

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Faculté des sciences

Département des sciences agronomiques

N° :



Domaine : SNV

Filière : Sciences Agronomiques

Option : PNA

**Mémoire présenté pour l'obtention
de diplôme de master académique**

Intitulé

**Impacte de l'incorporation des ressources locales dans
l'alimentation de poulet de chair sur la qualité de la
viande**

Présenté par :

BOUGOUTAIA Khadidja Nadjat

BEN DJOUDI Nour El Houda

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. Haffaf S.	Université de M'Sila	MCA	Président
Dr. Zemmouri L.	Université de M'Sila	MCB	Examinatrice
Dr. Mahmoudi S.	Université de M'Sila	MCA	Promotrice
Dr. Mahmoudi N.	Université de Blida	MCB	Copromotrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour faire ce travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice Mme. MAHMOUDI S. MCA au département des Sciences Agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila et notre Copromotrice Mme. MAHMOUDI N. MCB au département de Biotechnologie, Université Saâd Dahlab de Blida qui ont accepté de nous encadrer et qui nous ont toujours guidées dans la réalisation de ce mémoire, pour leur présence, leur patience, ses précieux conseils et leur grande disponibilité pour l'aboutissement de ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement les membres du jury : Mme. HAFFAF S. MCA au département des Sciences Agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila et Mme. Zemmouri L. MCB au département des Sciences Agronomiques, Université Med. Boudiaf de M'sila de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, de nous consacrer du temps et de porter leur jugement expert sur ce modeste travail.

Nous remercions également tous les membres des laboratoires de département des sciences agronomiques pour leur aide et soutien durant la réalisation de ce travail.

Nous remercions chaleureusement nos familles et nos amis (es) pour leurs soutiens et tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À Ma très chère mère Rbiha : La femme qui a tellement sacrifié pour moi, et qui mérite toute ma reconnaissance que Dieu la protège. Ta prière et ta bénédiction m'a été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

À Mon cher Père Aissa : Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. J'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

À Mes Sœurs Messaouda, Djamila, Fadila, Amina, À Mes Frères Ali et Said et À mon beau-frère Tahar et son fils Haithem : Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le tout-puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

À la Mémoire de mon Grand-Père Daradji et ma Grand-Mère Massaouda : Qu'Allah les accueille dans son vaste paradis.

À ma tante Ftayma et son fils : Pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral, je vous souhaite une vie pleine de réussite, de santé et de bonheur.

À tous mes ami(e)s, particulièrement Zineb et son mari : Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi un frère et une sœur sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

À tous mes camarades de la promotion 2020/2021

À Ma Binôme Khadidja et sa famille

Et à toutes les personnes qui aiment Nour el houda.

A tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.

A Tous Mes enseignants tout au long de mes études.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

.....**NOUR EL HOUDA**

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À Ma très chère mère : La femme qui a tellement sacrifié pour moi, et qui mérite toute ma reconnaissance que Dieu la protège. Ta prière et ta bénédiction m'a été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

À Mon cher Père : Ce mémoire est dédié à mon père décédé. Puisse-t-il, du monde qu'il est maintenant, apprécier cet humble geste en signe de gratitude de la fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Dieu tout-puissant ait pitié !

À Mes Sœurs, À Mes Frères : Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle.

Que Dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

Merci à mon mari, Saleh, car il a été le soutien et l'homme qui m'a soutenu à chaque fois que j'ai faibli et m'a accompagné dans tout mon parcours. Merci, vous étiez ma motivation pour aller de l'avant

À tous mes ami(e)s : Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères et des sœurs sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

À tous mes camarades de la promotion 2020/2021

À Ma Binôme Nour el houda et sa famille

Et à toutes les personnes qui aiment Khadidja.

A tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.

A Tous Mes enseignants tout au long de mes études

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

.....Khadidja Nadjate

ملخص

يعتبر لحم الدجاج من أكثر الأطعمة إنتاجًا واستهلاكًا في العالم بفضل خصائصه الغذائية والغذائية وسعره المعقول. في هذا العمل، نحن مهتمون بدراسة تأثير دمج دقيق الخروب في علف دجاج التسمين على الجودة الغذائية للحوم. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن القيمة الغذائية للدجاج تختلف باختلاف القطعة، فمحتويات الدهون والكالسيوم أعلى في الفخذ منها في الفيليه، بينما تحتوي الأخيرة على المزيد من الفوسفور والمغنيسيوم. الجودة الغذائية لحوم الدجاج التي يتم تغذيتها على طعام يحتوي على دقيق الخروب تضاهي جودة لحم الدجاج.

الكلمات المفتاحية: لحم الدجاج، دقيق الخروب، الجودة الغذائية.

Abstract

Chicken meat is one of the most produced and consumed foods worldwide thanks to its nutritional and dietetic qualities and its accessible price. In this work, we are interested to study of the impact of the incorporation of carob powder in chicken feed on the nutritional value of meat. The obtained results indicated that the nutritional value of chicken meat changes according to the chicken piece. Fat and calcium contents are higher in thigh than in breast muscle, whereas the last one contains more phosphorus and magnesium. The nutritional quality of chicken meat feed with feed, which contains carob powder, is comparable to the control one.

Keywords : chicken meat, carob powder, nutritional quality.

Résumé

La viande de poulet est l'un des aliments les plus produits et consommés dans le monde grâce à ses qualités nutritionnelle et diététique et son prix accessible. Dans ce travail, nous nous intéressons à l'étude de l'impact de l'incorporation de la farine de caroube dans l'alimentation de poulet de chair sur la qualité nutritionnelle de la viande. Les résultats obtenus montrent que la valeur alimentaire du poulet diffère en fonction du morceau dont les teneurs en matière grasse et en calcium sont supérieures dans la cuisse que dans le filet alors que ce dernier comporte plus du phosphore et de magnésium. La qualité nutritionnelle de la viande de poulet nourri avec un aliment qui contient la farine de caroube est comparable à celle de la viande de poulet témoin.

Mots clés : viande de poulet, farine de caroube, qualité nutritionnelle.

Liste des Figures

Figure 1 : Structure simplifiée de la filière avicole en Algérie (KACI et CHERIET, 2013).....	7
Figure 2 : Production de viande de volaille dans l'Union européenne (AUGERE-GRANIER, 2019).....	10
Figure 3 : Evolution des prix de la viande de poulet dans le monde (OCDE/FAO, 2020)..	11
Figure 4 : Teneur en protéines dans la cuisse et la poitrine du poulet (%).....	55
Figure 5 : Teneur en sodium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g).....	57
Figure 6 : Teneur en potassium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g).....	58
Figure 7 : Teneur en calcium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g).....	59
Figure 8 : Teneur en magnésium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g).....	60
Figure 9 : Teneur en phosphore dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g).....	61

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Nombre d'animaux producteur/Abattus et production de la viande de volailles dans le monde et dans quelques pays pour l'année 2019 (FAO stat, 2021).....	8
Tableau 2 : Nombre d'animaux producteur/Abattus et production de la viande de volailles dans quelques régions de monde pour l'année 2019 (FAO stat, 2021).....	9
Tableau 3 : Valeur alimentaire de quelques matières premières utilisées comme source d'énergie dans l'alimentation de volaille (INRA CIRAD, 2020).....	18
Tableau 4 : Valeur nutritive du tourteau de colza.....	22
Tableau 5 : Valeur alimentaire de quelques matières premières utilisées comme source de protéines dans l'alimentation de volaille (INRA CIRAD, 2020).....	24
Tableau 6 : Valeur alimentaire de la farine de caroube destinée à l'alimentation des animaux (INRA CIRAD, 2020).....	28
Tableau 7 : Exemple de formule alimentaire pour poulet de chair (BENAMIROUCHE et al, 2020).....	31
Tableau 8 : Production des viandes (rouges et blanches) en tonnes dans certains pays du monde pour l'année 2019 (FAO, 2021).....	34
Tableau 9 : Comparaison des valeurs nutritionnelles de 100 g de quelques viandes (Ciquel de l'Anses, 2021).....	36
Tableau 10 : Gamme étalon de sodium.....	47
Tableau 11 : Gamme étalon de potassium.....	47
Tableau 12 : pH de cuisse et de filet du poulet (%).....	51
Tableau 13 : Taux d'humidité de cuisse et de poitrine du poulet (%).....	52
Tableau 14 : Taux de cendres totales de cuisse et de poitrine du poulet (%).....	54
Tableau 15 : Teneurs en lipides de cuisse et de poitrine du poulet (%).....	56
Tableau 16 : Test d'oxydation des lipides de cuisse et de poitrine du poulet.....	62

Liste des abréviations

AOAC : Association of Official Agricultural Chemists

CB : cellulose brute

CMV : Complément Minéralo-Vitaminique.

EB : énergie brute.

EC : expérimentale cuisse

EF : expérimentale filet

FAO : Food and agriculture organisation

INRA : Institut National de Recherches Agronomiques

ITAVI : Institut Technique de l'aviculture

JORA : journal officiel de la république algérienne

MG : matière grasse

MM : matière minérale

OFAAL : Observatoire des Filières Avicole en Algérie.

ONAB : Office National des Aliments de Bétail

ORAC : Office Régional d'Aviculture de Centre.

SEM : Ecart type moyen

TC : témoin cuisse

TEC : tonne équivalent carcasse

TF : témoin filet

TS : tourteaux de soja

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des Figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Table des matières	
Introduction	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
Chapitre 1 : Importance de l'élevage de poulet de chair	
1.1 Structure de la filière avicole chair.....	2
1.1.1 Dans le monde.....	2
1.1.2 En Algérie.....	3
1.1.2.1 Evolution de la filière avicole	3
1.1.2.2 Organisation de la filière avicole.....	6
1.2 Importance socio-économique de la filière avicole.....	8
1.2.1 Dans le monde.....	8
1.2.1.1 Production mondiale de la viande de volailles	8
1.2.1.2 Consommation mondiale de la viande de volailles.....	10
1.2.2 En Algérie	11
1.2.2.1 Production de la viande de volailles.....	11
1.2.2.2 Consommation de la viande de volaille.....	12
Chapitre 2 : Ressources alimentaires conventionnelles et non conventionnelles exploitées dans l'alimentation de poulet de chair	
2.1 Ressources alimentaires conventionnelles exploitées dans l'alimentation du poulet de chair.....	14
2.1.1 Céréales.....	14
2.1.1.1 Maïs.....	14
2.1.1.2 Orge.....	15
2.1.1.3 Blé.....	16
2.1.1.4 Triticale.....	16
2.1.1.5 Sorgho.....	17
2.1.1.6 Seigle.....	18
2.1.2 Protéagineux et oléagineux.....	18
2.1.2.1 Fèverole.....	19
2.1.2.2 Pois fourrager.....	19
2.1.2.3 Fève.....	20
2.1.2.4 Luzerne.....	20
2.1.3 Coproduits de l'industrie agro-alimentaire.....	21
2.1.3.1 Son de blé.....	21
2.1.3.2 Tourteaux.....	21
2.1.3.2.1 Tourteau de soja.....	21
2.1.3.2.2 Tourteau de colza	22
2.1.3.2.3 Tourteau tournesol.....	23
2.1.3.2.4 Tourteau de lin.....	23
2.1.3.2.5 Tourteaux d'arachide et de coton.....	23
2.1.3.2.6 Levures.....	24
2.1.3.2.7 La mélasse.....	24

2.1.3.2.8 Farine de poisson.....	25
----------------------------------	----

2.1.4 Additifs alimentaires.....	25
2.2 Ressources alimentaires non conventionnelles exploitées dans l'alimentation du poulet de chair.....	26
2.2.1 Caroube.....	27
2.2.1.1 Composition chimique de la poudre de caroube.....	27
2.2.2 Azolla.....	29
2.2.3 Vers de terre.....	29
2.2.4 Plantes aquatiques.....	30
2.2.5 Feuilles de légumineuses.....	30
2.3 Aliments composés complets pour poulet de chair.....	30
2.3.1 Aliment de démarrage.....	31
2.3.2 Aliments de croissance.....	32
2.3.3 Aliments de finition.....	32

Chapitre 3 : Qualité de la viande de poulet de chair

3.1 Production et consommation de la viande de poulet.....	33
3.1.1 Dans le monde.....	33
3.1.2 En Algérie.....	34
3.2 Composition chimique et valeur nutritionnelle de poulet.....	36
3.2.1 Eau.....	37
3.2.2 Protéines.....	37
3.2.3 Lipides.....	37
3.2.4 Minéraux.....	37
3.2.5 Vitamines.....	38
3.2.6 énergie.....	38
3.3 Qualité de la viande de poulet.....	38
3.3.1 Qualité nutritionnelle.....	39
3.3.2 Qualité organoleptique.....	39
3.3.3 Qualité technologique.....	41
3.3.4 Qualité sanitaire des produits.....	42

Partie 2 : Expérimentation

Chapitre 4 : Matériel et méthodes

4.1 Matériel biologique (viande).....	43
4.2 Détermination de la valeur alimentaire de la viande de poulet.....	43
4.2.1 pH.....	43
4.2.2 Humidité.....	44
4.2.3 Cendres totales.....	44
4.2.4 Protéines brutes.....	45
4.2.5 Lipides totaux.....	45
4.2.6 Minéraux.....	46
4.2.6.1 Sodium et potassium.....	46
4.2.6.2 Dosage complexométrique du calcium et du magnésium.....	47
4.2.6.3 Dosage du phosphore.....	48
4.3 Test d'oxydation.....	49

Chapitre 5 : Résultats et discussion

5. Détermination de la valeur alimentaire de la viande de poulet.....	51
5.1 pH.....	51
5.2 Humidité.....	52
5.3 Cendres totales.....	53
5.4 Protéines.....	54
5.5 Lipides.....	55

5.6 Sodium.....	56
5.7 Potassium.....	58
5.8 Calcium	59
5.9 Magnésium	60
5.10 Phosphore.....	61
5.11 Test d'oxydation.....	62
Conclusion	63
Références bibliographiques	
Les annexes	

Introduction

La viande de poulet occupe une place de choix dans le menu des ménages. Cette situation repose sur son prix bas, sur l'absence d'interdits religieux et sur ses qualités nutritionnelles. Ainsi, un intérêt croissant est accordé à l'aviculture moderne dans la plupart des pays en voie de développement. Elle progresse globalement depuis quelques années grâce à une diversification qualitative des produits due au développement de différents modes de production (**JEHL et al., 2003**).

En Algérie, la filière avicole a connu, depuis les années 1980, un développement notable. La croissance démographique et le changement des habitudes d'alimentation qui ont accompagné l'urbanisation de la société algérienne sont les principaux déterminants de ce développement. Cet essor de la filière avicole contribue à la création d'emplois et à la réduction du déficit en protéines animales (**KACI, 2009**).

Durant les trois dernières décennies, la filière avicole algérienne a connu l'essor le plus spectaculaire parmi les productions animales. L'offre en viandes blanches est passée de 95000 à près de 300 000 tonnes entre 1980 et 2010, soit une progression de +212 % en 30 ans. Ceci a permis d'améliorer la ration alimentaire moyenne en protéines animales de près de 35 millions d'algériens. Cependant, avec 6 Kg de viande de poulet par personne et par an, l'algérien demeure parmi les plus faibles consommateurs, loin derrière l'Européen avec ses 23,7 Kg, le brésilien (37 Kg), ou encore l'américain (52,6 Kg) (**KACI et CHERIET, 2013**).

L'objectif de notre travail est la détermination de l'impact de l'incorporation de la farine de caroube dans l'alimentation de poulet de chair sur la qualité nutritionnelle de la viande et l'oxydation de ses lipides.

Ce travail est composé de deux parties :

- Une partie bibliographique qui est orienté vers une synthèse des connaissances sur certains aspects du poulet de chair : l'importance de l'élevage de poulet de chair, ressource alimentaires conventionnelles et non conventionnelles exploitées dans l'alimentation de poulet de chair et la qualité de la viande de poulet de chair.
- Une partie pratique portant sur la caractérisation et la détermination de la valeur alimentaire de la viande de poulet de chair.

Chapitre 1

Importance de l'élevage de poulet de chair

1.1 Structure de la filière avicole chaire

1.1.1 Dans le monde

La production industrielle de viande blanche a connu un essor important au cours des trente dernières années. En effet, l'évolution de cette production a connu trois périodes distinctes (**ABERKANE et AZEM, 2017**) :

- Période d'accroissement rapide entre 1970 et 1980 où la production est voisine de 8500 à 70000 MT.
- Période d'accroissement lent entre 1981 et 1986 où la production a augmenté de 55000 à 88000 MT.
- Période de stagnation/régression entre 1987 et 1990 en raison de la mise en application de certaines mesures fiscales (TVA, taxe sur le maïs importé, prix élevé des tourteaux). La production a connu une chute d'environ 13 % entre 1986 et 1993.

Le secteur de la volaille continue à se développer et à s'industrialiser dans de nombreuses régions du monde. La croissance de la population, un plus grand pouvoir d'achat et l'urbanisation ont été de puissants moteurs favorisant cette croissance (**FAO, 2016**). Le poulet fournit 20 % des protéines animales du monde à un prix raisonnable (**THE POULTRY CLUB, 2017**)

Consommée partout dans le monde, la viande de volaille représente plus du tiers de la consommation totale de viandes et progresse au rythme de 2 à 3 % par an (**INRA, 2014**). D'après la FAO, les échanges internationaux de volailles (hors échanges intra-communautaires) ont atteint 13 MT en 2013, en croissance moyenne de 7 % par an sur 20 ans et représentent désormais 12 % de la production mondiale.

Le commerce mondial est très concentré, les Etats-Unis et le Brésil sont au coude à coude pour la place de premier exportateur mondial en volume, avec respectivement 30 % et 32 % des échanges internationaux en 2013. En valeur, le Brésil est le leader incontesté avec 8,6 milliards USD en 2013, contre 5,5 milliards USD pour les Etats-Unis. La production progresse

également dans l'Union européenne, mais à un rythme moindre, de l'ordre de 1 % par an, avec de très fortes disparités entre pays (**MAGDELAINÉ, 2014 ; INRA, 2014**).

La viande de volaille est le deuxième type de viande le plus produit et le plus consommé dans l'Union européenne. Le secteur avicole est connu pour constituer l'un des systèmes d'élevage les plus intensifs de l'Union européenne. Certaines exploitations comptent en effet plus de 100 000 individus. Ce système intensif se caractérise par de fortes densités d'élevage, un élevage en intérieur et l'utilisation de races à croissance rapide obtenues par sélection génétique. On estime que, au sein de l'Union, 90 % des poulets de chair sont élevés dans le cadre de tels systèmes. Cependant, les autres systèmes de production de poulets (élevage en plein air et biologique) sont en augmentation dans de nombreux pays européens (**AUGERE-GRANIER, 2019**).

Dans le cadre des systèmes de production intensive, les poulets sont sélectionnés génétiquement pour une croissance rapide, afin d'atteindre l'objectif de 2 à 2,5 kg de poids vif en l'espace de 35 à 45 jours. Au cours de la seconde moitié du XXe siècle, le taux de croissance des poulets de chair a quadruplé, principalement à cause de la sélection génétique. Les trois principales races commerciales de poulets de chair sont le Cobb, le Hubbard et le Ross. Depuis quelques années, de nombreux pays de l'Union s'intéressent de plus en plus aux poulets de chair à croissance lente (de 70 à 81 jours) (**AUGERE-GRANIER, 2019**).

1.1.2 En Algérie

1.1.2.1 Evolution de la filière avicole

L'aviculture algérienne était essentiellement fermière, traditionnelle et sans organisation particulière au lendemain de l'indépendance (1962). La consommation des Algériens en produits d'origine animale et particulièrement avicole était très faible, par rapport aux normes recommandées par les organismes mondiaux notamment la FAO et l'OMS. D'après une enquête effectuée par le Ministère de la planification et de l'aménagement du territoire en 1979-1980 estimait à 13,40 grammes par jour les protéines animales dans la ration alimentaire d'un Algérien, alors que les recommandations de la FAO-OMS pour les pays en voie de développement la fixaient à 16 grammes par jour. Cette insuffisance en protéines animales se faisait ressentir de plus en plus avec la croissance démographique, l'exode rural vers les grandes villes du pays, le délaissement de l'activité agricole par les Algériens au profit

de secteur secondaire et de secteur tertiaire et les prix très élevés des viandes rouges (FENARDJI, 1990).

