille japonaise en Croissance. 996.Journal indien de la volaille.Resources Institute: Chatham,180 p
- Rathod G.R., Tyagi P.K., Tyagi P.K., Mandal A.B., Shinde A.S. 2013.Valeur nutritive de la farine d'Azolla (*Azolla pinnata*) chez la caille japonaise en Croissance. Journal indien de la volaille La science, 48(2) :154-158.
- Reyes Sanchez N.2004. Marango : Culture et utilisation dans l'alimentation animale. Guia tecnica n°5, Universidad Nacional Agraria, Por un desarrollo agrario integral y sostenible, 24 p.
- Reynuad P.A., Franche c.1986. *Azolla Pinnata* var. *Pinnata*, Dakar. ORSTOM ,15p.
- Rezaeipour V., Nejad O. A., Miri H. Y. 2014. Growth performance, blood metabolites and jejenum morphology of broiler chickens fed diets containing earthworm (*Eisenia*

- foetida*) meal as a source of protein. Int. J. Adv. Biol. Biomedic. Res., 2 (8): 2483-2494.
- Said 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.
- Sarabnett K., Mandalm A.B. 2015. The performance of japonica quail (White Brested line) to dietary energy and amino acid levels on growth and immune-competence. Nutrition and food science 5(4):1.
- Sbay H. 2008. Le caroubier au Maroc. un arbre d'avenir. 47 page. https://www.academia.edu/30468520/Le_caroubier_un_arbre_davenir
- Senkoylu N., Samli H.E., Akyurek H., Agma A., Yasar S. 2005. Performances et caractéristiques des œufs de poules pondeuses nourries avec des régimes contenant des sous-produits de volaille et des farines de plumes. J. Appl. Poule. Rés., 14 (3): 542-547
- Shamna T.P., Peethambaran P., Jalaludeen A., Joseph L., Aslam MKM. 2013. Caractéristiques des poulets de Cailles japonaises (*coturnix coturnix japonica*) à différents niveaux de substitution alimentaire avec *Azolla pinnata*. Anim. Sci. Rep. 7:75-80.
- Shamna T.P., Peethambaran P.A., Jalaludeen A., Leo j., Muhammad AMK. 2013. Broiler characteristics of japonica of different levels of diet substitution Reporter, Volume 7, Issue 2, April 2013.
- Shaukat A., Adil S., Banday M.T., Manzoor A., Khan. 2015. Potentiel alimentaire de la fougère aquatique-azolla chez le poulet de chair ration de poulet. J. Poult. Sci. Technol., 3 : 15-19.
- Shin Y.K., Kim K. E., Shin S.C., You S.J., Kim S. K., An B. K., Kang, C. W. 2004. Nutritional values of rice bran and effects of its dietary supplementations on the performances of broiler chickens. Korean J. Poult. Sci., 31 (3): 145-150.
- Silanikove N., Landau S., Ou D., Kababya D., Bruckental I., Nitsan, Z. 2006. Approche analytique et effets des tanins condensés dans les gousses de caroube (*Ceratonia siliqua*) sur la prise alimentaire, les réponses digestives et métaboliques des chevreaux. Vivre. Sci., 99 (1): 29-38.