Historiquement, l'aviculture nationale est caractérisée par trois étapes distinctes (ALLOUI, 2011 ; ONAB info, 2004 ; BENFRID, 1993 ; FENARDJI, 1990) :

- La première de l'indépendance a 1968, durant laquelle peu de chose ont été réalisées. Il s'agit essentiellement de la transformation des anciennes porcheries en poulaillers d'engraissement. La filière avicole était essentiellement fermière, la production avicole dans sa quasi-totalité reposait essentiellement sur l'élevage familial et quelques exploitations et unités de petite envergure. La production dans cette période est loin de satisfaire la demande nationale puisque la consommation annuelle en viande blanche est de l'ordre de 250 gramme par habitant.
- La deuxième étape, de 1969 à 1989 a vu naître une grande entreprise publique (ONAB) chargée entre autres du développement de l'Aviculture. Plusieurs complexes modernes ont été réalisés dans le cadre des différents plans de développement nationaux. Durant cette période la gestion des facteurs de production (reproducteurs, aliments, poulettes démarrées...), relevait des structures publiques tandis que la production de produits finis (œufs de consommation et poulets) du secteur privé. Cette étape est marquée par un effort exceptionnel consenti par l'ONAB pour la formation de techniciens à l'étranger, qui à leur tour ont assuré la vulgarisation des techniques d'élevage et l'encadrement en général de l'activité.

Il est à souligner l'existence de deux secteurs juridiques de production :

a- le secteur autogéré : il pratiquait essentiellement l'élevage du poulet de chair, mais sa participation dans la production nationale est très faible ;

b- le secteur privé : il détient la grande partie de la production nationale puisqu'il détient :

- une capacité d'incubation estimée durant cette période à 75 % de la capacité nationale ;
- une production en poulet de chair estimée à 75 % de la production nationale en 1979 ;

A partir de 1980, l'impulsion de cette activité par l'Etat à travers la mise en place d'une industrie d'aliments du bétail, d'une industrie avicole, d'une garantie d'approvisionnement en différents inputs et l'octroi de crédits bonifiés, a fortement incité les détenteurs de capitaux à

s'engager dans l'activité. Par ailleurs, la liberté de commercialisation et une forte demande ont permis aux aviculteurs de réaliser des marges bénéficiaires importantes en dépit de résultats médiocres. Il faut cependant remarquer que la majorité des éleveurs-chair ont des cheptels moyens qui tournent autour de 5 000 à 7 000 poulets, qu'ils ont fait très peu d'investissements pour obtenir des conditions d'ambiance et d'hygiène adéquates, ce qui provoque de forts taux de mortalité et des surconsommations d'aliments et de produits vétérinaires.

Cette période s'est caractérisée par :

- la restructuration de l'O.N.A.B en août 1981. Avec cette restructuration l'ONAB est chargé de produire les aliments composés et complémentaires pour le bétail et leurs adjuvants, de commercialiser les aliments composés, de commercialiser les matières pour la fabrication et de diffuser les techniques d'utilisation des aliments composés
 - la création de trois offices régionaux de l'aviculture qui ont pour mission de prendre en charge uniquement la production avicole et alimenter ainsi ce secteur en facteurs de production avicole ;
 - la mise en place de l'Office National des Approvisionnements et des Services Agricoles (ONAPSA). Cet office est chargé d'assurer la distribution de l'aliment et des produits vétérinaires ;
 - l'installation des coopératives avicoles dans toutes les Wilaya du pays. La coopérative conserve les rôles définis auparavant mais l'Etat s'engage de les doter de moyens humains et matériels ;
 - l'encouragement des secteurs autogéré et privé qui sont chargés de la production des produits finis ;
 - la garantie faite par l'Etat pour l'écoulement des produits finis issue de secteur privé ;
 - l'harmonisation de la taille des ateliers de production fixés à des poulaillers de 5000 et 10 000 sujets pour la chair et de 2 500, 5 000 et 12 000 sujets pour la ponte. Les manœuvres réalisées dans le domaine avicole durant cette période ont montré une meilleure prise en charge des attentes pour le développement dans ce domaine
- La troisième étape de 1990 à nos jours faisait suite à la suppression du monopole de l'Etat. Cette étape a été marquée par de grandes réalisations au niveau du secteur privé et l'arrêt quasi-total des investissements dans la filière du secteur public.

L'Algérie commence à réaliser l'autosuffisance en produits avicoles depuis 1987, cela est dû notamment aux efforts et aux moyens mis sur le terrain pour développer cette filière. Mais malgré cette autosuffisance en produits finis et ce développement spectaculaire, la filière aviaire algérienne reste dépendante des marchés internationaux en intrants, puisque l'appareil productif national reste incapable de répondre aux exigences de cette filière.

1.1.2.2 Organisation de la filière avicole

La filière avicole algérienne a atteint un stade de développement qui lui confère désormais une place de choix dans l'économie nationale en général (1,1 % du PIB national) et dans l'économie agricole (12 % du Produit agricole brut), en particulier. En 2007, elle a réalisé un chiffre d'affaires de 100 milliards de Dinars (1,400 milliards de dollars) et une valeur ajoutée brute de 300 millions de dollars, ce qui représente une partie importante de la richesse agricole nationale, assurant en retour des revenus à de larges couches de la population. Selon les professionnels de la filière, ce secteur emploie environ 350 000 personnes. Les élevages de poulets de chair ont une capacité moyenne de 2391 sujets. La figure 1 montre la complexité des activités et la diversité des intervenants le long de la filière (**KACI et CHERIET, 2013**).

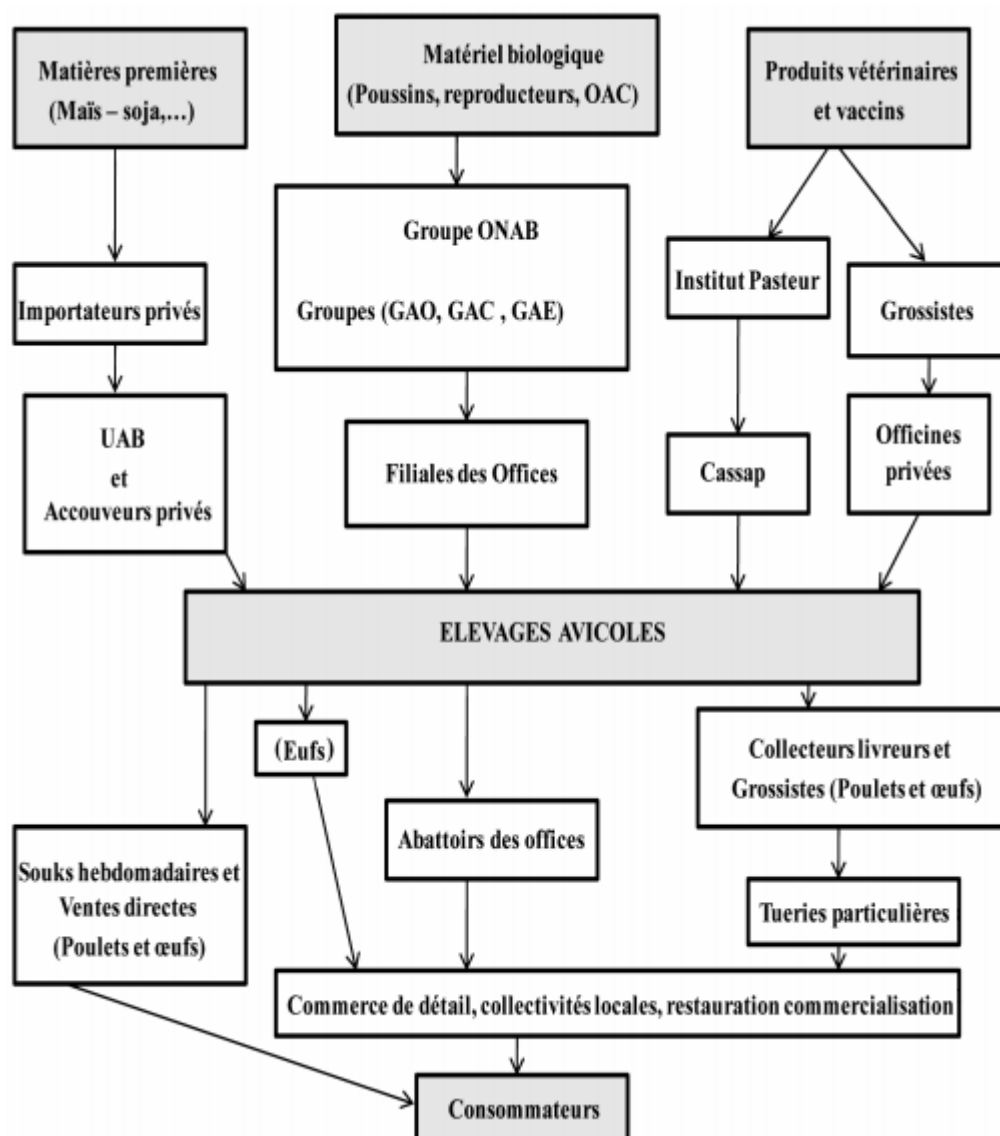


Figure 1 : Structure simplifiée de la filière avicole en Algérie (KACI et CHERIET, 2013).

ONAB : Office national des Aliments de Bétail, UAB : Unités d'Aliments de Bétail

ITELV : Institut Technique des Élevages, INSV : Institut National de la Médecine
Vétérinaire

Ce schéma (Figure 1) montre la coexistence des secteurs privé et public intervenant à tous les niveaux de la filière (la commercialisation des produits vétérinaires, la fabrication du matériel avicole, la production et la commercialisation des intrants avicoles – aliments, œufs à couvrir, poussins “chair”, poulettes démarrées – l'élevage avicole, l'abattage et la commercialisation des produits avicoles), alors que les entreprises publiques (EPE ONAB - SPA et Groupes Avicoles Régionaux) sont surtout présentes dans les activités d'amont. La

filière est aussi marquée par une forte présence d'institutionnels et d'organismes sanitaires et de contrôle de la qualité. Afin de rendre compte de l'ensemble des relations (**KACI et CHERIET, 2013**).

1.2 Importance socio-économique de la filière avicole

1.2.1 Dans le monde

1.2.1.1 Production mondiale de la viande de volailles

La production mondiale de poulets et volailles est restée en croissance sur les dernières années malgré un petit ralentissement lié à l'épizootie d'influenza aviaire. Les Etats-Unis, la Chine et le Brésil occupent les premières places dans les pays les plus producteurs de viandes de volaille à savoir 17,1 ; 12.8 et 11.4 % de la production mondiale respectivement (Tableau 1). En 2019, la production mondiale de volailles est estimée à 118 millions de tonnes avec plus de 7 milliards d'animaux abattus.

Tableau 1 : Nombre d'animaux producteur/Abattus et production de la viande de volailles dans le monde et dans quelques pays pour l'année 2019 (**FAO stat, 2021**)

Pays	Animaux Producteurs/Abattus (*1000 têtes)	Production (tonnes)	% par rapport à la production mondiale
Monde	72118779	118017161	100
États-Unis d'Amérique	9339249	20154743	17.08
Chine	11018699	15147189	12.83
Brésil	5805315	13516525	11.45
Algérie	264081	264081	0.22
Maroc	645117	782000	0.66
Tunisie	103482	144800	0.12

Selon la **FAO, (2021)** le premier continent producteur de volaille en 2019 reste l'Amérique avec 40,7 % de la production mondiale (Etats-Unis principalement). 36,3 % de la production mondiale de volaille est assurée par l'Asie (Chine, Inde, Thaïlande, Indonésie) L'Europe et l'Afrique assurent respectivement 16,5 et 5 % de la production mondiale (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre d'animaux producteur/Abattus et production de la viande de volailles dans les quelques régions de monde pour l'année 2019 (**FAO stat, 2021**)

Régions	Animaux Producteurs/Abattus (*1000 têtes)	Production (Tonnes)	% par rapport à la production mondiale
Afrique	4659421	6206974	5,3
Amériques	22369633	47993258	40,7
Asie	32740794	42812181	36,3
Europe	11546532	19480755	16,5

Aux Etats-Unis, premier producteur mondiale de la viande de volailles, la production de poulet a été en hausse de 1,7 % en 2016 par rapport à 2015. Les exportations, qui ont fortement chuté en 2015 (- 16,7 % par rapport à 2014) en raison de la fermeture de nombreux marchés exports aux produits avicoles venant des Etats- Unis, devraient retrouver le chemin de la croissance en 2016 via la reconquête de certains pays importateurs.

Le Brésil devrait continuer à tirer parti du climat un peu morose aux Etats-Unis et en Europe en 2016. La stratégie du Brésil consistant à répondre à une demande mondiale fonctionne bien, d'autant plus que la production parvient à conquérir de nouveaux marchés à l'export (Pakistan, Malaisie, Myanmar, ...) ou à se substituer à d'autres fournisseurs comme les Etats-Unis afin d'exporter vers la Chine ou la Russie.

Malgré sa position de deuxième producteur mondial de volaille, la Chine est largement dépendante des Etats-Unis et dans une moindre mesure de l'Europe car elle en importe les grands parentaux. En 2015, la Chine a décrété un embargo sur les Etats-Unis puis à la fin de l'année, sur la France en raison des épidémies d'influenza aviaire. Cette situation a conduit à un problème d'approvisionnement en génétique sur le territoire chinois ce qui devrait impacter lourdement la production chinoise en 2016 et 2017. La FAO prévoit un recul de la production de l'ordre de 5 % soit une production estimée à 18 MT en 2016. Sa production future dépendra fortement des choix du gouvernement chinois sur une éventuelle levée des embargos (**DEMAN, 2016**).

En 2018, près de 70 % de la production de viande de volaille (Figure 2) européenne provient de six États membres seulement : la Pologne (16,8 %), le Royaume-Uni (12,9 %), la France, (% 11,4) l'Espagne (10,7 %), l'Allemagne (10,4 %) et l'Italie (8,5 %). La volaille représentait 5 % de la production agricole totale de l'Union en 2018 (432,6 milliards d'euros) (**AUGERE-GRANIER, 2019**).

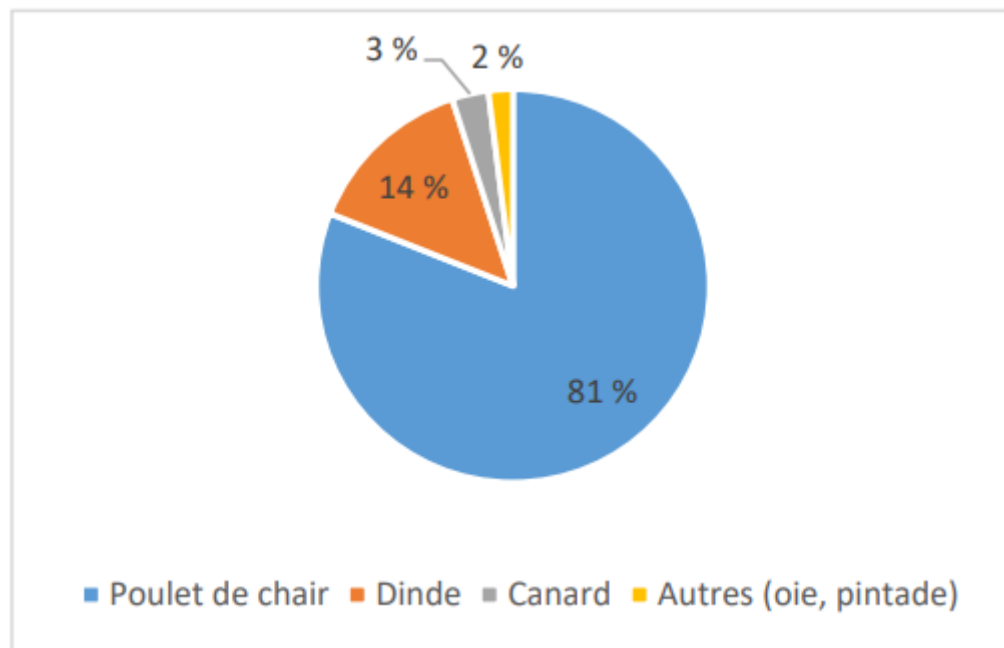


Figure 2 : Production de viande de volaille dans l'Union européenne (AUGERE-GRANIER, 2019).

1.2.1.2 Consommation mondiale de la viande de volailles

Dans les économies moins avancées, la popularité du poulet s'explique en grande partie par un facteur : son prix. La viande de volaille est la moins chère et constitue la source de protéines animales la plus accessible. Le poulet a un excellent taux de conversion alimentaire et son cycle de production est très court, ce qui rend sa viande plus compétitive que les autres (JEAN, 2015).

Ce sont les États-Unis qui occupent la première place, tandis que l'Afrique occupe la lanterne rouge en termes de consommation. Les pays développés avec 22 % de la population mondiale, consomment près de la moitié des volailles produites. Il est à noter que dans ces pays, les entreprises des filières avicoles développent sans cesse de nouveaux produits (crus – fumés – marinés). La croissance de consommation la plus forte s'observe en Asie, en raison de l'émergence de la Chine (HUSSON, 2012).

La consommation moyenne de la viande de volaille dans le monde est de l'ordre de 14,7 Kg/hab/an avec une grande divergence entre les pays développés et les pays en voie de développement. A titre d'exemple, un Américain consomme en moyen 50,1 Kg/an alors qu'un Indien consomme annuellement 2,4 Kg de viande de volaille (OCDE/FAO, 2020).

En ce qui concerne la consommation de viande dans l'Union Européenne, le poulet arrive en deuxième position, après la viande de porc. En 2018, la consommation moyenne était de 24,1 kg par habitant (contre 32,5 kg pour la viande de porc et 11,0 kg pour le bœuf). La consommation de poulet continue de croître dans presque tous les États membres (**AUGERE-GRANIER, 2019**).

Le prix à la vente de la viande de volaille est de 1621 USD/t en 2019 (Figure 3). Partout dans le monde, les effectifs de volailles devraient continuer de s'accroître. La montée des coûts de l'alimentation animale associée à la hausse de la demande d'importations favoriseront l'augmentation des prix nominaux de la viande de volaille au cours de la période de projection (**OCDE/FAO, 2020**).

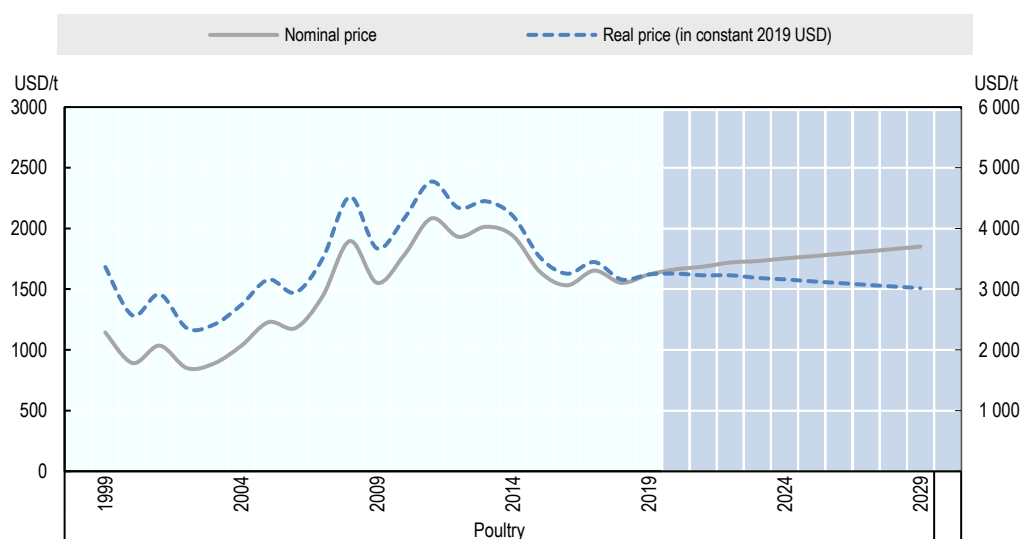


Figure 3 : Evolution des prix de la viande de poulet dans le monde (**OCDE/FAO, 2020**).

1.2.2 En Algérie

1.2.2.1 Production de la viande de volailles

L'aviculture Algérienne a produit 264081 tonnes de viande de volaille en 2019 soit plus de 200 millions animaux producteurs/abattus et 0,22 % de la production mondiale derrière le Maroc (0,66 %) et devant la Tunisie (0,12 %) (Tableau 1).

La production en viande de volaille serait de 475.000 tonnes en 2010, ce qui représente le triple de celle relevée en 2000. Par ailleurs, l'apparition du virus H5N1 dans le monde, a engendré un net recul de la production avicole dans notre pays. La psychose a touché tous les éleveurs dont la plupart ont fini par fuir cette activité. Bien qu'aucun cas de grippe aviaire n'ait été révélé en Algérie, la production avicole a baissé de 60 %. Près de 80 % des éleveurs parmi les 20.000 qui existent dans tout le territoire national ont arrêté leur activité (**ALLOUI, 2011**).

Le secteur privé représente 92 % des capacités de production nationale en viandes blanches. En outre, la taille moyenne des élevages privés est respectivement de 3000 et 5000 sujets pour la dinde et le poulet de chair. Les importations annuelles de reproducteurs chair s'élèvent en 2009 à 3 720 000 poussins dont 15 % de mâles auxquelles s'ajoutent 500 000 poussins produits localement (**ALLOUI, 2011**).

L'encouragement de l'Etat à la filière avicole a mis fin aux importations de produits finis en 1984, mais a accentué le recours aux marchés mondiaux pour l'approvisionnement des entreprises en intrants industriels (Inputs alimentaires, matériel biologique, produits vétérinaires, et équipements) (**FERRAH, 2004**).

En 2007, la filière avicole intensive réalisait un chiffre d'affaires de 86 milliards de dinars (1,780 milliards d'euros) et une valeur ajoutée brute de 410 millions d'euros, ce qui représente une partie importante de la richesse agricole qui se situe autour de 10 % selon **KACI (2012)**.

1.2.2.2 Consommation de la viande de volaille

L'Algérien en consomme de moins en moins de viandes rouges au profit des viandes blanches tout type confondu (poulet et dinde). Cette consommation reste très faible par rapport au pays voisins. Cette viande contribue comme même à réduire le déséquilibre nutritionnel. L'Algérien demeure parmi les plus faibles consommateurs, loin derrière l'Européen avec ses 23,7 Kg, le Brésilien (37 Kg), ou encore l'Américain (52,6 Kg). Vu le prix trop élevé des viandes rouges, le consommateur algérien se rabat sur les viandes blanches, plus accessibles, particulièrement le poulet de chair (**SENOUCI et NAAK 2018**).

Selon le directeur général de l'Office national des aliments du bétail et de l'élevage avicole (ONAB), les prix du poulet seront stables et ne devront pas dépasser les 250 DA/Kg durant et après le mois du Ramadhan 2020 (**Anonyme 1**).

A l'approche du mois de ramadan, on prévoit une légère hausse des prix de l'ordre de 15 % à 20 % (spéculation du mois de Ramadan), mais on aura une disponibilité accrue du poulet sur les marchés. Les prix vif (sortie poulailler) varieront en moyenne selon les régions entre 190 et 210 DA le kg, et au niveau du détail « vidé » entre 280 et 300 DA le kilogramme (**OFAAL, 2019**).

Chapitre 2

Ressources alimentaires conventionnelles et non conventionnelles exploitées dans l'alimentation de poulet de chair

2.1 Ressources alimentaires conventionnelles exploitées dans l'alimentation du poulet de chair

2.1.1 Céréales

Les céréales et leurs coproduits représentent la principale matière des aliments composés et, par conséquent, l'aliment principal des monogastriques (Tableau 3). Le grain des céréales est un caryopse nu ou vêtu de ses glumelles. Le blé, le maïs, le sorgho, le seigle et le triticales appartiennent au premier groupe, l'orge et l'avoine font partie du second. L'albumen est le constituant principal du grain des céréales. Les grains nus possédant les meilleures valeurs énergétiques, ils ont une proportion faible d'enveloppes et possédant une forte proportion d'albumen (**MERCK, 2003**)

2.1.1.1 Maïs

Le maïs est la céréale la plus utilisée dans l'alimentation de poulet de chair. Il est très apprécié grâce à sa valeur énergétique élevée parmi les céréales (3925 kcal/kg brut). En effet le maïs contribue approximativement par 65 % de l'énergie métabolisable et 20 % des protéines brutes d'un régime de démarrage des volailles (**BEGHOUL, 2015**).

Le maïs présente d'une manière générale une excellente digestibilité. Ceci s'explique par la bonne digestibilité de l'amidon et des protéines et sa faible teneur en cellulose (2,5 % de MS). La teneur moyenne en nutriment digestible total (TDN) du maïs est de 80,75 % (**FERRANDO, 1969 citée par KOUAMÉ, 2012**).

Le maïs est pauvre en protéines qui présentent un profil d'acides aminés très déséquilibré : déficience en lysine (2,4 g/kg) et en tryptophane (0,5 g/kg), excès de leucine, alors que la méthionine + cystine et la thréonine sont respectivement de l'ordre de 3,7 et 3,0 g/kg. Le phosphore du maïs est pratiquement indisponible en raison de l'absence de phytases endogènes. Comme toutes les céréales, le maïs est presque dépourvu de sodium et de calcium (**LARBIER et LECLERC, 1992 ; DRAGOUL et al., 2004**).

2.1.1.2 Orge

L'orge est peu utilisée dans l'alimentation des volailles à cause de sa concentration énergétique relativement faible (2800 kcal/kg brut). Ces paramètres nutritifs varient grandement avec la variété, les conditions d'environnement, de culture, etc. (**BRUFAU, 1990**).

Le grain d'orge est un ingrédient alimentaire important pour les polygastriques et est souvent en concurrence avec le blé et le maïs. Il contient un taux élevé d'amidon (55-63 % MS) et sa teneur en protéines (9,5-13 % MS) est similaire à celle du blé et supérieure à celle du maïs. L'orge a une teneur en fibres plus élevée (fibres brutes 4-6 %, ADF 5-7 %, NDF 18-24 %) que le maïs et le blé, ce qui se traduit par une valeur nutritive plus faible chez les monogastriques. Cette céréale est peu utilisée habituellement dans les aliments composés pour monogastriques non herbivores à cause de sa concentration énergétique relativement faible. L'inclusion d'orge était traditionnellement limitée à 20 ou 30 % de la ration des animaux sous engraissement, vu qu'elle contient des β -glucans peu digestes (**LARBIER et LECLERC, 1992 ; FEEDIPEDIA, 2020**).

Le faible contenu en graisse de l'orge (2 %) évite l'accumulation excessive de graisse non saturée dans la chair des animaux. C'est pourquoi son inclusion favorise l'obtention de graisse saturée. On l'utilise donc dans les aliments de finition pour les monogastriques comme substitution du maïs (**DE BLAS et al., 1995**).

L'amélioration des performances de croissance du poulet de chair nourri avec un aliment à base de blé et d'orge, nécessite l'addition du complexe enzymatique xylanase / β glucanase afin d'augmenter le gain de poids et améliorer l'indice de consommation significativement. L'effet du complexe enzymatique était à mettre en relation avec la dégradation des fractions solubles et insolubles des polysaccharides non amylacés du blé et de l'orge (**PÉRON et al., 2011**).

2.1.1.3 Blé

« Blé » est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des Graminées ou Poacées ; le terme blé désigne également le « grain » appelé caryopse produit par ces plantes. Deux espèces qui dominent aujourd'hui la production sont : le blé tendre et le blé dur. Les autres espèces existent, toutefois elles ne sont cultivées qu'en faibles quantités.

- Les blés tendres : *Triticum aestivum* ou *Triticum vulgare*, le plus cultivée dans le monde (90 % du blé cultivé) synonymes : Froment ; Blé ordinaire, Blé barbu de printemps ; Blé mou. Les grains du blé tendre sont arrondis, les enveloppes sont épaisses donnant une très forte proportion de son. Les blés tendres permettent d'obtenir une farine blanche de bonne qualité, contenant environ 8 à 10 % de gluten.

- Les blés durs : *Triticum durum* cultivée dans les pays de climat chaud et sec. Les grains de blés durs sont allongés, souvent même pointus, les enveloppes sont assez minces donnent moins de son que les blés tendre, bien que contenant plus de gluten (12 à 14 %) (**BROUILLET et al., 2006**).

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70 %), de protéines (10 à 15 % selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10 %) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (**FEILLET, 2000**).

Le grain de blé est déficitaire en lysine et son phosphore présente une digestibilité de 50 %. Bien qu'il soit présent à 70 % sous forme phytique, la présence de phytases dans le grain permet une hydrolyse significative de ces derniers. En revanche, le blé est dépourvu de xanthophylles et sa biotine (vitamine B8) n'est pas disponible ; ce qui rend nécessaire la supplémentation en ces deux substances (**LARBIER et LECLERC, 1992**).

2.1.1.4 Triticale

Le triticale est une plante annuelle de la famille des Poacées (graminées). C'est un hybride artificiel (amphiploïde) entre le blé et le seigle dont la culture s'est développée depuis les années 1960. Il est cultivé surtout comme céréale fourragère. Le nom Triticale combine les noms latins de genre du blé et du seigle, *Triticum* et *Secale*. Il présente une teneur exceptionnelle, supérieure de 25 % à celle du blé, en lysine. Pour les volailles, en particulier

pour les poules pondeuses : la richesse relative en pentosanes (Composé chimique formé par l'union de plusieurs pentoses. Dans certains produits végétaux, comme la balle d'avoine ou les grignons d'olive, la cellulose est, partiellement au moins, remplacée par des pentosanes) (gênants pour la digestion de ces animaux) du triticale limite sa contribution à 40 % de la ration. Introduire 45% de triticale dans un aliment pour poulet permet d'augmenter l'activité phytasique de 455 à 966 UP / kg et ainsi permet de réduire la supplémentation de phosphore sous forme de phosphore monocalcique de 0,6 à 0,8 g / kg d'aliment (**JONDREVILLE et al., 2007**).

Les résultats des essais de (**VILARINO et al., 2005**) montrent que les triticales utilisés sont mieux valorisés chez le poulet de chair que des blés à même teneur en protéines et niveau de viscosité similaire. A différence du blé, la viscosité élevée du triticale n'pas réduit sa valeur énergétique chez le poulet. Aucun effet négatif de la viscosité n'est révélé dans le cas des aliments croissance chez le poulet. Les résultats obtenus avec un taux d'incorporation de 50 % dans la ration alimentaire du poulet label en 6ème semaine montrent que les animaux valorisent bien l'énergie du triticale avec une viscosité jéjunale élevée (**MÉTAYER et al., 2011**).

2.1.1.5 Sorgho

Le sorgho occupe le second rang parmi les céréales les plus utilisées dans l'élevage commercial de poulets de chair, dindons et poules pondeuses (**BEYER, 2014**).

Le sorgho a une forte teneur en amidon (70 % MS), une proportion non négligeable en matière grasse (environ 3,3 % MS) et est légèrement plus riche en protéines que le maïs (11,4 % MS). De même, il est presque dépourvu de calcium (0,03 % MS) et la disponibilité de son phosphore est faible (0,06 % MS). Le principal problème du sorgho réside dans la variabilité de sa teneur en tanins, qui entraîne l'augmentation de l'amertume de l'aliment, provoquant chez la volaille une diminution de la digestibilité des nutriments de l'aliment, en particulier les protéines (**KOCOUN, 2012**).

La teneur en matières grasses du sorgho et sa valeur énergétique est légèrement faible en comparaison au maïs, mais cette différence est facile à équilibrer dans les rations avec d'autres sources d'énergie tels que les sous-produits animaux et les huiles. En comparaison au maïs, le sorgho contient des quantités limitées de xanthophylle jaune nécessaire à la pigmentation du jaune d'œuf et à la couleur de peau des poulets de chair. Dans certains cas, si

le consommateur préfère une chair de couleur plus claire, le sorgho peut être utilisé pour réduire la pigmentation de la carcasse, en vue d'une meilleure commercialisation (**BEYER, 2014**).

Selon **VILARIN et al. (2011)**, l'indice de consommation des poulets standards en croissance et finition avec une incorporation de 30 et 40 % de sorgho dans l'alimentation de type industriel est significativement amélioré lorsque le sorgho est broyé finement mais ce résultat va à l'encontre des valeurs énergétiques mesurées, où la tendance est à une valeur supérieure pour le sorgho broyé grossièrement.

2.1.1.6 Seigle

C'est dans l'alimentation de la volaille que le seigle présente le moins d'intérêt. Le seigle peut être incorporé dans l'alimentation des volailles en remplacement du blé à des niveaux de 15 % du grain sans problème à condition que le taux de protéines de la ration soit ajusté (**DUVAL, 1991**). La valeur alimentaire du seigle est représentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : Valeur alimentaire de quelques matières premières utilisés comme source d'énergie dans l'alimentation de volaille (**INRA CIRAD, 2020**).

Aliments	MS %	MAT %	CB %	MGr %	MM %	Lignine %	Amidon %	Sucres %	EB MJ/kg
Avoine	87,6	9,4	11,5	4,7	2,5	2,3	36,8	1,3	17
Blé dur	87,8	14,4	2,7	1,8	1,9	1,1	55,8	2,8	16,2
Blé tendre	86,9	11	2,4	1,4	1,5	1	60	2,6	15,8
Maïs	86,3	7,6	2,3	3,6	1,2	0,5	63,8	1,7	16,1
Millet commun	90,6	12,9	6,7	5,1	3,6	2,1	58,2	1,7	17,5
Orge	87,2	9,9	4,7	1,6	2,2	1,1	52,3	2,2	16
Seigle	86,7	8,5	2	1,2	1,8	0,9	53,7	3,1	15,6
Sorgho	87,8	9,3	2,4	2,9	1,9	1	64,6	1,1	16,5
Triticale	86,8	10	2,5	1,2	1,8	1	58,8	3	15,7

MS : matière sèche, MAT : matière azoté totale, CB : cellulose brute, MGr : matière grasse, MM : matière minérale, EB : énergie brute.

2.1.2 Protéagineux et oléagineux

Les protéagineux (pois, féverole et lupin) présentent, outre leur faible disponibilité sur le marché national, une teneur en protéines plutôt moyenne (20 à 34 % selon les espèces). La

concentration en méthionine et plus globalement en acides aminés soufrés est très faible, surtout pour le lupin, eu égard à sa richesse en protéines, malgré une teneur en lysine abondante (BOUVAREL et al., 2014).

2.1.2.1 Fèverole

La féverole (*Vicia faba* L.) est une légumineuse appartenant à la famille des Papilionacées. Sa graine, de forme grossièrement ovale, est constituée en première approximation, d'un tégument "la coque", et de cotylédons "l'amande" (KAYSI et MELCIO, 1992).

La proportion de coques varie de 12,5 à 14,7 % par rapport à la graine entière selon les cultivars (WANG et UBERSCHÀR, 1990). La graine est riche en matières azotées et en amidon, elle contient un certain nombre de facteurs antinutritionnels.

La féverole est utilisée à des taux de moins de 10 % chez les volailles en croissance et de moins de 20 % en finition. L'incorporation de taux élevés semble entraîner des anomalies de plumage et une chute de la croissance.

WILSON et al. (1972) ont introduit 65 % de féverole dans les aliments de poulet de chair, et ont noté une baisse des poids vifs avec une augmentation des poids du pancréas et du foie, effets qui diminuent lorsque la féverole est autoclavée.

2.1.2.2 Pois fourrager

C'est le protéagineux le plus utilisé en alimentation des volailles connu par ses variabilités importantes de digestibilité des protéines qu'il présente. En Europe, cette matière première est utilisée à 88 % en alimentation animale. Le pois est riche en protéines (18 à 30 %) et en lysine, et constitue un bon complément des céréales. Son utilisation dans les régimes pour poulet conduit à de bonnes qualités organoleptiques des viandes. Aussi le pois se caractérise par un faible taux de matière grasse (1,1 %), hautement insaturée (49 % d'acide linoléique et 11 % de linoléique). La fraction d'hydrocarbure représente 70 % du poids total incluant un haut contenu en amidon, des proportions significatives de sucres solubles (6 %). L'utilisation du pois dans les régimes des monogastriques est limitée seulement en aviculture pour sa faible valeur énergétique (2400 kcal/kg). Les protéines du pois sont constituées, comme toutes les protéines de légumineuses de trois classes de protéines : les globulines, les albumines et les protéines dites "insolubles" (GUÉGUEN et CERLETTI, 1994).

MYER et EROSETH, (1980) ont montrés par ailleurs que la présence de 52 % de pois "cru" dans les régimes de poulets de chair durant les 15 premiers jours d'âge aboutit à une diminution significative du gain de poids (-33 %), à une détérioration de l'efficacité alimentaire (+14 %) ainsi qu'à une hypertrophie du pancréas (+40 %). L'ampleur de ces effets diminue lorsque les régimes sont enrichis en acides aminés soufrés ou lorsque le pois subit un traitement thermomécanique préalable. Ils constatent aussi que le gain de poids le plus faible est obtenu chez les poulets engraisés à l'aide d'un aliment contenant 36 % de pois "cru" auquel aucun traitement thermomécanique et aucun enrichissement en méthionine ne sont appliqués (**BENABDDELJELIL, 1990**).

2.1.2.3 Fève

La fève est une légumineuse largement utilisée dans les régions méditerranéennes comme source de protéine pour aussi bien la nutrition humaine qu'animale. Cependant, peu de références sont disponibles sur l'utilisation des fèves par des volailles. La présence de quelques facteurs antinutritionnels comme les phytohemagglutinines, les protéases, les polyphénols, les saponines, les phytates, etc. causent des limites et des restrictions d'utilisation de cette légumineuse (**LARRALDE et MARTINEZ, 1991**).

D'après **MATEOS et PUCHAL (1981)**, citée par **BENABDDELJELIL (1990)**, l'introduction de 20 % de fèves dans les aliments farineux en croissance et en finition n'a pas eu d'effets dépressifs sur les performances comparées à celles du témoin. « *Vicia Faba L.* », peut être pratiquement incorporée à des taux de 25 % avec une supplémentation en méthionine synthétique sans détériorer les performances des poulets. Incorporée à 35 % et autoclavée, la fève affecte la croissance des animaux.

2.1.2.4 Luzerne

Contrairement aux protéines de soja, ou pois extraites de graines, les protéines de luzerne sont extraites de la plante entière et principalement des feuilles où elles représentent environ 25 % de la matière sèche.

2.1.3 Coproduits de l'industrie agro-alimentaire

2.1.3.1 Son de blé

Ce coproduit est obtenu au cours des opérations de transformation du blé en farine blanche destinée à l'alimentation humaine. Le son est particulièrement constitué du tégument externe du grain qui renferme des glucides pariétaux peu digestibles pour la volaille.

Le son de blé est une bonne source d'acide linoléique, qui représente 57 % de la matière grasse totale, et de minéraux. Il présente un contenu appréciable en protéines, composantes principales de l'albumen. Par conséquent, son contenu en lysine est le double de celui de la graine du blé elle-même. Cependant, sa digestibilité est nettement plus inférieure. Le son de blé présente une valeur énergétique égale à 1750 kcal/kg et un coefficient de digestibilité des protéines de 76 %. Il est incorporé dans les concentrés pour poulets de chair à des taux de 4 % et 6 % respectivement en cours du démarrage et l'engraissement (**De Blas et al., 1995**).

L'incorporation du son de blé ne doit pas dépasser 10 % dans la ration du poulet de chair, 22 % dans celle de la poule pondeuse, 25 % dans celle des reproducteurs et 13 % la ration de la dinde (**BOUDOUMA, 2008**).

2.1.3.2 Tourteaux

Les tourteaux sont des sous-produits des huileries qui, à cause de leur richesse en protéines, présentent un grand intérêt dans l'alimentation animale. La valeur nutritionnelle protéique varie en fonction de l'espèce végétale d'origine et de la technique de fabrication (**GUÉRIN et al., 1989**).

2.1.3.2.1 Tourteau de soja

Il s'agit du sous-produit de l'extraction de l'huile des graines oléagineuses du soja. C'est une matière première pauvre en matières grasses. Le tourteau de soja est la principale matière protéique utilisée en alimentation des volailles comme source de protéines /d'acides aminés (taux protéique de l'ordre de 30 à 50 %) (**ZITARI, 2008**).

Il est le plus utilisé dans la ration des volailles du fait de sa richesse en protéines et de son équilibre en acides aminés. Ses protéines sont très digestibles et conviennent aux besoins de croissance des oiseaux, quoique déficitaires en acides aminés soufrés (**KEBE, 1989**). Les

substances antitrypsiques constituent le facteur limitant d'utilisation des tourteaux de soja. Une cuisson correcte élimine plus de 90 % de l'activité antitrypsique (**LARBIER et al., 1991**).

Le tourteau de soja est riche en matière azotée totale et surtout en lysine. Les problèmes d'utilisation du tourteau de soja ont été résolus et il est très bien utilisé par les animaux (**LAZARO et al., 2003**).

2.1.3.2 Tourteau de colza

Les tourteaux de colza ont des teneurs élevées et variables en lipides résiduels (8,5 à 26,1% MS) (**LESSIRE et al., 2009**). (Tableau 4).

Le colza est disponible en grande quantité et peu cher. De plus, ses protéines sont très bien équilibrées en acides aminés. Mais de nombreux problèmes restent à résoudre avant de pouvoir l'utiliser :

- L'amertume qui le rend inappétant et qui pourrait être résolue par toisage ;
- Un taux de cellulose qui pourrait être réduit par dé pelliculage
- La présence de produits soufrés qui peut être limitée par toisage, par voie génétique (en cours actuellement) par fermentation ou traitement à l'ammoniac. Pour les pondeuses, son emploi n'est pas recommandé, vu la forte mortalité qu'il entraîne ; par contre, pour les futures pondeuses on obtient de très bons résultats jusqu'à 20 semaines. Chez les poulets on peut l'incorporer jusqu'à 10 % (**FRANCK, 1980**).