- Silvestre P.V.1984. Effect of earthworm meal on the hatchability of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonicum*). Central Luzon State University Scientific Journal, 5 (2), 6 (1):97.
- Son J. H. 2009. The study on treatment of poultry waste by earthworms, and the effect of feeding earthworms meal on the performance of broilers and laying hens, and safety of meat and egg. Korean J. Organic Agric., 17 (1): 63-82.
- Subudhi B.P.R., Singh P.K.1978.Valeur nutritive de la fougère aquatique *Azolla Pinnata* pour les poussins. Poule.Sci.,57(2) :378-380.
- Sugimura K., Hori E., Kurihara Y., Itoh S., 1984. Nutritional value of earthworms and grasshoppers as poultry feed. Japan. Poult. Sci., 21 (1): 1-
<https://doi.org/10.2141/jpsa.21.1>
- Sujatha T., Kundu A., Jeyakumar S., Kundu M.S. 2013. Supplémentation en azolla : avantage sur le coût de l'alimentation chez le canardration dans les îles andamans. *Tamil Nadu J. Vet Anim. Sci.*, 9 : 130-136.
- Sujatha T., Kundu A., Jeyakumar S., Kundu M.S.2013. Supplémentation en azolla : avantage sur le coût de l'alimentation chez le canardration dans les îles andamans. *Tamil Nadu J. Vet Anim. Sci.* 9 :130-136.
- Taboga L.1980. The nutritional value of earthworms for chickens. Br. Poult. Sci., 21 (5): 405-410.
- Tchibozo S., Huis A., Van., Paoletti M.G. 2005. Notes on edible insects of South Benin: A source of protein. In Ecological Implications of Minilivestock. Role of Rodents, Frogs, Snails and Insects for Sustainable Development: 246–250. Enfield: Science Publishers.
- Tedesco D.E.A., Conti C., Lovarelli D., Biazzi E., Bacenetti, J. 2019. Bioconversion des déchets de fruits et légumes en vers de terre comme nouvelle source de protéines : l'impact environnemental de la production de farine de vers de terre. *Sci. Total Env.*, 683 : 690-698
- Tendonkeng F., Boukila B., Beguidé A., Pamo T.E. 2008. Essai de substitution du tourteau de soja par la farine de feuilles de *Moringa oleifera* dans la ration finition des poulets de chair (16). In Conference Internationale sur le renforcement de la compétitivité en Aviculture Semi- industrielle en Afrique (CIASA) ; 5-9 Mai 2008, Dakar (Sénégal).

- Tiroesele B., Moreki J. C. 2012. Termites and earthworms as potential alternative sources of protein for poultry. *Int. J. Agro Vet. Medic. Sci.*, 6 (5): 368-376
- Tsega W., Tamir B. 2009. The effect of increasing levels of dried leaves of sweet potato (*Ipomoea batatas*) on dry matter intake and body weight gain performance of broiler finisher chickens. *Livestock Research for Rural Development*. Vol.21 No.12 pp.208. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093359263>
- Tuleun C.D., Dashe N.A. 2010. Effect of dietary levels of toasted mucuna seed meal (TMSM) on the performance and egg quality parameters of laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Int. J. Poult. Sci.*, 9 (12): 1092-1096.
- Tuleun C.D., Igba F.2008. Growth and carcass characteristics of broiler chickens fed water soaked and cooked velvet bean (*Mucuna utilis*) meal. *Afr. J. Biotechnol*, **7**, 2676-2681.
- Tuleun, C.D., Carew S.N., Ajiji I.2008. Feeding value of velvet beans (*Mucuna utilis*) for laying hens. *Livest. Res. Rural Dev, aviaire*.
- Ukashatu S., Bello A., Umaru MA., Onu J E., Shehu S A., Mahmuda A., 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.
- Vadivel V., Pugalenti M. 2009. Effect of soaking in sodium bicarbonate solution followed by autoclaving on the nutritional and antinutritional properties of velvet bean seeds. *J. Food Process. Preserv*, 33, 60-73.
- Vali S. K. M., Singh K. S.1989. Effect of steaming and autoclaving of stored rice bran on its nutritive value in the chicken diets at various protein levels. *Indian J. Nutr. Diet.*, 26 (5): 134-140.
- Van Hove C., Diara H.F., Godard P.1983. *Azolla en Afrique de l'ouest*, St Etienne: Projet ADARO.
- Van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. 2013. Edible insects - Future prospects for food and feed security. *FAO Forestry Paper* 171
- Van Huis A.2003. Insects as food in sub-Saharan Africa. *Int. J. Trop. Insect Sci.* 23, 163–185.