Tableau 4 : Valeur nutritive du tourteau de colza (INRA, 2002 ; Rouillé, 2011)

Matière sèche (%)	Protéine brute (%)	Cellulose brute (%)	Calcium (gr/Kg)	Phosphore (gr/Kg)	Energie brute (Kcal/Kg)
88,90	36,80	14,80	8,30	11,40	4090

La réduction de la teneur en glucosinolates diminue l'effet néfaste sur les organes cibles que sont la thyroïde et le foie. En fait pour l'élevage du poulet de chair, la limitation d'emploi du tourteau de colza vient de sa faible teneur en énergie et de sa teneur plus élevée que le soja en cellulose. Nos essais indiquent toutefois que des taux d'incorporation de 15 % de tourteau de colza n'altéraient pas les performances de croissance des poulets de chair (**CETIOM, 2001**).

2.1.3.2.3 Tourteaux tournesol

Le tourteau de tournesol est utilisé dans les rations à basse énergie, par exemple pour les pondeuses et certaines volailles de chair à croissance limitée. Les taux d'incorporation sont de l'ordre de 5 % (**CETIOM, 2003**).

Les tourteaux de colza, et de tournesol présentent des équilibres nutritionnels moins propices que le tourteau de soja : taux protéique plus bas et profil en acides aminés plus ou moins équilibré et valeur énergétique plus faible (**BOUVAREL et al., 2014 citée par BEGHOUL, 2015**)

2.1.3.2.3 Tourteau de lin

Le lin est une matière première de faible qualité pour l'alimentation des volailles : valeur énergétique et digestibilité de la lysine et de la méthionine faibles. La viscosité de cette matière première, mesurée sur les graines, mais aussi sur le produit transformé (le tourteau), explique certainement en grande partie cette mauvaise valorisation (**FRANCK, 1980**).

2.1.3.2.4 Tourteaux d'arachide et de coton

Ils sont issus des huileries. Ce sont des sous-produits qui selon la technique d'extraction (par des solvants organiques comme l'hexane), sont pauvres en matières grasses. Par contre, ce sont de véritables sources de protéines. Ils sont les tourteaux les plus disponibles, malgré la présence de facteurs antinutritionnels tels que l'aflatoxine dans les tourteaux d'arachide et le gossypol dans le coton ; ceci impose des limites à leur utilisation en alimentation (5 à 10 %) (**TÂCHER et al., 1971**).

ANGULO-CHACON (1986) trouve que lorsque la teneur en aflatoxine est inférieure à 1,25 ppm, l'utilisation au taux de 30 % chez le poulet en croissance et de 20 % dans la ration du poulet adulte ne pose pas beaucoup de problème.

Les valeurs alimentaires de quelques matières premières utilisées comme source de protéines dans l'alimentation de poulet de chair sont représentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Valeur alimentaire de quelques matières premières utilisés comme source de protéines dans l'alimentation de volaille (INRA CIRAD, 2020).

Aliment	MS %	MAT %	CB %	MGr %	MM %	Lignine %	Amidon %	Sucres %	EB MJ/kg
Tourteau d'arachide, cellulose brute < 9 %	89,2	49,3	6,8	2,3	6,3	2,9	6,9	9,5	18,1
Tourteau de cacao, huile < 5%	88,3	24,3	13,6	0,8	9,5	14,3	10,1	0,8	15,7
Tourteau de coprah, huile < 5 %	90,5	21,1	12,3	3,2	6,4	5,7	0,3	10	17
Tourteau de coton, cellulose brute < 15 %	92,2	42	9,6	9,4	6,7	4,9	2,9	4,6	20,2
Tourteau de pépins de raisin	88,3	10,3	42,9	1,4	3,5	40,1	2,2	0,6	17,3
Tourteau de sésame, huile > 5%	93,1	42	7,1	11,1	11,1	1,8	2	3,4	19,4
Tourteau de soja, huile < 5%, 48% protéine + huile	88	46,2	6	1,5	6,2	0,6	5	8,1	17,3

MS : matière sèche, MAT : matière azoté totale, CB : cellulose brute, MG : matière grasse, MM : matière minérale, EB : énergie brute.

2.1.3.2.5 Levures

Elles sont incorporées dans la ration à un taux de 2 à 4 % voire jusqu'à 10 % pour les pondeuses Les levures sont des sources très riches en protéines de très bonne qualité (lysine, tryptophane, thréonine), mais pauvres en acides aminés soufrés et riche en vitamines du groupe B (FERRANDO, 1969 ; SCOTT, 1976 ; LARBIER et al., 1991 citées par CIEWE CIAKE, 2006).

2.1.3.2.6 La mélasse

La mélasse est le déchet des unités de fabrication du sucre ; c'est un sous-produit utilisé en alimentation des animaux sous différentes formes et aspects. La mélasse est très appétent, grâce à ses sucres et ses sels, elle constitue un aliment dont la saveur et l'odeur stimulent l'appétit et favorisent la digestion. C'est un aliment de très haute valeur énergétique, du faite

de sa richesse en glucides fermentescibles (60 à 65 % de glucides solubles dont la majorité est représentée par le saccharose). La mélasse se caractérise par un coefficient de digestibilité apparent voisin de 100 % (**BOUHAROU, 2007**).

2.1.3.2.7 Farine de poisson

La protéine de poisson présente l'avantage d'être très bien équilibrée en acides aminés, et d'être riche en lysine et méthionine en particulier. Mais celle-ci est de plus en plus sujette à un coût élevé et une faible disponibilité sur le marché local, elle est utilisée avec le tourteau d'arachide. Il faut cependant veiller à son taux d'incorporation en aliment finition car si sa teneur est très importante elle communique son odeur à la viande (**FERRANDO, 1969**).

2.1.4 Additifs alimentaires

Les additifs utilisés en alimentation animale peuvent être classés en deux catégories principales (**BLAIN, 2002 citée par SAAD, 2011**) :

* **Les additifs technologiques** : agissant directement sur l'aliment en modifiant ses propriétés physiques, son aptitude à la conservation (conservateurs, enzymes, gélifiants...).

* **Les additifs zootechniques** : qui vont agir directement sur l'animal, en améliorant ses performances zootechniques ou en prévenant les carences nutritionnelles ou certaines maladies parasitaires. Ces derniers se divisent en deux groupes : les nutriments rajoutés à l'état pur aux aliments, les non nutriments (nutriments acides aminés, vitamines, antibiotique ...).

* **Les enzymes additifs en volailles** : ce sont des enzymes qui ne sont pas produites par les animaux monogastriques (β -glucanases, pentosanases, phytases, protéases, lipases, amylases). Ces enzymes sont ajoutées dans l'alimentation pour :

- inhiber l'action des facteurs antinutritionnels contenus dans les aliments et qui ont des effets délétères sur le processus de la digestion et la santé de l'animal ;

- augmenter l'accessibilité des nutriments contenus dans les aliments par les enzymes endogènes de l'animal ;

- pallier l'absence chez l'animal d'enzyme capable d'hydrolyser des liaisons chimiques particulières (**JUIN, 2011**).

***Anticoccidiens** : Chez le poulet, la prévention contre les coccidioses fait appel à des additifs « coccidiostatiques » ajoutés à leur alimentation ou à l'utilisation de vaccins anticoccidiens (**REPÉRANT, 2013**).

2.2 Ressources alimentaires non conventionnelles exploitées dans l'alimentation du poulet de chair

Les ressources alimentaires non conventionnelles sont des aliments ou matières inhabituelles d'origine végétale (produits ou déchets agricoles, sous-produits agro-industriels, cultures spécifiques), animale (insectes, invertébrés, vertébrés) ou minérale susceptible de constituer à moindre coût un apport alimentaire d'appoint ou même une alimentation de base permettant la valorisation de produits qui seraient éliminés par ailleurs (**GEOFFROY et al., 1991**).

Ces ressources non conventionnelles sont très peu connues de la plupart des éleveurs. Elles sont généralement très peu ou pas exploitées aussi bien en alimentation humaine qu'animale et se caractérisent normalement par l'absence de concurrence homme-animal. L'intérêt suscité par ces ressources s'est particulièrement accru ces dernières années dans de nombreux pays. La crise céréalière, l'augmentation sur le marché mondial du prix des matières protéiques, en particulier le soja, la cherté et la faible disponibilité des sources de protéines conventionnelles (tourteaux de soja, d'arachide, farine de poisson) dans les pays en voie de développement d'Afrique et d'ailleurs, ont conduit et augmenté l'attraction d'utilisation des ressources non conventionnelles par plusieurs chercheurs (**AYSSIWEDE et al., 2010**).

Des substituts potentiels aux coûteux aliments du commerce sont le manioc, la patate douce, la colocase, l'amarante, les résidus et l'huile de coprah, l'huile de palme et d'autres sources énergétiques non traditionnelles. Pour remplacer les farines de poisson, de soja et d'arachide, des aliments non conventionnels peuvent être utilisés tels les farines de vers de terre ou d'asticot, les haricots ailé et sabre, le pois cajan, les différentes espèces d'*Azolla* (*A. pinnata*, *A. caroliniana*, *A. microphylla*), les farines et les concentrés de feuilles (**SONAIYA et SWAN, 2004**).

2.2.1 Caroube

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* L. dérive du grec Keras (=corne) et du latin siliqua désignant une silique ou gousse et faisant allusion à la dureté et à la forme du fruit, il est connu aussi sous le nom de pain de St. Jean-Baptiste (**BATTLE et TOUS, 1997**).

2.1.1.1-Composition chimique de la poudre de caroube

La gousse de caroube est riche en sucres (40-60 %) en particulier, saccharose (27-40 %), fructose (3-8 %) et glucose (3-5 %) qui sont considérés comme étant les sucres majeurs qui contribuent à la saveur des fruits ; mais pauvre en lipides (0,4-0,6 %) et protéines (2-6 %) (**SHAW, 1988 ; ARAB, 2013**). La pulpe charnue est riche en calcium, phosphore, potassium, magnésium, et pectine (**BAHLOUL et al., 2013**). La composition chimique de la farine de caroube est représentée dans le Tableau 6.

La graine dont l'enveloppe tégumentaire (source de polyphénols antioxydants) représente (30 à 33 %), emmagasine deux composants nutritifs relativement essentiels à savoir (**BAHLOUL et al., 2013**) :

- le germe, appelé embryon, (23 à 25 %) : riche en protéines (52 %), en carbohydrates (27 %) et peut conduire à la farine de germe de caroube destinée à la nutrition infantile.
- l'endosperme, appelé albumen (42 à 46 %) : produit gélifiant (gomme de caroube) qui rentre dans la fabrication d'un additif alimentaire commercial connu sous le code E410 (agent de texture). Ce dernier est utilisé principalement dans l'industrie alimentaire, la pharmacie et la cosmétique.

Selon **AMESSIS-OUCHEMOUKH et al. (2017)**, la gousse de caroube est une très bonne source de polyphénols (5165,49 mg/100 g), flavonoïdes (342,51 mg/100 g) et vitamine C (36,29 mg/100g). Les mêmes auteurs confirment que *Ceratonia siliqua* est très riche en caroténoïdes incluant α -carotène, lycopène, lutéine et β -carotène. Tous ces principes actifs identifiés dans la gousse de caroube sont connus pour leur activité antioxydante. La gousse de caroube contient de l'acide gallique et des gallotanins connus pour leur capacité à inhiber la prolifération des cellules cancéreuses (neuroblastoma, adénome, adénocarcinome et cancer du sein) (**CORSI et al., 2002 ; ROSEIRO et al, 2013 citée par BOURAS et BEN SAIFIA, 2019**).

Tableau 6 : Valeur alimentaire de la farine de caroube destinée à l'alimentation des animaux (INRA CIRAD, 2020).

Paramètre	Brut	Sec	Unité
Matière sèche	85.2	100	%
Protéines brutes	4.3	5	%
Cellulose brute	8.7	10.3	%
Matières grasses brutes	0.6	0.7	%
Matières minérales	3	3.5	%
Amidon	1.4	1.6	%
Sucres totaux	38.7	45.4	%
Energie brute (kcal)	3570	4190	kcal/kg
Calcium	4.3	5.1	g/kg
Phosphore	0.8	0.9	g/kg
Phosphore phytique	0.6	0.7	g/kg
Magnésium	0.6	0.7	g/kg
Potassium	8.2	9.7	g/kg
Sodium	0.27	0.31	g/kg
Fer	14	17	mg/kg
Méthionine	0.9	1	g/kg
Cystine	0.5	0.6	g/kg

La farine de caroube est traditionnellement utilisée comme additif protéique dans les aliments pour animaux et les aliments destinés à la consommation humaine en raison de sa teneur en acides aminés bien équilibrée (**FEILLET et ROLLAND 1998 ; WANG et al., 2001**).

2.2.2 Azolla

L'Azolla est une fougère aquatique flottante réalisant une symbiose avec *Anabaena azollae*, une cyanobactérie fixatrice d'azote atmosphérique. Elle est apte grâce à cette propriété à servir d'engrais vert ce qui fait qu'elle a été beaucoup utilisée en Asie dans les champs rizicoles pour augmenter le rendement du riz. C'est une plante à croissance rapide et continue qui peut doubler son volume en l'espace de 5-10 jours surtout pendant les journées chaudes. Elle est facilement produite en ferme et peut fournir annuellement jusqu'à 10 tonnes de protéines à l'hectare contrairement au soja (1 tonne / hectare), et constitue un avantage énorme pour la durabilité d'un système agricole intégré (AYSSIWEDE et al., 2010).

Les espèces tropicales (*A. pinnata*, *A. filiculoides*) contiennent un niveau élevé de protéines (21-30 %), de fibres brutes (15 %) et une composition en acides aminés avantageusement comparable avec les sources de protéine de référence (leucine, lysine, valine, etc.). Les aliments conventionnels peuvent être substitués jusqu'à 25 % par des feuilles fraîches d'Azolla sans effets adverses sur les performances zootechniques des volailles. Au Bangladesh, l'*Azolla pinnata* utilisée au taux de 5 % dans la ration des poulets de chair au démarrage et en croissance en substitution à la farine de sésame, a permis d'obtenir de meilleures performances et reste économiquement plus profitable. Au Nigéria, la farine de ces feuilles incorporée à 10 % dans une ration de poulets de chair de 2 semaines d'âge en substitution au tourteau de soja, a permis d'obtenir de très bon résultats (poids vif, croissance et indice de consommation) comparés aux témoins (AYSSIWEDE et al., 2010).

2.2.3 Vers de terre

Des vers de terre ont été élevés comme source de protéine pour l'alimentation de poulets. Un Kg de vers frais a été produit quotidiennement sur une surface de 25 m². Cette quantité de biomasse suffit à supplémer un minimum de 50 poulets en protéine de haute qualité. Il faut toutefois prendre en compte le rôle de vecteur joué par le ver de terre dans la transmission de certains cestodes comme *Davainea* et *Raillietina* (il en est de même pour la transmission de trématodes par certains escargots). De plus à l'état frais, le ver de terre contient un principe inhibiteur de croissance qui peut être dénaturé par séchage au soleil (SONAIYA et SWAN, 2004).

2.2.4 Plantes aquatiques

Les espèces du genre Lemna ont été décrites comme une bonne source de protéines (30 à 40 %), de carotène et de minéraux : calcium, phosphore, potassium, manganèse. Ainsi, la farine des feuilles de lemna utilisée à 10 % dans l'aliment des poulets de chair comme source de protéine en remplacement de la farine de luzerne, a donné de bons résultats, avec un GMQ plus élevé que celui des sujets de la ration témoin (AYSSIWEDE et al., 2010).

2.2.5 Feuilles de légumineuses

Moringa oleifera est une légumineuse très riche en protéine (25 à 44 %), en vitamines et en minéraux, notamment en calcium, sodium, potassium, fer, magnésium, zinc et sélénium. Les feuilles de moringa ont aussi rapporté qu'elles contiennent une énergie métabolisable relativement élevée (1800 - 2900 Kcal/kg MSJ, une grande proportion de protéines potentiellement disponibles dans l'intestin (80-92 %) avec un profil adéquat en acides aminés essentiels et possèdent de faibles taux en facteurs antinutritionnels (AYSSIWEDE et al., 2010).

Les feuilles de moringa pourraient être incorporées jusqu'à 20 % dans la ration de poules pondeuses en remplacement de la farine des graines de tournesol sans effet néfaste sur la santé des sujets et leurs performances de ponte. L'incorporation de la farine de feuilles de moringa à 2-5 % dans la ration des poulets de chair améliore aussi bien les performances de croissance que la fonction immunitaire et l'état sanitaire de l'intestin des poulets et qu'elle peut être envisagée en tant qu'agent bioceutique de substitution à l'administration d'antibiotiques (AYSSIWEDE et al., 2010).

2.3 Aliments composés complets pour poulet de chair

Il y a 50 ans, les poulets consommaient des graines de céréales entières dans les basses-cours. Actuellement, les aliments ou matières premières de façon rationnelle sont broyés, mélangés pour obtenir un aliment complet unique granulé ou farineux distribué ad libitum aux poules (KOUAMÉ YVES, 2012). Selon le même auteur, en alimentation complète classique, les volailles reçoivent différents aliments adaptés en taille à leur stade physiologique. Les céréales (maïs, blé) représentent la famille de matières premières majoritairement utilisée (60 à 80 % de la ration). Il s'agit d'homogénéiser la prise alimentaire avec des aliments le plus souvent présentés sous forme de granulés, ce qui laisse alors peu de place au choix alimentaire.

Les aliments de poulet de chair (démarrage, croissance et finition) sont constitués principalement de céréales (maïs souvent) comme source d'énergie, le tourteau de soja comme source de protéine, le son de blé, le complément minéralo-vitaminique, le calcaire, le phosphate bicalcique et les acides aminés essentiels (lysine et méthionine souvent) (**Tableau 7**).

Tableau 7 : Exemple de formule alimentaire pour poulet de chair (**BENAMIROUCHE et al., 2020**)

Ingrédients %	Démarrage	Croissance	Finition
Maïs	61,00	62,00	67,00
Tourteau de soja	29,70	26,00	18,00
Son de blé	6,00	8,50	12,00
Sel	0,60	0,90	1,00
Phosphate bicalcique	1,70	1,60	1,00
CMV	1,00	1,00	1,00
Valeur alimentaire calculée			
EM, kcal kg-1	3200	3300	3300
Protéine %	22,00	19,80	18,00
Lipides %	2,90	3,00	3,00
Cendres totale %	5,90	7,30	6,50
Phosphore %	0,42	0,42	0,38
Calcium %	1,00	1,00	0,90

2.3.1 Aliment de démarrage

La phase démarrage correspond aux 28 premiers jours du poulet, pendant lesquels il consommera environ 30 à 35 g d'aliment par jour soit 1 kg sur la période de démarrage. En pratique, cette phase est très délicate, notamment parce qu'il est difficile d'apporter les acides aminés soufrés (méthionine et cystine) en suffisance dans la ration. Il faudra veiller, en particulier chez le poulet « démarrage », à apporter ces nutriments limitants tout en évitant d'apporter en excès des protéines afin de respecter rigoureusement les exigences nutritionnelles et les équilibres entre les différents acides aminés (**MORINIERE, 2015**).

Un apport d'azote maximum pendant les premiers jours de vie des poussins est nécessaire car une carence en azote se traduirait par un arrêt de croissance et une perte d'appétit. Les niveaux protéiques dans la ration sont adaptés en fonction de l'âge du poulet de chair, les besoins protéiques correspondent à l'apport nécessaire en acides aminés indispensables, d'où la notion de besoins protéique remplacée de plus en plus par la notion de besoins en acides aminés (**AZZOUZ, 1997 citée par ATABI et AYED, 2018**).

2.3.2 Aliments de croissance

L'aliment 2^{ème} âge est moins riche en protéines. Il est utilisé à partir de la fin de la 4^{ème} semaine d'âge. Un poulet de chair consomme entre 2750 g et 3400 g d'aliment au cours des 21 jours suivants. Soit une consommation journalière d'environ 130 g à 160 g. Il faut donc 3 à 3,5 kg d'aliments 2^{ème} âge par poulet. Il est conseillé de faire une transition progressive entre les 2 provendes à partir du 2^{ème} jour de la 4^{ème} semaine d'âge (**GUYZODUCAMERG, 2014**).

2.3.3 Aliments de finition

L'aliment de croissance sera remplacé, durant cette période, par un aliment finition moins concentré en protéine et plus riche en énergie tout en respectant l'équilibre énergétique /protéique. Toute déficience nutritionnelle en un ou plusieurs acides aminés durant les deux premières phases d'élevages se traduit par une diminution du rendement en filet à la fin de cette période, car des travaux récents semblent montrer que les rendements filet sont optimisés lorsque les besoins permettant d'obtenir un I.C minimum sont optimisés durant les deux premières phases d'élevages (**LECLERCQ et BEAUMONT, 2008 Citée par DJEBBOURI et HAMRANI, 2017**).

Chapitre 3

Qualité de la viande de poulet de chair

3.1 Production et consommation de la viande de poulet

3.1.1 Dans le monde

La production mondiale de poulets et volailles est restée en croissance sur les dernières années malgré un petit ralentissement lié à l'épizootie d'influenza aviaire. Les Etats-Unis, la Chine et le Brésil occupent les premières places dans les pays les plus producteurs de viandes de volaille. De 2000 à 2007, la production mondiale de poulets et volailles a cru au rythme de 2,7 % par an en moyenne (**HAND, 2014**).

En 2015, la production mondiale de volaille a atteint, selon la FAO, 114,8 MT. Le premier continent producteur de volaille en 2015 reste l'Asie avec 35 % de la production mondiale (Chine, Inde, Thaïlande, Indonésie). 20 % de la production mondiale de volaille est assurée par l'Amérique du Nord (aux Etats-Unis principalement). En 3ème position vient l'Amérique du Sud qui contribue à hauteur de 19 % de la production mondiale grâce à la production Brésilienne. La FAO rapporte une hausse de la production mondiale de volaille en 2016 de 0,9 % par rapport à 2015 soit 115,8 MT produites dans le monde (**FAO, 2016 citée par EL BOUAMRANI et HADJ MOUSSA, 2017**).

Selon la **FAO (2021)**, la production de la viande de poulet de chair a atteint 118.017.161 tonnes équivalent carcasse en 2019 (Tableau 8). Le premier producteur de la viande de volaille est les Etats Unis d'Amérique suivi par le Brésil et la Chine.

Tableau 8 : Production des viandes (rouges et blanches) en tonnes dans certains pays du monde pour l'année 2019 (FAO, 2021)

Pays	Bovine	Ovine	Volaille
Monde	68313894	9922238	118017161
Algérie	146902	331967	264081
Inde	904883	276307	4187706
Maroc	283002	178770	782000
Brésil	10200000	97545	13516525
Chine	5942392	2467645	15147189
États-Unis d'Amérique	12348749	69490	20154743

Dans les économies moins avancées, la popularité du poulet s'explique en grande partie par un facteur : son prix. La viande de volaille est la moins chère et constitue la source de protéines animales la plus accessible. Le poulet a un excellent taux de conversion alimentaire et son cycle de production est très court, ce qui rend sa viande plus compétitive que les autres (JEAN, 2015)

La consommation moyenne de la viande de poulet est de 14,7 kg/hab/an dans le monde en 2019. D'après la même source, les premiers consommateurs de la viande de poulet dans le monde sont les Etats Unis (50,1 kg/hab/an), Malaysia (48,7 kg/hab/an) et Pérou (45,3 kg/hab/an) (OECD, 2020).

3.1.2 En Algérie

Le secteur de l'aviculture en Algérie est constitué de 20000 éleveurs, emploie environ 500 000 personnes et fait vivre environ 2 millions de personnes (OFAL, 2001).

En 2007, la filière avicole intensive réalisait un chiffre d'affaires de 86 milliards de dinars (1,780 milliards d'euros) et une valeur ajoutée brute de 410 millions d'euros, ce qui représente une partie importante de la richesse agricole qui se situe autour de 10 % (**KACI, 2012**).

En 2019 la production de la viande de volaille en Algérie est estimée à 264081 tonnes (**FAO, 2021**) (Tableau 8).

Au début des années 1970, les planificateurs Algériens, devant le déficit important en protéines animales dans la ration alimentaire, ont décidé de miser sur l'aviculture intensive pour le combler, compte tenu du fait que celle-ci échappe aux contraintes climatiques et du fait de la rotation rapide de son cycle de production. Le développement de la filière avicole en Algérie a permis une augmentation sensible de la consommation de viande de poulet de chair. Cette dernière, est passée de 0,82 kg/hab/an en 1972 à 9,18 kg/hab/an en 1986 (**FERNADJI, 1990**) puis à 9,70 kg/hab/an (**FAO, 2005**).

Comparativement à d'autres pays, l'Algérie reste, en matière de consommation de viande, loin derrière les USA, le Brésil, et l'UE qui ont enregistré en 2003 respectivement 51,8 kg/hab/an, 34,20 kg/hab/an et 22,9 kg/hab/an (**OFIVAL, 2004**). Selon les estimations qui sont données par la Direction du Développement de la Production Avicole au ministère de l'Agriculture, l'Algérien consomme en moyenne 12 kg de viande blanche par an (**ABACHI, 2015**).

La demande est très forte sur la viande de poulet durant les fêtes musulmanes (achoura, mouloud et aïd el fitr), le mois de Ramadhan est également caractérisé par une forte demande de la viande en général et la viande de poulet en particulier. Les fêtes de fin d'années (premier moharrem, yenaair, nouvel an) se caractérisent aussi par des pics de la demande de viande de poulet (**ELBAHITH, 2015**).

La cherté des prix des viandes rouges et les produits de la mer ont au contraire encouragé les éleveurs à mettre en place des bandes de poulets, vu l'importance de la demande sur cette viande (Restaurants universitaires, institutions publiques, Rôtisseries privées,.....etc.) (**OFAAL, 2019**).

3.2 Composition chimique et valeur nutritionnelle de poulet

Les viandes de volailles contiennent un grand nombre de nutriments qui participe à la couverture des besoins nutritionnels liés à la croissance et au maintien de l'organisme en parfaite santé. Les viandes de volailles constituant la source de protéine, de vitamines, de minéraux et d'oligo-éléments les moins chers qui existent sur le marché. Les viandes de volailles (poulet et dinde) ce sont des viandes plus maigres que le bœuf ou l'agneau et qui représentent les viandes santé par excellence (ANONYME 2). (Tableau 9).

Tableau 9 : Comparaison des valeurs nutritionnelles de 100 g de quelques viandes (Ciquel de l'Anses, 2021).

Elements nutritifs	Poulet (cuisse sans peau)	Veau (cote)	Lapin
Proteins (g/100g)	19,3	18,3	20,4
Glucide (g/100g)	0	0	0,66
Lipides (g/100g)	4,05	12,9	11,6
dont AG saturé	1,03	4,84	4,74
dont AG monoinsaturés	1,3	5,54	3,87
dont AG polyinsaturés	0,98	0,93	2,74
Cholesterol (mg/100g)	81	82	58,5
Fer (mg/100g)	1,8	4,29	1,64
Sélénium (ug/100g)	-	5,62	10
Zinc (mg/100g)	1,8	4,29	1,64
Sodium (mg/100g)	92	43,4	56,3
Vitamine B12 (µg/100g)	0,42	2,82	2,9
Energie (kj/100g)	478	787	787

3.2.1 Eau

Le corps de la poule est constitué de 70 % d'eau (**VANEEKEREN et al., 2006**).

3.2.2 Protéines

Les viandes de volailles sont riches en protéine de bonne valeur biologique. Les protéines sont les composants principaux des tissus musculaires, puisqu'elles représentent 75 % de la matière sèche (**BRUNEL et al., 2006**).

Ces protéines sont composées essentiellement de myosine, myoalbumine et de collagène. Il s'agit, pour la myosine et la myoalbumine, de protéines d'excellente qualité comportant tous les acides aminés indispensables ce qui confère aux viandes un très bon coefficient d'efficacité protidique. Le collagène, pauvre en tryptophane et en acides aminés soufrés, diminue la valeur biologique des viandes qui en sont riches. Il en est de même pour l'élastine dont l'équilibre en acides aminés indispensables est médiocre. Les viandes apportent d'autre part une petite quantité de substances azotées non protéiques (**ANONYME 3**).

La teneur en protéines de poulet standard âgé de 33 à 44 jours, est en moyenne de 18,5 % ($\pm 0,73$) et varie de 16,9 à 19,8 % (**BENYAMINA, 2017**).

3.2.3 Lipides

La teneur en lipides dans la viande de poulet est de 0,9 à 12 g/100 g et de cholestérol 81 mg/100 g ce qui la fait un aliment très adapté aux régimes minceurs et s'inscrivent donc tout à fait dans une stratégie de régime hypolipédimiant, hypocholestérolémiant de lutte contre l'athérosclérose (**ANONYME 2**).

La comparaison des viandes de volailles aux différentes viandes révèle que les viandes de volailles se comparent avantageusement moins grasses que les autres viandes. De quoi reconforter les qualités des viandes de volailles (**IDEO, 2020**).

Chez des poulets âgés de 41 à 60 jours, 42 % des lipides corporels totaux se retrouvent associés à la peau, 24 % au squelette, 22 % aux viscères dont 15 % sont dans la masse de gras abdominal et 8 % sont présents dans les muscles (**BENYAMINA, 2017**).

3.2.4 Minéraux

Les viandes de volailles sont une excellente source de minéraux et des oligo-éléments essentiels pour maintenir le corps humain en bonne santé. Les viandes de volailles contiennent

de nombreux minéraux et oligo-éléments parmi lesquels : le phosphore, le fer et le magnésium (IDEO, 2020).

3.2.5 Vitamines

La viande représente une excellente source de la majorité des vitamines B. Les quantités de vitamines du groupe B chez les volailles sont très similaires à celles des autres viandes alors que la viande rouge est la plus abondante en termes de vitamine B12, la viande de volaille contient une quantité importante de niacine. Les vitamines lipophiles telles que les vitamines E et K, contenues dans les muscles, sont moins abondantes dans la viande que les aliments à base de plantes (MARANGONI et al., 2015).

3.2.6 Energie

Les viandes de volailles sont relativement pauvres en graisses, une partie importante se situe dans la peau et est donc facile à enlever. L'apport énergétique de poulet est 525 kJ pour 100 g. C'est la dinde qui est la viande la moins calorique avec en moyenne une teneur de 451 kJ pour 100 g de viande crue. À l'opposé, le bœuf et surtout l'agneau sont des viandes plutôt grasses avec une teneur en calorie supérieure à 800 kJ/100 g. Ces différences entre espèces sont liées au taux de lipides qui influe directement sur la valeur énergétique de la viande (BRUNEL et al., 2006).

3.3 Qualité de la viande de poulet

D'après LEBRET (2004) la qualité d'un produit alimentaire est généralement caractérisée par quatre composants, souvent appelés «4S» : Sécurité (sécurité alimentaire, exigence minimale légitime des consommateurs), Santé (qualité nutritionnelle ou diététique des produits), Satisfaction (qualité organoleptique ou sensorielle), Service (facilité d'utilisation).

Les qualités des viandes dépendent des caractéristiques physico-chimiques elles-mêmes sous l'influence de facteurs génétiques et environnementaux (MONIN 2003 ; RENAND et al., 2003). La qualité des carcasses et des viandes des animaux peut être améliorée par une meilleure maîtrise des conditions de leur transport et de leur abattage. En effet, le stress de toutes natures que ce soit au cours de ces opérations peut modifier le métabolisme musculaire avec des conséquences sur de nombreux critères de qualité (MONIN, 2003).

La qualité de la viande fait référence à plusieurs attentes du consommateur et également des producteurs. On parle alors souvent non pas de la qualité, mais des qualités (au pluriel) de la viande.

3.3.1 Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle correspond à son aptitude à apporter au consommateur certains nutriments dont il a besoin : protéines (acides aminés), lipides (dont les acides gras essentiels notamment les omégas 3), vitamines, minéraux et oligo-éléments, tout en préservant, voire en améliorant sa santé (**LEBRET et MOUROT, 1998**).

Elle correspond à la capacité des produits à apporter certains nutriments aux consommateurs : protéines (acides aminés), lipides (dont les acides gras (AG) essentiels et ceux reconnus comme favorables pour la santé (AG oméga-3)), vitamines, etc (**LEBRET, 2004**).

La viande de poulet et celle des autres volailles ont les caractéristiques nutritionnelles suivant :

- digestibilité élevée due à une teneur en collagène réduite,
- richesse en protéines,
- faible teneur en acide gras insaturés de toutes les viandes (à égalité avec le lapin).

Ainsi, les viandes de volaille correspondent bien aux recommandations nutritionnelles actuelles et aux besoins de la vie moderne (**HANRI et al., 1992**).

3.3.2 Qualité organoleptique

La qualité sensorielle est la plus délicate à mesurer. Elle recouvre deux approches :

- l'approche analytique qui utilise la mesure, par un groupe de consommateurs entraînés, des caractéristiques sensorielles d'un produit ;
- l'approche hédonique qui vise à apprécier, auprès de groupes représentatifs de consommateurs, l'acceptabilité ou la préférence d'un produit

La diminution de l'engraissement des carcasses, qui constitue un des principaux objectifs de la sélection de volailles de chair, influence peu la qualité. Si elle ne semble pas avoir d'effet sur la qualité du filet, elle réduirait la tendreté de la cuisse et augmenterait sa saveur pour (**RICARD et TOURAILLE, 1988**).

CHAMBERS et al. (1989) retrouvent une moindre tendreté des carcasses les moins riches en lipides, mais notent que leur jutosité et leur saveur sont également plus réduites.

L'ensemble des auteurs travaillant sur la qualité de la viande s'accorde à dire que l'âge est le facteur essentiel de variation des propriétés sensorielles de la viande. L'abattage relativement tardif des poulets Label (à un âge minimal de 81 jours), lié à la faible vitesse de croissance des souches utilisées, conditionne largement la démarcation entre ce type de production et les poulets industriels : Les mâles âgés sont souvent préférés aux plus jeunes, leur viande étant plus ferme et de goût plus prononcé. Cette différence apparaît plus marquée pour les cuisses que pour les filets (**RABOT et al., 1999**).

La qualité organoleptique de la viande regroupe les propriétés sensorielles (couleur, tendreté, saveur et jutosité) à l'origine des sensations de plaisir associées à sa consommation (**DOGNON, 2018**) :

- **La couleur** : la couleur de la viande constitue, avec la qualité de gras visible, la forme et la structure du morceau, le premier ensemble de caractères pris en compte par le consommateur pour évaluer la qualité de la viande. La couleur dépend de la teneur et de l'état chimique du pigment essentiel, la myoglobine (**GEAY et al., 2002**).
- **La Texture et la tendreté** : la texture correspond à la tendreté et à la jutosité appréciée lors de la dégustation des viandes. La texture dépend du pouvoir de rétention en eau (lui-même résultat de l'évolution de la cinétique de chute du pH post-mortem), ainsi que de la teneur en lipides intramusculaires (**BENATMANE, 2012**).

Dans le cas de la viande de volaille, les problèmes de texture relèvent aussi bien d'une dureté excessive que d'un manque de cohésion de la viande. Néanmoins, la dureté excessive de la viande est devenue un problème réel en production avicole depuis le développement de la découpe des carcasses chaudes, alors que le muscle n'est pas encore en rigor mortis (**RABIH et RAMMOUZ, 2005**).

La tendreté peut être définie comme la facilité avec laquelle une viande se laisse trancher, et mastiquer, a contrario une viande dure sera difficile à mastiquer. Deux facteurs principaux jouent un rôle sur la tendreté, d'une part, le collagène (par sa quantité et sa nature), d'autre part, la myofibrille (par son état de contraction et son degré de maturation) (**TOURAILLE, 1994**).

- **La flaveur** : la flaveur d'un aliment correspond à l'ensemble des impressions olfactives et gustatives éprouvées au moment de la consommation (**Coibion, 2008**).

La flaveur de la viande est déterminée par sa composition chimique et les changements apportés à cette dernière par la cuisson. Des composés hydrosolubles aussi bien que liposolubles sont impliqués dans le développement de la flaveur au cours de la cuisson (**MONIN, 1991**).

- **La jutosité** : le facteur essentiel qui va jouer sur la jutosité est la capacité de rétention d'eau du muscle (**TOURAILLE, 1994**).

3.3.3 Qualité technologique

Le développement de l'industrie de découpe et de transformation suscite un intérêt particulier à la qualité technologique des viandes. Le pouvoir de rétention en eau, la couleur, l'aptitude au tranchage des blancs de poulet sont des critères héréditaires (**BERRI et al., 2001**).

La qualité technologique de la viande correspond à ses aptitudes à subir une transformation. La qualité de la matière première doit être définie par rapport à l'utilisation envisagée. Le pouvoir de rétention en eau de la viande fraîche est la capacité des 20 % de protéines musculaires à retenir les 75 % d'eau présents ; c'est une caractéristique essentielle pour la fabrication de viande cuite (**GIRARD, 1988**).

La qualité technologique de la viande représente sa capacité à être transformée et conservée. Elle dépend du produit que l'on souhaite fabriquer (viande crue hachée et viande crue non hachée) (**DOGNON, 2018**).

3.3.4 Qualité sanitaire des produits

Un élevage en claustration diminue les risques de contamination microbienne, notamment en réduisant les contacts avec les animaux sauvages (**AFSSA, 2003**).

Elle correspond à la présence de microorganismes pathogènes ou des toxines qu'ils peuvent produire, et de résidus alimentaires ou médicamenteux dans les viandes. La contamination microbienne des viandes résulte généralement d'une contamination à partir de la surface de la carcasse (**LEBRET 2004**).

On peut réduire la contamination microbiologique de la viande par un traitement thermique. La surface des carcasses de viande peut aussi être décontaminée partiellement en appliquant des acides organiques tels que l'acide lactique, l'acide acétique, ou des d'acides organiques (**SHAREDEH, 2015**).

Chapitre 4

Matériel et méthodes

4.1 Matériel biologique (viande)

Un élevage de 200 poussins chair d'un jour de la souche Cobb 500 a été lancé dans la région de Boumerdès. Les poussins ont été divisés au hasard en deux groupes avec 4 sous lots pour chaque groupe :

- Un groupe témoin recevant un aliment standard à base du maïs, tourteau de soja, son de blé, CMV, phosphate bicalcique et calcaire dans les trois phases de croissance.
- Un groupe expérimental, recevant un aliment standard dans la phase de démarrage, un aliment contenant 4 % de la farine de caroube dans la phase de croissance et un aliment à 6 % de caroube dans la phase de finition pour la substitution partielle du maïs.

A la fin de l'expérimentation (45 jours), deux poulets à partir de chaque sous lot ont été abattus, éviscérés et la peau a été enlevée. Environ 200 g de la viande de cuisse et de poitrine ont été prélevés et stockés dans des boîtes en plastique propre à -18 °C pour la réalisation des analyses physico-chimiques.

4.2 Détermination de la valeur alimentaire de la viande de poulet

4.2.1 pH (JORA, 2006)

Le principe de détermination du pH est basé sur le mesurage de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence, plongées dans un échantillon de viande ou de produit à base de viande.

A partir d'un échantillon représentatif de 200 g de viande, une quantité suffisante est homogénéisée deux fois en utilisant un hachoir de viande. Etalonner le pH-mètre puis introduire les électrodes dans la prise d'essai et lire le pH directement sur l'échelle de l'appareil (effectuer 3 mesures pour chaque échantillon).

4.2.2 Humidité

Le taux d'humidité de la viande a été déterminé par une méthode gravimétrique en déshydratant l'échantillon dans une étuve. Une prise d'essai de 5 à 6 gramme a été placée dans un creuset en porcelaine préalablement séché et pesé puis laissée déshydrater pendant 16 à 18 heures dans une étuve à 100 à 102 °C. Après le refroidissement du creuset dans le dessiccateur pendant 45 min la matière sèche restante est alors pesée (AOAC 2006 ; CLAFLIN, 2013).

La matière sèche (MS) de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS (\%)} = (M1 - M0 / M) \times 100$$

Le taux d'humidité est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = [100 - \text{MS}]$$

Où :

M0 : est la masse du creuset vide (g) ;

M1 : est la masse du creuset et du résidu après séchage (g) ;

M : est la masse de l'échantillon avant séchage (g).

4.2.3 Cendres totales (AOAC 920.153)

Le taux en cendres totales de la viande a été déterminé par une méthode gravimétrique en calcinant l'échantillon dans un four à moufle. Une prise d'essai de 2 à 5 grammes a été placée dans un creuset en porcelaine préalablement séché et pesé. Le creuset contenant la prise d'essai est placé dans un four de calcination durant 3 heures à 550 °C. Après le refroidissement des creusets dans le dessiccateur, les cendres totales sont pesés et le taux en cendres totales est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{CT (\%)} = (M1 - M0 / M) \times 100$$

Où :

CT : Cendres totales (%)

M0 : masse du creuset vide (en gramme)

M1 : masse du creuset contenant les cendres (en gramme)

M : masse de la prise d'essai (en gramme)

4.2.4 Protéines brutes

La méthode de Kjeldahl est basée sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'action oxydative de l'acide sulfurique bouillant sur la matière organique en présence d'un catalyseur constitué de 15 g de K_2SO_4 , 1,5 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Un gramme de viande est introduit dans un matras de 250 ml avec le catalyseur et 20 ml d'acide sulfurique concentré (96 à 98 %) et 5 ml de peroxyde d'hydrogène (30 %). Un blanc doit être préparé en utilisant le saccharose. Le mélange doit être minéralisé 30 min à 250 °C, plus 30 min à 350 °C et 60 min à 420 °C. Après refroidissement (50 à 60 °C) ajouter 50 ml d'eau distillée et 70 ml d'une solution de NaOH à 32 %. Distiller le mélange et récupérer le distillat dans 30 ml d'une solution d'acide borique à 4 % contenant quelques gouttes de l'indicateur coloré ensuite titrer le distillat par une solution de HCl à 0,1 N. Calculer la teneur en protéines dans la viande en utilisant la formule suivante :

$$P\% = [(V1 - V0) \times MN_2 \times N(\text{HCl}) \times 100 / (1000 \times m)] \times 6,25$$

Où : P : teneur en protéines (%).