- Vane Hove C.1989. Azolla : Ses emplois Multiples, son intérêt en Afrique, Rome ; FAO (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture),53p
- Varadharajan A., Gnanasekar R., Kothandaraman S.2019. Études sur la valeur alimentaire de l'azolla chez les cailles en relation avec ses caractéristiques de carcasse. Le journal de l'innovation pharmaceutique, 8(4) : 1143-1145.
- Vieira A. R., Rabello C. B. V., Ludke M. do C. M. M., Dutra Junior W. M., Torres D. M., Lopes J. B.2007. Effect of different inclusion levels of rice bran in diets supplemented with phytase for broiler chickens. Acta Scientiarum, 29 (3): 267-275.
- Vilà B., de Queiroz D., Badiola I., Pérez-Vendrell A., Brufau J.2012. Effects of carob bean gum on performance, nutrient digestibility and *Salmonella enterica* var. *Enteritidis* colonisation in chickens. Food Research International.45:1133-1138.
- Vilarino M., Picard M., Melcion J. P., Faure J. M.1996. Behavioural adaptation of laying hens to dilution of diets under mash and pellet form. Br. Poult. Sci., 37: 895-907.
- Vissoh P., Manyong Y.M., Carsky J.R., Osei-bonsu P., Galiba M.1998. Experiences with MucuAfrica. In: Buckles D., Eteka A., Osiname o., Galiba M., Galiano G., (Eds.), Cover crops in West Africa: contributing to sustainable agriculture. International Development Research Centre (IDRC): Ottawa.
- Vodounnou D. S. J. V., Kpogue D. N. S., Djissou A. M. S., Mensah G. A., Fiogbe E. D. 2016. Effect of 5 animal manures (pig, poultry, rabbit, cattle, and sheep) on nutritional quality of earthworm meal (*Eisenia fetida*) in vermicompost. Int. J. Adv. Res., 4 (11): 1117-1122.
- Waldroupe PW.1961.Influence of feeding various levels of velvet brans to chicks and laying hens. Journal nutritional; 75(1):127-31.
- Xiaoming C., Ying F., Hong Z., ZhiYong, C. 2010. Review of the nutritive value of edible insects. For. Insects Food Hum. Bite Back Proc. Workshop Asia-Pac. Resour. Their Potential Dev. Chiang Mai Thail. 19-21 Febr. 2008 85–92.

Annexes

Résumé :

Cet essai a été mené dans l'institut moyen agricole spécialisé (ITMAS) pour étudier l'effet de la supplémentation de l'*Azolla pinnata* (fraîche et sèche) sur les performances de croissance et d'abattage de la caille japonaise (*coturnix coturnix japonica*). Un total de 885 cailles âgées de 25 jours a été réparti au hasard en trois lots T, AF, AS. Le lot T a été considéré comme témoin, nourri uniquement avec une ration commerciale, les groupes AF, AS ont reçu une ration commerciale supplémentée avec l'*Azolla* fraîche et sèche à volonté pendant une période de 9 jours (finition). Le poids vif, la consommation alimentaire et la mortalité ont été enregistrées et l'indice de consommation a été calculé pendant toute la période de l'essai. À la fin de cette période soit à 34 jours d'âge 20 cailles de chaque lot ont été identifiées et abattues pour étudier l'effet de la supplémentation d'*Azolla* sur les paramètres d'abattage (foie, gésier, cœur, Intestin, tête et pattes) aucune différence significative n'a été observée entre les poids vif des cailles des trois lots, de même pour les paramètres d'abattage. La consommation alimentaire était plus élevée dans les deux lots supplémentés en *Azolla* notamment en *Azolla* fraîche par rapport au lot témoin. Ceci explique l'indice de consommation significativement meilleure dans le lot témoin. L'essai a révélé que la supplémentation en *Azolla* fraîche et sèche à volonté dans la période finition n'a pas détérioré l'état sanitaire des cailles.

Mot clé : caille, aliment, *Azolla pinnata*, performances de croissance, paramètres d'abattage.

Abstract:

This trial was conducted in the specialized medium agricultural institute (ITMAS) to study the effect of *Azolla pinnata* (fresh and dry) supplementation on the growth and slaughter performance of Japanese quail (*coturnix coturnix japonica*). A total of 885 25-day-old quails were randomly divided into three batches T, AF, AS. Batch T was considered as a control, fed only with a commercial ration, groups AF, AS received a commercial ration supplemented with fresh and dry *Azolla* ad libitum for a period of 9 days (finishing). Live weight, feed consumption and mortality were recorded and feed conversion was calculated throughout the trial period. At the end of this period, i.e. at 34 days of age, 20 quails from each batch were identified and slaughtered to study the effect of *Azolla* supplementation on the slaughter parameters (liver, gizzard, heart, Intestine, head, legs) no significant difference was observed between the live weights of the quails of the three batches, nor for the slaughter parameters. Food consumption was higher in the two batches supplemented with *Azolla*, particularly fresh *Azolla*, compared to the control batch. This explains the significantly better consumption index in the control batch. The trial revealed that supplementation with fresh and dry *Azolla* ad libitum during the finishing period did not deteriorate the health status of the quails.

Key word: quail, feed, *Azolla pinnata*, growth performance, slaughter parameter