V1 : volume de H_2SO_4 en mL nécessaire pour titrer l'échantillon.

V0 : volume de H_2SO_4 en mL nécessaire pour titrer le blanc.

MN_2 : masse moléculaire de l'azote soit 14g / mole.

$N(\text{HCl})$: normalité de l'acide sulfurique (0,1 N).

m : masse de l'échantillon (g).

6,25 : facteur protéique.

4.2.5 Lipides totaux (FOLCH et al., 1957 citée par AL-SAYED MAHMOUD, 2007).

Le dosage des lipides totaux par la méthode de **FOLCH et al. (1957)** consiste à une extraction à froid des lipides par un mélange de solvant chloroforme/méthanol (2/1 ; V/V). L'addition d'une solution de NaCl 0,7 % permet la séparation des phases. La phase supérieure constituée de méthanol et d'eau, contient les composés hydrophiles (glucides et protéines) dont la dissolution est favorisée par la présence de sel, tandis que les lipides sont dissous dans la phase organique inférieure. La pesée du ballon contenant l'extrait lipidique après évaporation du solvant permet de calculer la teneur en lipide exprimée en g par 100g d'échantillon (**CHAOUI, 2016**).

Environ 50 g de viande sont mélangés avec 200 mL chloroforme et 100 mL méthanol dans un mixeur pendant 2 minutes. Le mélange est filtré ensuite sous aspiration sur un verre fritté n° 3. On ajoute environ 200 mL de mélange de solvant chloroforme : méthanol (2 :1, v : v) sur le résidu pour assurer l'extraction de la totalité des lipides. Le filtrat est transféré dans une ampoule à décanter (forte agitation puis 2 heures de décantation) avec un ajout de 0,2 volume de solution de NaCl à 0,7 % à raison de 1 volume de NaCl pour 4 volumes de filtrat. La présence d'une émulsion peut être possible. Dans ce cas nous ajoutons quelque goutte d'éthanol.

Après séparation de deux phases, la phase inférieure est récupérée dans un ballon taré, puis le solvant est évaporé dans l'évaporateur rotatif à 50 °C pour obtenir la masse de lipides (moyenne de trois répétitions). Le pourcentage des lipides totaux peut être déterminé par la formule suivante :

$$MG(\%) = \frac{P2-P1}{P} \times 100$$

P2 : poids du ballon contenant les lipides (g).

P1 : poids du ballon vide (g).

P : prise d'essai (g).

4.2.6 Minéraux (Na, Ca, K et P)

4.2.6.1 Sodium et potassium

☞ Minéralisation de l'échantillon

- Mettez 2 à 5 grammes de l'échantillon dans un creuset ;
- Introduire le creuset dans le four de calcination (550 °C) pendant 3 h jusqu'à l'obtention des cendres blanchâtres ;
- Ajouter 10 ml de HNO₃ à 20 % dans chaque creuset ;
- Chauffer 5 min par plaque chauffante à 100 °C ;
- Filtrer par papier filtre et compléter avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml ;
- Conserver la solution minérale jusqu'à l'utilisation.

☞ Préparation de la gamme d'étalonnage de sodium

- Préparer une solution mère de sodium de 0,5 g/l, mettre 0,127 g de NaCl pur dans une fiole de 100 ml et compléter à 100 ml avec l'eau distillée.

- Préparer une gamme de six solutions filles comme des concentrations allant de 1,25 à 30 mg/l (Tableau 10).

Tableau 10 : Gamme étalon de sodium.

Solution mère (ml)	0,225	0,5	1	2	4	6
Eau distillée	Quantité suffisante pour 100 ml					
Concentration massique (mg/l)	1,25	2,5	5	10	20	30

☞ Préparation de la gamme d'étalonnage de potassium

- Préparer une solution mère de potassium (1,5 g/l), mettre 0,286 g de KCl pur dans une fiole de 100 ml et compléter à 100 ml avec l'eau distillée.
- A partir de la solution mère de potassium, préparer une gamme de six solutions filles comme il est indiqué dans le tableau 11.

Tableau 11 : Gamme étalon de potassium

Solution mère (μl)	1	2	3	4	5	6
Eau distillée (ml)	Quantité suffisante pour 100 ml					
Concentration massique (mg/l)	15	30	45	60	75	90

4.2.6.2 Dosage complexométrique du calcium et du magnésium

Le dosage des deux éléments est effectué sur la même prise d'essai.

☞ Principe

- Détermination du calcium par complexation par l'acide éthylène diamine tétraacétique (E.D.T.A.) en présence de murexide comme indicateur.
- Après destruction de la murexide par chauffage en milieu chlorhydrique, détermination du magnésium par complexation à l'E.D.T.A. en présence de noir Eriochrome T.

☞ Réactifs

- Solution de murexide à 0,075 % dans l'éthylène-glycol.
- Solution de noir Eriochrome T (dissoudre dans 25 ml d'éthanol 0,15 g de noir Eriochrome T et 0,5 g de borate de sodium).

- Solution tampon pH 10 (dissoudre 6 g de chlorure d'ammonium dans 50 ml d'ammoniaque. Compléter à 100 ml avec de l'ammoniaque).

- Solution aqueuse d'E.D.T.A. à 0,01 N.

- Ammoniaque concentrée.

- Acide chlorhydrique 5 N.

☞ Mode opératoire

○ Dosage du calcium

- Prélever une prise d'essai.

- Ajouter de l'eau de façon à avoir une dizaine de ml de solution.

- Amener la solution à pH 12 par de l'ammoniaque.

- Ajouter 1 ml de la solution de murexide.

- Titrer par de l'E.D.T.A. 0,01 N jusqu'à virage de la murexide (orange à violet)

○ Dosage du magnésium

- Après titrage du calcium, porter la solution à 50 - 60° C.

- Ajouter HCl 5 N jusqu'à décoloration de la murexide.

- Ajouter 10 ml de tampon pH 10 et 1 ml de la solution de noir Eriochrome T.

- Titrer par de l'E.D.T.A. 0,01 N jusqu'à virage du noir Eriochrome T (rouge au bleu).

☞ Calculs

- 1 ml d'E.D.T.A. 0,01 N correspond à 0,243 mg de magnésium et 0,400 mg de calcium.

4.2.6.3 Dosage du phosphore

La teneur en phosphore a été déterminée en utilisant la méthode phospho-vanado-molybdique décrite par Youshida et al. (1976).

Dans un tube à essai, 1 g d'échantillon a été mélangé avec 10 ml de mélange d'acides (750 ml de HNO₃ + 150 ml de H₂SO₄ + 300 ml d'HClO₄ à 60 %) et laissé 2 heures en prédigestion sous hotte puis chauffé par flamme de gaz (très faible) jusqu'à l'obtention d'une solution limpide. La solution limpide a été diluée dans une fiole de 50 ml par l'eau distillée puis filtrée par papier filtre N° 1. Dans un tube à essai, 1 ml d'extrait a été mélangé avec 2 ml de HNO₃ à (2 N) et diluer à 8 ml par l'eau distillée.

1 ml de la solution molybdate vanadate (mélange à volume égale d'une solution de 25 mg d'ammonium molybdate [(NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O] dans 500 ml d'eau distillée et 1,25 g de vanadate d'ammonium (NH₄ VO₃) dans 500 ml d'acide nitrique HNO₃ à 1 N) (fraîchement préparée) a été ajouté au mélange précédant et le volume a été complété à 10 ml par eau distillé. Le mélange a été agité puis incubé 20 min à l'obscurité et l'absorbance a été mesurée à 420 nm.

Une gamme d'étalonnage de 2,5 à 12,5 ppm a été préparée à partir d'une solution mère de phosphore (dissoudre 0,110 g de potassium phosphate monobasique (KH₂PO₄) dans l'eau distillée à 1 L. C'est la solution 25 ppm de phosphore). La teneur en phosphore (mg/100 g MF) a été déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage du phosphore.

4.3 Test d'oxydation (Mesures des diènes conjugués) (EYMARD, 2003)

La mesure des diènes conjugués est une méthode rapide réalisée par mesure spectrophotométrique à 233 nm directement sur l'extrait lipidique. Elle est couramment réalisée sur des extraits lipidiques dans l'hexane, le cyclohexane ou des alcools tels que l'éthanol, le méthanol ou l'isopropanol. Cependant les solvants précités n'ont pas permis la dissolution complète des extraits lipidiques. Après différents essais, le mélange isopropanol/heptane (3/1, v/v) a été choisi.

☞ Principe

Les diènes conjugués, produits primaires de l'oxydation des lipides se forment par réarrangement des doubles liaisons du radical lipoyle des acides gras polyinsaturés. Ces diènes conjugués possèdent un maximum d'absorption à $\lambda=233$ nm.

☞ Protocole

Un volume d'extrait lipidique, contenant environ 0,5 mg de lipides, est évaporé sous courant d'azote puis repris dans 1 mL d'isopropanol/heptane (3/1, v/v). Le spectre d'absorption de la solution est enregistré au spectrophotomètre, contre le solvant entre 200 nm et 400 nm. Les absorbances des échantillons sont lues à 233 nm et à 214 nm.

L'indice de diènes est obtenu par calcul du rapport des absorbances mesurées à ces deux longueurs d'onde (A_{233}/A_{214}). Ce calcul permet de corriger des variations de concentrations en lipides liés aux prélèvements, car la longueur d'onde 214 nm correspond au point isobestique. Les analyses ont été réalisées en triple sur chacun des extraits lipidiques des échantillons.

4.3 Analyses statistiques

Les résultats des analyses ont été exprimés en moyenne \pm SEM (standard error of mean) de trois mesures. Les droites d'étalonnage sont calculées par la méthode de la régression linéaire en utilisant l'Excel. La différence significative entre les différents résultats a été déterminée par l'analyse de la variance ANOVA one-way suivie par le test de Tukey pour les comparaisons multiples avec un risque d'erreur α fixé à 5 %. L'analyse statistique a été conduite par le Graph Pad Prism 7 statistics program.

Chapitre 5

Résultats et discussion

5. Détermination de la valeur alimentaire de la viande de poulet

La partie pratique de ce mémoire a été réalisée, durant trois mois, dans les laboratoires de département de sciences agronomiques à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila. Dans ce chapitre nous présentant l'ensemble des résultats des analyses alimentaires des cuisses et des filets de poulet témoin et de poulet expérimental sous forme de tableaux et d'histogrammes.

5.1 pH

Les résultats du pH de la viande des deux parties de poulet de chair, représentés dans le tableau 12, montrent que la viande de filet a un pH légèrement inférieur. Aucune différence significative n'est observée entre les valeurs du pH à l'exception entre celles des viandes de cuisse et de filet du contrôle ($p < 0,05$).

Tableau 12 : pH de cuisse et de filet du poulet (%)

Echantillons	EC	TC	EF	TF
pH	5,99 ^a	6,04 ^{ab}	5,90 ^a	5,71 ^{ac}
SEM	0,03	0,08	0,02	0,11

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. SEM : Ecart type moyen. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

a, b, c Deux lettres différentes dans la même ligne correspondent à une différence significative ($p < 0,05$) entre les variétés (test de Tukey).

Les valeurs du pH de la viande des filets témoin et expérimental obtenues par **BENAMIROUCHE et al. (2020)** à savoir $5,7 \pm 0,05$ % et $6,0 \pm 0,06$ % respectivement sont très proches à nos résultats.

Par rapport à une autre étude menée par **EDRIS et al. (2012)** nous constatons que nos valeurs du pH de la viande des filets de poulet sont très proches à la valeur de ces auteurs ($5,91 \pm 0,01$ %). Mais pour la viande des cuisses de poulet, les valeurs du pH que nous avons trouvées sont supérieures à la valeur obtenue les auteurs précités ($5,77 \pm 0,01$ %).

Le pH est la caractéristique de la viande fraîche la plus fréquemment mesurée. L'intérêt de la recherche est porté vers le développement de techniques de mesure du pH non invasives. Traditionnellement, le pH est mesuré par insertion d'une électrode dans le tissu musculaire. Chez la volaille, la variabilité du pH ultime est plus faible que celle de la vitesse de chute du pH (estimée par une mesure précoce). La mesure précoce du pH est plus importante pour les qualités de la viande de volaille que celle du pH ultime (**SANTE et al., 2001**).

5.2 Humidité

Le tableau 13 représente les taux d'humidité de la viande des cuisses et des filets de poulets témoin et expérimentale avec l'écart type moyen. De ces résultats, nous constatons que l'humidité de la viande des cuisses est supérieure à celle de la viande des filets et qu'elle est légèrement inférieure dans la viande de poulet expérimental par rapport au poulet témoin.

Le taux d'humidité de cuisse du contrôle est significativement supérieur ($p < 0,05$) de celui de cuisse expérimental alors que nous n'avons pas enregistré une différence significative entre les filets du contrôle et expérimental.

Tableau 13 : Taux d'humidité de cuisse et de poitrine du poulet (%)

Echantillons	EC	TC	EF	TF
Humidité	74,25 ^a	75,89 ^b	73,52 ^a	73,58 ^a
SEM	0,10	0,13	0,33	0,29

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. SEM : Ecart type moyen. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

a, b Deux lettres différentes dans la même ligne correspondent à une différence significative ($p < 0,05$) entre les variétés (test de Tukey).

Les taux d'humidité de la viande des filets enregistrés dans notre étude sont similaires à ceux trouvés par **BENAMIROUCHE et al. (2020)** soient $73,9 \pm 4,51$ % et $73,5 \pm 1,66$ % pour le contrôle et l'expérimental.

Dans une autre étude sur l'incorporation de la poudre d'ail dans l'alimentation de poulet de chair, **KIM et al. (2009)** ont enregistré des taux d'humidité allant de 72,98 à 73,73 % dans les cuisses du contrôle et expérimentaux. Ces résultats sont inférieurs aux nôtre.

AL-YASIRY et al. (2017) ont enregistré un intervalle de taux d'humidité entre 74 à 75 % et 74,11 à 74,93 % dans le pilon et le filet du poulet de chair.

Selon **BRUNEL et al. (2006)** la teneur en eau de filet du poulet est entre 71,5 et 78,4 % alors que pour la cuisse cette teneur est entre 70,8 et 77,4 %. Nos résultats sont inclus dans ces intervalles

La teneur en eau influence la jutosité et la tendreté de la viande. Si la quantité d'eau retenue diminue, le taux de protéines par unité de volume augmente, et donc la tendreté diminue. L'eau intramusculaire est située d'une part à l'intérieur des fibres : entre les filaments d'actine et de myosine, et entre les myofibrilles d'autre part. Elle se trouve aussi entre les fibres dans l'espace extracellulaire (**DASSENOY, 2003**).

5.3 Cendres totales

Le tableau 14 représente le taux de cendres totales de cuisse et filet du poulet témoin et expérimentale en pourcentage (%). Nos résultats montrent que les taux de cendres totales dans les viandes témoins et expérimentales sont très proches et il n'y a pas une différence significative entre eux ($p > 0,05$). Nos résultats de cendres totales sont compris entre 1,098 et 1,412 %.

Tableau 14 : Taux de cendres totales de cuisse et de poitrine du poulet (%)

Echantillons	EC	TC	EF	TF
Cendres totales (%)	1,412 ^a	1,098 ^a	1,244 ^a	1,200 ^a
SEM	0,170	0,055	0,088	0,090

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. SEM : Ecart type moyen. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

a Deux lettres différentes dans la même ligne correspondent à une différence significative ($p < 0,05$) entre les variétés (test de Tukey).

Les teneurs en cendres totales dans notre étude sont très proches à celle enregistrées par **BENAMIROUCHE et al. (2020)** dans la viande de cuisse et de filet de poulet ($1,02 \pm 0,04$ à $1,12 \pm 0,03$ %).

En revanche, les teneurs en cendres totale trouvées par **EDRIS et al. (2012)** à savoir $2,37 \pm 0,05$ % et $2,52 \pm 0,06$ % dans la viande de cuisse et de filet sont supérieures aux nôtres.

5.4 Protéines

L'Histogramme de la figure 4 représente les teneurs en protéines de la viande des cuisses et des filets de poulet témoin et expérimental. D'après ces résultats, il apparaît que la teneur en protéines dans la viande de cuisse témoin est supérieure à celle de l'expérimentale alors que la teneur en protéines dans la viande de filet expérimental est supérieure à celle du filet témoin.

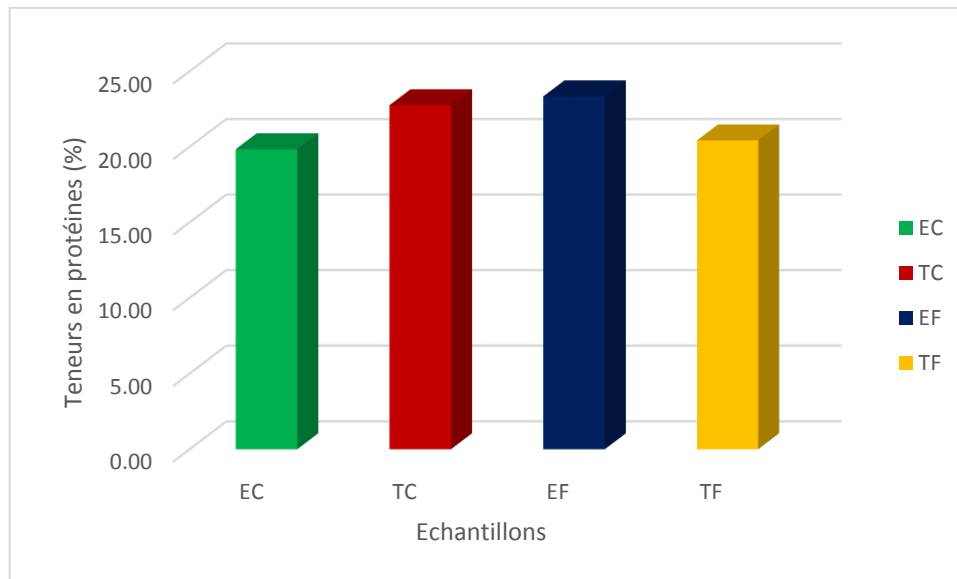


Figure 4 : Teneur en protéines dans la cuisse et la poitrine du poulet (%). Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

En comparaison avec les résultats des **BENAMIROUCHE et al. (2020)**, il apparaît que nos résultats sont supérieurs à ceux de ces auteurs qui ont enregistré des teneurs allant de $17,8 \pm 0,35$ à $22,2 \pm 0,37$ % dans la viande de cuisse et de filet de poulet.

BRUNEL et al. (2006) ont également évoqué des intervalles des teneurs en protéines allant de 18,6 à 26,2 % dans le filet de poulet et de 8,8 à 21,3 % dans la cuisse ; ce qui est en concordance avec nos résultats.

Nos résultats sont en accord avec ceux d'**IDEO, (2020)** à savoir 23,2 %.

5.5 Lipides

Le tableau ci-dessous montre le pourcentage de teneurs en lipides de la viande de cuisse et de filet de poulet et l'écart type moyen.

D'après ces résultats nous constatons que la teneur en lipides dans la viande de cuisse témoin est significativement ($p < 0,05$) supérieure à celle de cuisse expérimentale alors qu'il n'y a pas une différence significative ($p > 0,05$) entre les teneurs en lipides entre la viande des filets témoin et expérimental.

Ces résultats montrent aussi que la viande de filet est plus maigre que la viande de cuisse ($p < 0,05$).

Tableau 15 : Teneurs en lipides de cuisse et de poitrine du poulet (%)

Echantillons	EC	TC	EF	TF
Lipides (%)	4,28 ^a	7,42 ^c	1,48 ^b	1,51 ^b
SEM	0,01	0,30	0,07	0,33

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. SEM : Ecart type moyen. EC : expérimentale cuisse. EP : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TP : témoin filet.

a, b, c Deux lettres différentes dans la même ligne correspondent à une différence significative ($p < 0,05$) entre les variétés (test de Tukey).

Les teneurs en lipides de la viande des cuisses enregistrés dans notre étude sont similaires à ceux trouvés par **BENAMIROUCHE et al. (2020)** soient $7,40 \pm 1,37$ % et $4,78 \pm 1,85$ % pour le contrôle et l'expérimental.

BRUNEL et al. (2006) ont évoqué que la viande de cuisse est plus grasse avec une teneur moyenne en lipides de 3,9 % que la viande de filet qui ne contient que 1,33 % de lipides. Et ceci est cohérent avec ce que nous avons trouvé dans de nos recherches.

5.6 Sodium

Les résultats de teneur en sodium de la viande des deux parties de poulet de chair sont représentés dans la figure 5. De ces résultats, nous constatons que les teneurs en sodium de la viande de cuisse et de filet du contrôle sont supérieures à celles de la viande de filet et de cuisse du lot expérimental.

Dans le lot expérimentale la viande de cuisse comporte plus de sodium que la viande de filet alors que dans le lot témoin la viande de cuisse contient moins de sodium que celle de filet.

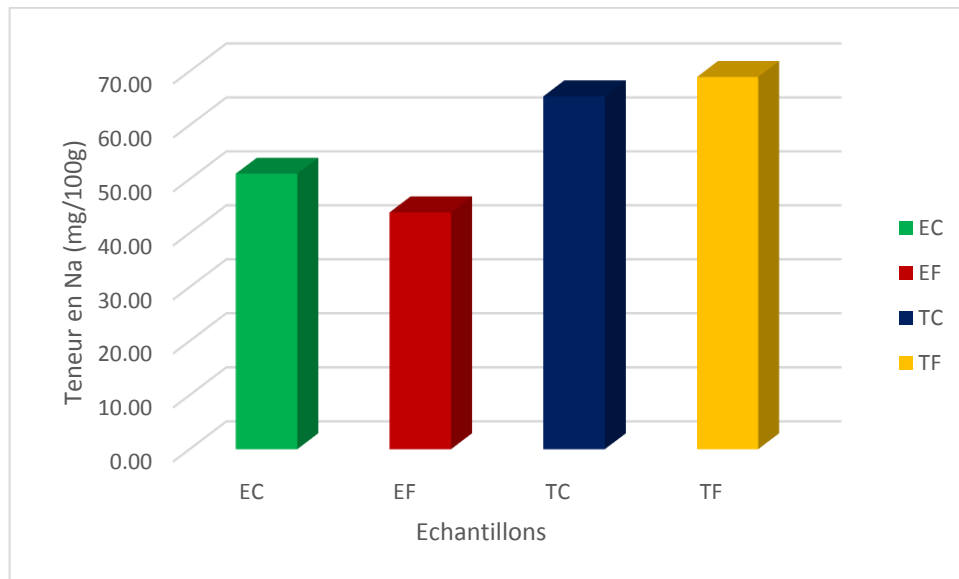


Figure 5 : Teneur en sodium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g). Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

Les teneurs en sodium dans le filet (74 mg/100 g) et la cuisse (91 mg/100 g) de poulet enregistrées par **ATYEO et al. (2014)** sont supérieures aux nôtres.

Dans une autre étude **BAROETRA (2007)**, ont enregistré des teneurs en sodium allant de 64 mg/100 g à 81 mg/100 g dans la carcasse et le filet de poulet. Ces résultats sont aussi supérieur aux nôtre.

Selon **ANSES, (2020)** la teneur moyenne en sodium de viande du poulet est 51 mg/100g. Ce qui est en concordance avec nos résultats.

5.7 Potassium

L'histogramme de la figure 6 représente les teneurs en potassium de la viande des cuisses et des filets de poulet (mg/100 g). Ces résultats montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les teneurs en potassium des viandes de poulet étudiées ($p > 0,05$).

La teneur en potassium la plus élevée est enregistrée par la viande de filet témoin alors que la plus faible teneur est enregistrée par la viande de cuisse expérimentale.

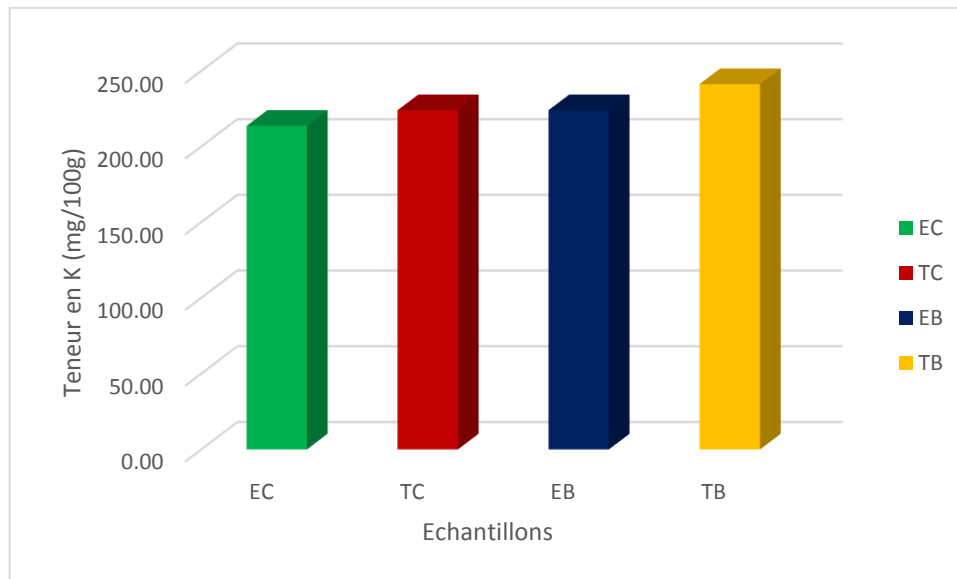


Figure 6 : Teneur en potassium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g). Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

Nos résultats sont inférieures à ceux d'**ANSES (2020)** qui évoque une teneur moyenne de potassium de viande du poulet de 287 mg /100g et à ceux **JDF (2021)** qui évoque une teneur moyenne de poulet de 290 mg/100g.

BAROETA (2007) ont trouvé des teneurs en potassium dans la viande de cuisse et de filet de 320 mg/100 g et 248 mg/100 g respectivement. Ces résultats sont supérieurs aux nôtres.

La valeur de potassium 242 mg /100 g dans la viande de cuisse trouvée par **ATYEO (2014)** est proche à nos résultats.

5.8 Calcium

Les résultats de la figure 7 révèle que les teneurs en calcium dans les viandes étudiées sont comprises entre 12,72 et 14,48 mg/100 g. Dans l'ensemble la viande des cuisses comporte plus de calcium que la viande des filets. Les viandes de cuisse et de filet témoin ont des teneurs en calcium supérieures à celles de filet et de cuisse expérimentales.

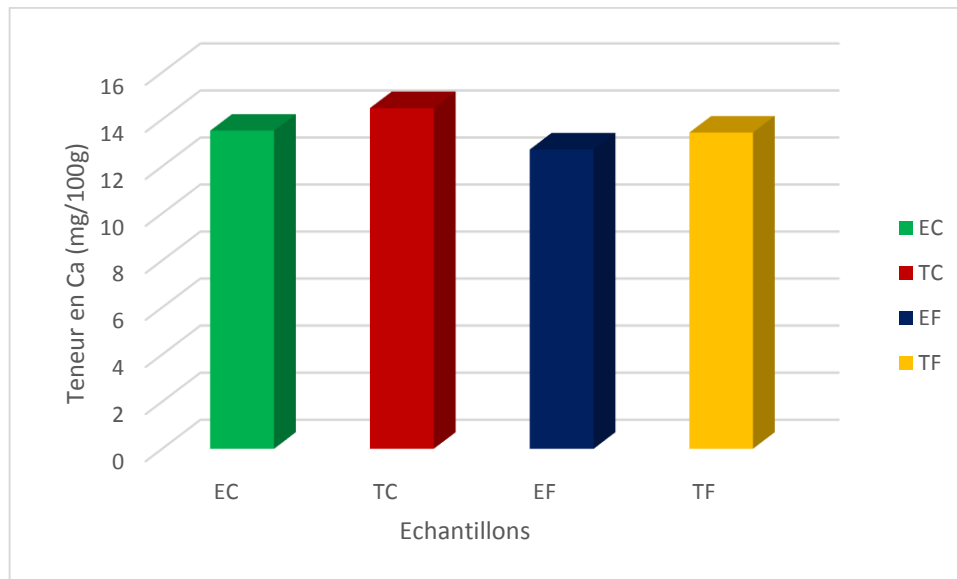


Figure 7 : Teneur en calcium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g). Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

Les teneurs en calcium de la viande des filets et des cuisses enregistrés dans notre étude sont supérieures à celles trouvées par **FRENOT et VEIRLING (2001)** soient 12 mg/100 g pour la viande de poulet.

Nos résultats sont proches à ceux évoqués par **JDF (2021)** à savoir en moyenne 13,6 mg/100 g.

En comparaison avec les résultats d'**ATYEO et al. (2014)** 5 mg/100 g et 12 mg/100 g, nous constatons que nos valeurs sont supérieures à celles trouvées par ces chercheurs.

5.9 Magnésium

La figure 8 représente les teneurs en magnésium dans la viande de cuisse et de filet du poulet. De ces résultats, nous observons que la viande de cuisse témoin comporte plus de magnésium que la viande de cuisse expérimentale alors que la viande de filet expérimentale contient plus de magnésium que la viande de filet témoin. Dans l'ensemble, la teneur en magnésium dans la viande de filet est supérieure à celle de la viande de cuisse.

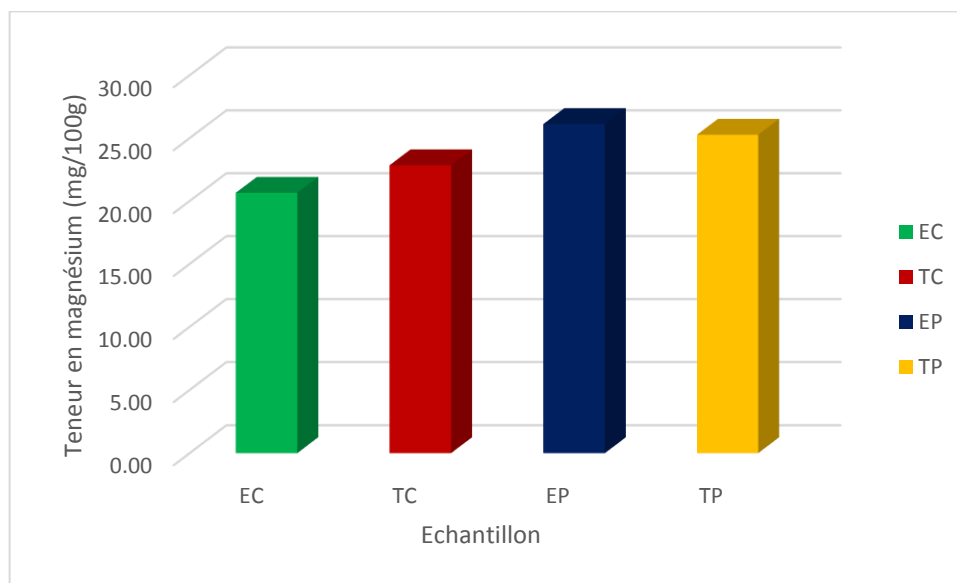


Figure 8 : Teneur en magnésium dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g). Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

La teneur en magnésium dans le poulet entier est 22 mg/100 g alors que pour la cuisse de poulet cette teneur est de 23 mg/100 g (**BAROETA, 2007**). Notre résultat de la viande de cuisse témoin est similaire à celui trouvé par cet auteur.

Dans une autre étude menée par **AL-YASIRY et al. (2017)** sur la valeur alimentaire de la viande de poulet, ces auteurs ont enregistré une valeur de 21 mg /100 g dans la cuisse qui a une valeur très proche à la nôtre contrairement à la teneur de filet (16,43 mg/100 g) qui est inférieure par rapport à la nôtre.

Nous constatons que les teneurs en magnésium obtenues dans notre étude sont supérieures à celles enregistrées par **CIQUAL, (2017)** à savoir 19,3 mg/100 g.

5.10 Phosphore

Les résultats des teneurs en phosphore dans les viandes étudiées (figure 9) révèlent que les viandes de cuisse et de filet expérimentales sont supérieures à celles des viandes de cuisse et de filet témoin.

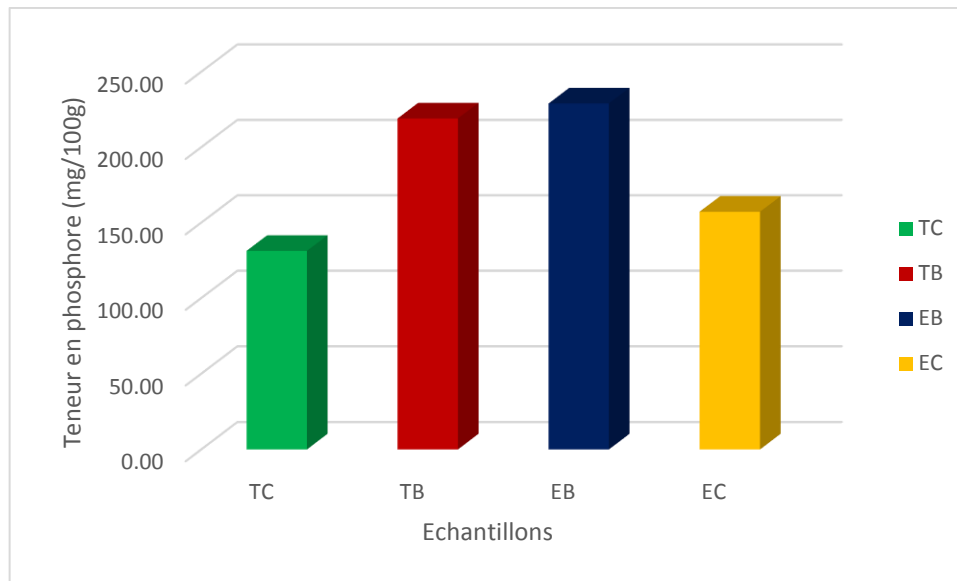


Figure 9 : Teneur en phosphore dans la cuisse et la poitrine du poulet (mg/100g). Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

BENAMIROUCHE et al. (2020) ont enregistré des teneurs en phosphore allant de $284 \pm 19,3$ à $275 \pm 10,3$ mg/100g dans les cuisses du contrôle et expérimental, et de $226 \pm 23,8$ à $314 \pm 17,9$ mg/100 g dans les filets du contrôle et expérimental. Ces résultats sont supérieurs aux nôtres.

Selon **AL-YASIRY et al. (2017)** la teneur en phosphore de filet du poulet est 240 mg/100 g alors que pour la cuisse cette teneur est 194,12 mg/100 g.

Et pour les études d'**ATYEO et al. (2014)** la teneur en phosphore de filet du poulet est 296 mg/100g alors que pour la cuisse cette teneur est 183 mg/100g. Nos résultats sont inférieurs à ces valeurs.

Dans une autre étude de **BOROETA, (2007)** a enregistré des teneurs allant de 173 mg/100 g à 147 mg/100g dans le filet et dans le poulet entier. Ces résultats sont inférieurs aux nôtre.

5.11 Test d'oxydation

Le tableau 16 représente les résultats de test d'oxydation des lipides des cuisses et des filets de poulet. D'après ces résultats, il apparait que les taux d'oxydation des lipides des viandes de cuisse et de filet de lot témoin est supérieur à ceux des viandes de cuisse et de filet de lot expérimentale avec une différence significative ($p < 0,05$).

Tableau 16 : Test d'oxydation des lipides de cuisse et de poitrine du poulet

Echantillons	TC	EC	EF	TF
Diènes conjugués A ₂₃₃ /A ₂₁₄	0,282 ^a	0,185 ^b	0,142 ^{bc}	0,235 ^{ab}
SEM	0,010	0,018	0,005	0,017

Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions. SEM : Ecart type moyen. EC : expérimentale cuisse. EF : expérimentale filet. TC : témoin cuisse. TF : témoin filet.

a, b, c Deux lettres différentes dans la même ligne correspondent à une différence significative ($p < 0,05$) entre les variétés (test de Tukey).

Conclusion

Au cours de notre stage effectué au niveau des laboratoires de département de sciences agronomiques à l'université Mohamed Boudiaf de M'sila nous avons évalué l'impact de l'incorporation de la farine de caroube comme ressource alimentaire locale dans l'alimentation de poulet de chair sur la qualité de la viande.

L'humidité, le pH, les protéines, la matière grasse et les minéraux (sodium, potassium, calcium, magnésium et phosphore) ont été dosés dans les cuisses et les filets des poules recevant un aliment du contrôle et un aliment expérimental.

Après la réalisation des différentes analyses physico-chimiques de la viande de deux parties de la carcasse de la poule (cuisse et filet) nous avons conclu que :

- La valeur alimentaire du poulet diffère en fonction du morceau dont les teneurs en matière grasse et en calcium sont supérieures dans la cuisse que dans le filet alors que ce dernier comporte plus du phosphore et de magnésium.
- La qualité nutritionnelle de la viande de poulet nourri avec un aliment qui contient la farine de caroube est comparable à celle de la viande de poulet témoin.
- L'utilisation de la farine de caroube dans l'alimentation de poulet de chair n'a pas un impact négatif sur la qualité nutritionnelle de la viande.
- Le degré d'oxydation des lipides de la viande du lot témoin est nettement plus supérieur que celui du lot expérimental.

En perspective, il est souhaitable d'évaluer l'impact de la supplémentation de la farine de caroube dans l'alimentation de poulet de chair sur le profil en acide gras.

Références bibliographiques

1. "ANSES. 2020. Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqual" 14850 : 555p.
2. **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 broiler chicken. Saudi Journal of Biological Sciences. (2015). 22: 139-146.
3. **ABERKANE C. ET AZEM M. 2017.** Etat des lieux de la filière avicole dans la région du centre algérien. Mémoire de docteur vétérinaire. Université Saâd Dahlab de Blida. 70p
4. **AFSSA, 2003** : Evaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique. <http://www.afssa.fr>
5. **ALLOUIN. 2011.** Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011. https://www.researchgate.net/publication/235678954_SITUATION_ACTUELLE_ET_PERSPECTIVES_DE_MODERNISATIONDE_LA_FILIERE_AVICOLE_EN_ALGERIE
6. **AL-YASIRY A.R.M., KICZOROWSKA B., SAMOLIŃSKA W.** Nutritional value and content of mineral elements in the meat of broiler chickens fed *Boswellia serrata* supplemented diets. J. Elem. (2017). 22(3): 1027-1037.
7. **AMESSIS-OUCHEMOUKH N., OUCHEMOUKH S., MEZIANI N., IDIRI I., HERNANZ D., STINCO C.M., RODRÍGUEZ-PULIDO F.J., HEREDIA F.J., MADANI KH., LUIS J.** Bioactive metabolites involved in the antioxidant, anticancer and anticalpain activities of *Ficus carica* L., *Ceratonia siliqua* L. and *Quercus ilex* L. extracts. Industrial Crops and Products. (2017): 956-973.
8. **ANGULO-CHACON.** Ressources nutritionnelles locales dans un pays tropical. Revue de l'alimentation animale. (1986) 395 : 41-48.
9. **ANONYME 1. 2020.** <https://www.ennaharonline.com/fr/les-prix-du-poulet-stablesdurant-et-apres-le-ramadhan/>
10. **ANONYME 2.** <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-3359-caroubier.html>
11. **ANONYME 2.** www.fisamaroc.org.ma
12. **ANONYME 03.** <https://www.doctissimo.fr/html/sante/phytotherapie/plantemedicinale/caroubier.htm>
13. **ANONYME 3 : 2011.** Les catégories d'aliments. Collège des Enseignants de Nutrition. Université Médicale Virtuelle Francophone. 31p.
14. **ANSES. 2020.** Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqual. Consulté le JJ/MM/AAAA. <https://ciqual.anses.fr/> "
15. **ARAB, 2013:** Effet des composés phénoliques de la caroube sur les paramètres du stress oxydatif chez des rates soumises à un rypergras. Mémoire de master. Biologie. Université Abou Bakkr Belkaid. Tlemcen. 75p.
16. **ATYEO K. 2014.** Les Producteurs de poulet du Canada. Rapport D'analyse Nutritionnelle : 21- 26p
17. **AUGERE-GRANIER M-L. 2019.** Le secteur de la viande de volaille et des œufs de l'Union européenne : Principales caractéristiques, défis et perspectives. Service de recherche pour les députés Parlement Européen 644.195. 22p.
18. **AYSSIWEDE S.B., CHRYSOSTOME C., DIENG A., DAHOUDA M. et MISSOHOU A.** Ressources alimentaires non conventionnelles valorisables en alimentation de la volaille en Afrique : cas des feuilles de certaines plantes légumineuses (*Moringa oleifera*, *Leucaena leucocephala*, *Cassia tora*) et aquatiques (*Azolla pinnata*). Revue Africaine de Santé et de Productions Animales (**RASPA**). (2010) : 8 (1). 1-24.
19. **AZZOUZ H. 2006.** Alimentation de poulet de chair. Institute technique des Elevages. Pp : 5, 7, 11.

20. **BAHLOUL A., KITANE S. ET KHELIFA M. 2013.** Nouveau procédé de traitement et valorisation de graine de caroube par cuisson thermique en autoclave et séparation de l'épluchure par voie mécanique. Brevets. WO 2013/129899 A1. 17p
21. **Baroeta A. 2007.** Nutritive value of poultry meat: relationship between vitamin E and PUFA. World's Poultry Science Journal, Vol. 63, June 2007: 277-284
22. **BATTLE et TOUS, 1997 :** Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy 1-97.
23. **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.
24. **BENABDELJELI. 1990 :** Des légumineuses en tant que source protéique alternative dans les rations de poulet chair. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat (Maroc). CIHEAM Options Méditerranéennes, Sér. A / n°7, 1990 - L'aviculture en Méditerranée.
25. **BENAMIROUCHE K., BAAZIZE-AMMI D., HEZIL N., DJEZZAR R., NIAR A. AND GUETARNI D.** Effect of probiotics and *Yucca schidigera* extract supplementation on broiler meat quality. Acta Scientiarum. Animal Sciences. (2020). 42 : 1-9.
26. **BENATMANE F. 2012 :** Impact des aliments enrichis en acides gras polyinsaturés n-3 sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle des viandes : cas du lapin et du poulet de chair. Thèse doctorat. UMMTO. pp 6-13.
27. **BENFRID M. 1993.** Schémas et mode de fonctionnement du système de vulgarisation dans les filières avicoles et bovines laitières en Algérie. 1993. In : Bedrani S., Elloumi M., Zagdouni L. La vulgarisation agricole au Maghreb : théorie et pratique. Paris : CIHEAM Cahiers Options Méditerranéennes ; n. 2(1). 123-127.
28. **BENYAMINA H. 2017.** Evaluation de la qualité nutritionnelle et organoleptique des viandes blanches : cas de la Dinde et Poulet. Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen. Master en Agronomie.
29. **BERRI C. et JEHL N., 2001.** Facteurs de variation de la qualité technologique et organoleptique des viandes de poulets (245-252). In : 4èmes Journées de la Recherche Avicole.- Nantes (FRA).-ITAVI 485p
30. **BEYER, 2014 :** Utilisation du sorgho grain dans l'alimentation des volailles : stratégies de formulation, conditions de fabrication et valeur nutritionnelle pour poulets de chair, poules pondeuses et dindons. http://www.grains.org/sites/default/files/technicalpublications/pdfs/Use_of_Sorghum_in_Poultry_Feeding_-_French.doc
31. **BOUDOUMA D. 2008.** Valorisation du son de blé dans l'alimentation des volailles. Thèse de doctorat. Sciences Agronomiques. ENSA. 172p
32. **BOUHAROUD R. 2007.** Inventaire, Quantification et Utilisation Potentielle des Sous-Produits Agro-Industriels chez les Ruminants En Algérie. Mémoire de magister. Alimentation et Performances Zootechniques. Université Saâd Dahleb de Blida. 118p.
33. **BOUVAREL I., LESSIRE M., NARCY A., DUVAL E., GRASTEAU S., QUINSAC A., CARINE PEYRONNET C., TRAN G ET HEUZE V.** Des sources de protéines locales pour l'alimentation des volailles : quelles voies de progrès ? OCL. (2014). 21(4) : D405. p2.
34. **BROUILLET L, COURSOL. F ET FAVREAU. M, 2006.** VASCAN. The database of Canadian vascular plants. Herbar Marie-Victorin, Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal.
35. **BRUFAU J. 1990.** Utilisation de l'orge dans l'alimentation des volailles en Espagne. CIHEAM - Options Méditerranéennes, Sér. A 1 n°7, 1990 - pages 91-96 - L'aviculture en Méditerranée

36. **BRUNEL V., JEHL N., DROUET L., ET PORTHEAU MC.** Viande de volailles : Sa valeur nutritionnelle présente bien des atouts. *Viandes Prod. Carnés.* (2006). 25 (1): 18-22.
37. **CETIOM, 2001.** Le tourteau de colza ; une source de protéines équilibrée en alimentation animale. Edition CETIOM - Centre de Grignon - BP4 - 78850 ThivervalG.http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/PDF_fiches_TK/co_tourteau_x.pdf
38. **CETIOM, 2003** : Tourteau de tournesol : des protéines de qualité et des fibres. Edition CETIOM - Centre de Grignon - BP4 - 78850 Thiverval-Grignon.
39. **CIQUAL. 2017.** Licence ouverte observation des aliments de l'ANSES (agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).
40. **COIBION L. 2008.** Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : adaptation à la demande du consommateur. Thèse de doctorat. Université Paul-Sabatier de Toulouse. 96p.
41. **DASSENROY R.M.R. 2003.** Bêta-agonistes et qualité de la viande. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire Toulouse. France. 56p
42. **DE BLAS, J.-C, TABOADA. E, MATEOS. G.-G, NICODEMUS. N, MENDEZ. J, 1995.** Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci.*, 73 (4): 1131-1137.
43. **DOGNON, 2018 : DOGNON S. R., SALIFOU C. F. A., DOUGNON J., DAHOUDA M., SCIPPO M. L., YOUSAO A. K. I.** Production, importation et qualité des viandes consommées au Bénin. *J. Appl. Biosci.*, (2018).124, 12476-12487.
44. **DRAGOUL. C, RAYMOND. G, MARIE-MAELEINE. J, ROLAND. J, MARIE-JAQUELINE. L, BRIGITTE. M, LOUIS. M ET ANDRE. T. 2004.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage Tome 2. Page 34-35. Educagri Edition, Dijon. ISBN 978-2-84444-347-2.
45. **DUVAL. J. 1991** : Utilisation du seigle en alimentation animale. Ecological Agriculture Projects, McGill University. <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab370-02.htm#Alimentation de la volaille>.
46. **Edris A.M., Hemmat M.I., Shaltout F.A., Elshater M.A., Eman F.M.I.** chemical analysis of chicken meat with relation to its quality. *Benha Veterinary Medical Journal.* (2012) 23: 87-93
47. **ELBAHITH, 2015** : Structure et organisation de la filière avicole en Algérie, C42, Q13, R11, 2015, Algérie.
48. **FEEDIPEDIA. 2020.** Animal feed resources information system. <https://www.feedipedia.org/node/227>
49. **FEILLET P., 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. Ed. INRA Paris, 305p.https://books.google.dz/books?id=b8eUc0Q_wP4C&printsec=frontcover&dq=Le+grain+de+bl%C3%A9:+composition+et+utilisation
50. **FENARDJI F. 1990.** : Organisation, performances et avenir de la production avicole en Algérie. Options méditerranéennes série A/ n° 7. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a07/CI901600.pdf>
51. **FERRAH. 2004.** Les filières avicoles en Algérie. Bulletin d'information. OFAAL. 30p.
52. **FERRANDO R. 1969.** Alimentation du poulet de chair et de la poule pondeuse. Vigot Frères. Paris : 190p.
53. **Franck, 1980.** L'alimentation rationnelle des poulets de chair et des pondeuses. Edition : ITAVI. Paris. 41p.
54. **FRENOT M. et VIERLING E. 2001.** Biochimie des Aliments : Diététique du Sujet Bien portant. Biosciences et Techniques. Editions, Doin, Paris.
55. **GEAY Y., BAUCHART D., HOCQUETTE J-F., CULIOLI J.** Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod. Anim.* (2002). 15 : 37-52.

58. **GEOFFROY F., NAVES M., SAMINADIN G., BOREL H. ET ALEXANDRE G. 1991.** – Utilisation des ressources alimentaires non conventionnelles par les petits ruminants. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* (N°spécial) : 105-112.
59. **GIRARD, J.P. 1988 :** Technologie de la viande et des produits carnés, Technique et documentation - Lavoisier, 280 pages.
60. **GUÉGUEN et CERLETTI, 1994.** Proteins of some legumes seeds: soybean, pea, fababean and lupin. In: B.J.F. Hudson (ed), *New and developing sources of food proteins*, 145-193. Chapman and Hall, USA.
61. **GUERIN. H, MAIGNAN. G, RASAMBAINARIVO. J.-H, 1989.** L'alimentation du bétail à Madagascar, les ressources en matières premières, leur utilisation par l'élevage, action à mener pour le développement durable des productions animales. Vol. 1: Ministère de la production animale.
62. **GUYZODUCAMER. 2014.** Comment élever le poussin les 21 premiers jours. <http://neoindependance.canalblog.com/archives/2014/01/10/28917950.html>
63. **HAND. 2014.** production et la consommation mondiale de poulet, 12 octobre 2010.
64. **IDEO. 2020.** Composition et valeur nutritionnelle des viandes de volailles. FISA Maroc.
65. **INRA. 2002.** Les qualités nutritives des tourteaux de colza. <http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/?IDR=4837>.
66. **INRA. 2014.** Filière volaille de chair. Analyse des voies de progrès en agriculture conventionnelle. Synthèse du Volume 4 de l'étude « Vers des agricultures à hautes performances ». 16p. 67. JDF d'après ANSES. 2021
68. **JEAN S. 2015.** Viande de volaille, le coopérateur agricole, édition avril. vol. 44 N°4, Montréal.
69. **JEAN-LUC G. et al. 2011.** Maladies des volailles. Editions Frances Agricole. 3ème édition. 539p
70. **JONDREVILLE C., GENTHON C., BOUGUENNEC A., ET NYS Y. 2007.** Utilisation du triticale dans l'alimentation du poulet : estimation de l'efficacité de la phytase végétale pour améliorer la disponibilité du phosphore. Septièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 28 et 29 mars 2007.
71. **KACI A. 2009.** Présentation des premiers résultats d'enquêtes sur l'aviculture. 3e journées sur les Perspectives agricoles et agroalimentaires maghrébines, libéralisation et mondialisation « Projet PAMLIM ». Casablanca, 27-29 mai 2009.
72. **Kaci A, Cheriet F. 2013.** Analyse de la compétitivité de la filière de viande de volaille en Algérie : tentatives d'explication d'une déstructuration chronique. *Ecole Nationale Supérieure Agronomique – INA Alger, Algérie. New Medit N 2/2013. P11-21*
73. **KACI A., 2012.** La filière avicole algérienne à l'ère de la libéralisation économique. *Cah Agric 24* : 151-60. Doi : 10.1684/agr.2015.0751
74. **KAYSI et MELCIO, 1992 :** Traitements technologiques des protéagineux pour le monogastrique : exemples d'application à la graine de la féverole. *INRA Productions animales*, 1992, 5 (1), pp.3-17.
75. **KIM Y. J., JIN S. K., and YANG H. S.** Effect of dietary garlic bulb and husk on the physicochemical properties of chicken meat. *Poultry Science.* (2009). 88: 398–405. doi: 10.3382/ps.2008-00179
76. **KOUAMÉ Y. 2012.** Effets du sorgho grain entier et broyé en alimentation séquentielle et mélangée chez le poulet de chair au Sénégal. Thèse de doctorat. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Ecole Inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires (E.I.S.M.V.). 144p.
77. **LARBIER M. ET LECLERQUE B. 1991.** Nutrition et alimentation des volailles. Edition : INRA. France. 355p.
78. **LARBIER M. et LECLERCQ B. 1992 :** Nutrition et alimentation des volailles. Matières premières utilisées en aviculture. Page 255-302. INRA édition.

79. **LARRALDE et MARTINEZ. 1991.** Nutritional value of faba bean: effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires* 10, 111-117.
80. **LÁZARO R., GARCÍA M., ARANÍBAR M.-J., MATEOS G-G.** Effect of enzyme addition to wheat-, barley- and rye-based diets on nutrient digestibility and performance of laying hens. *Br Poult Sci.* (2003) 44(2): 256-65.
81. **LESSIRE M., HALLOUIS J-M., QUINSAC A., PEYRONNET C., et BOUVAREL I. 2009.** Valeur énergétiques et azotée des nouveaux tourteaux de colza obtenus par pressage ; comparaison entre coq et poulet. Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 2009.
82. **MAGDELAINE P. 2014.** Panorama mondial de l'aviculture chair et enjeux de compétitivité pour la France. p1.
83. **MATEOS et PUCHAL. 1981.** Temperature germination responses in three mediterranean evergreen sclerophylls. In: Margaris N.S. & Mooney H.A., (Eds). *Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects.* Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London. pp. 277-279.
84. **MERCK, 2003.** In : Le manuel vétérinaire Merck 2eme édition française Edition : Susan E Aiello B.S, D.V.MELS 1983-2013.
85. **METAYER J-P., SKIBA F. et VILARINO M. 2011.** Valeur énergétique du triticales chez le poulet label. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011.
86. **MONIN G. 2003.** Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.* (1991). 4(2) ,151-160.
87. **MORINIERE F. 2015.** Alimentation des volailles en agriculture biologique. Cahier technique. 20 p.
88. **MYER et EROSETH. 1980.** Processing and methionine supplementation of cull pea diets for chicks. In: Proceeding, western section, American Society of Animal Science, 31, pp. 1 16-1 20.
89. **OCDE/FAO. 2020.** « Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO », Statistiques agricoles de l'OCDE (base de données), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-fr>.
90. **ONAB info. 2004.** Périodique d'information du groupe ONAB numéro 1 – Mars – Avril 2004. Disponible sur http://www.onab.dz/webzine_archives.php?ar=ok
91. **PERON A., OWUSU-ASIEDU A., DEBICKI-GARNIER A-M., MESSENGER B., JEWELL S. et CROXALL R. 2011.** Effet d'une nouvelle combinaison xylanase / β glucanase sur les performances du poulet de chair nourri avec un aliment à base de blé et d'orge. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011.
92. **RABIH et RAMMOUZ. 2005.** Étude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH. Thèse doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 152p.
93. **REPÉRANT J-M. 2013.** La résistance aux anticoccidiens utilisés en volaille : Résistance aux antiparasitaires, notamment aux anticoccidiens utilisés en volaille. Les cahiers. de la Recherche Santé, Environnement. Travail ANSES, (2013). Les multirésistances, pp.32. <<https://www.anses.fr/fr/content/les-cahiers-de-la-recherche>>. <Anses-01702390>.
94. **RICARD et TOURAILLE. 1988.** Selection for leanness and carcass quality. In: Leclercq B. And Whitehead C.C. (eds), *Leanness in domestic birds: genetic, metabolic and hormonal aspects*, 377-386. Butterworths, Sevenoaks (GB).
95. **ROSEIRO LB., DUARTE LC., OLIVEIRA DL.** Supercritical ultrasound and conventional extracts from carob (*Ceratonia siliqua* L.) biomass: effect on the phenolic profile and antiproliferative activity. *Ind. CropsProd.* (2013). 47 : 132-138.

96. **SANTE V., FERNANDEZ X., MONIN G., RENO J.P.** Nouvelles méthodes de mesure de la qualité des viandes de volaille. *Productions animales*, Institut National de la Recherche Agronomique, 2001, 14 (4), pp.247-254. fihal-02683103ff
97. **SCOTT M. L., NESHEIM M. C. et YOUNG R. J. 1976.** Nutrition of chicken. Ed. By M.L. Scott and associates Publishers. Ithace, NewYork.
98. **SENOUCI C. et NAAK N. 2018.** La consommation des protéines animales dans la Wilaya de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Master en sciences Agronomique. 72p.
99. **SHAREDEH. 2015.** Analyse du transfert de matière et des modifications biochimiques et structurales de tissu musculaire lors du marinage, saumurage et malaxage des viandes. Doctoral dissertation. 11p
100. **SHAW D.V.** Genotypic variation and genotypic correlation for sugars and organic acids of strawberries. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* (1988) 113: 770–774.
101. **SONAIYA E.B. et SWAN S.E. J. 2004.** Production en aviculture familiale. Un manuel technique. Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et L'agriculture (FAO).Rome. 140p.
102. **TACHER, G., RIVIERE, R. et LANDRY, C., 1971.** Valeur alimentaire pour les poussins et les poulets de chair du tourteau de coron sans gossypol. Rapport IEMVT/Laboratoire de Farcha, 85 p.
103. **THE POULTRY CLUB. 2017.** Le club de volaille des liaisons de la Grande- Bretagne 2017, DEFRA.
104. **TOURAILLE.** Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Renc. Rech. Ruminants.* (1994). 1 : 169- 176.
105. **VAN.EEKEREN N., MAAS A., SAATKAMP H.W., VERSCHUUR M., 2006.** L'élevage des poules à petite échelle. Wageningen: fondation Agromisa et CTA, 97p.
106. **VILARIÑO M., METAYER J-P., SKIBA F. 2011.** Effet de la finesse de mouture du sorgho grain sur sa valeur nutritionnelle chez les volailles. Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 29 et 30 mars 2011.
107. **ILARINO M., SKIBA F., METAYER J-P. et GAÜZERE J-M. 2005.** Valeur nutritionnelle du triticale en comparaison au blé et performances de croissance en conditions d'élevage chez le poulet de chair. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 30 et 31mars 2005.
108. **WANG ET UBERSCHÀR.** The estimation of vicine, convicine and condensed tannins in 22 varieties of fababeans (*Vicia faba L.*). *Anim. Feed Sci. Technol.* (1990). 31: 157-165.
109. **WEURDING R., Veldman A., Veen W., Van Deraar P., Verstegen M. 2001.** Starch Digestion Rate in the Small Intestine of Broiler Chickens Differs among Feedstuffs. *J. Nutr.*, 131 (9): 2329-2335. The American Society for Nutritional Sciences.
110. **Wilson B-J., McNab J-M. and Bentley H. 1972.** Trypsin inhibitor activity in the field beans (*Vicia faba L.*). *J. Sci. Fd Agric.* 23, 679-684. Neglected crops (carob tree, *Ceratonia siliqua L.*). International Plant Genetic Resources.
111. **ZITARI. 2008.** Etude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux. Université de Sousse, Master 2008.

Annexe 01

Les appareils et le matériel utilisés pour la réalisation des analyses physico-chimiques sont résumés dans le tableau suivant :

Les appareils	La marque
1. La haute	1. Kottermam
2. L'étuve	2. Nuve Mettler
3. L'agitateur magnétique	3. Stuart
4. Spectrophotomètre	4. SHIMA DZU
5. Photométrie de flamme	5. JENWAY
6. Bain-marie	6. Mettler
7. Balance de précision	7. O.HAUS° KERN(ABJ)
8. pH-mètre	8. Inolab.WTW
9. Four à moufle	9. CARBOLITE
10. Rotavapor.R	10. BÜCHL
11. Appareil Kjeldhal	11. Behrotest
12. Vortex	12. Fischer scientific
13. dessiccateur	

Le matériel
1. Flacon
2. Becher
3. Pissette
4. Entonnoir
5. Tube à essai
6. Fiole
7. Ampoule à décanter
8. Potence
9. Micropipette et pipettes graduées
10. Pipeteur
11. Instruments de prélèvement : Pince - Spatule - Cuillère - Papier aluminium - papier filtre
12. Les creusets

Annexe 02

Les réactifs et les solvants utilisés pour la réalisation des analyses physico-chimiques sont résumés dans le tableau suivant :

Les réactifs et les solvants	La marque
1. Acide nitrique	1. Panrac
2. Acide borique	2. GPR RECTAPUR
3. Sodium hydroxyde	3. SIGMA-ALDRICH
4. Méthylène Bleu	4. BIOCHEM Chemopharma
5. Méthyl Red	5. BIOCHEM Chemopharma
6. Hydrochlorique acide	6. BASIC charlau
7. Acide sulfurique	7. Honeywell Fluka
8. Chloroforme	8. BIOCHEM Chemopharma
9. 2-Propanol	9. BIOCHEM Chemopharma
10. Méthyl Orange	10. BIOCHEM Chemopharma
11. Calcium chloride	11. BIOCHEM Chemopharma
12. Sodium chloride	12. VWR CHEMICALS
13. Ethanol	13. VWR CHEMICALS
14. Ammonium chloride	14. BIOCHEM Chemopharma
15. E.D.T.A. disodium Ethylenediaminetetraacetic acid disodium	15. BIOCHEM Chemopharma
16. Ammoniaque	16. P R S
17. Methanol	17. VWR PROLABO
18. Copper (II) sulfate penta hydrate	18. BIOCHEM Chemopharma
19. Potassium sulfate	19. VWR PROLABO
20. Ether de pétrole	
21. Eau distillé et eau javel	
22. Pierre ponce	

Annexe 03

Les courbes détalonnages du « sodium, phosphore, potassium »

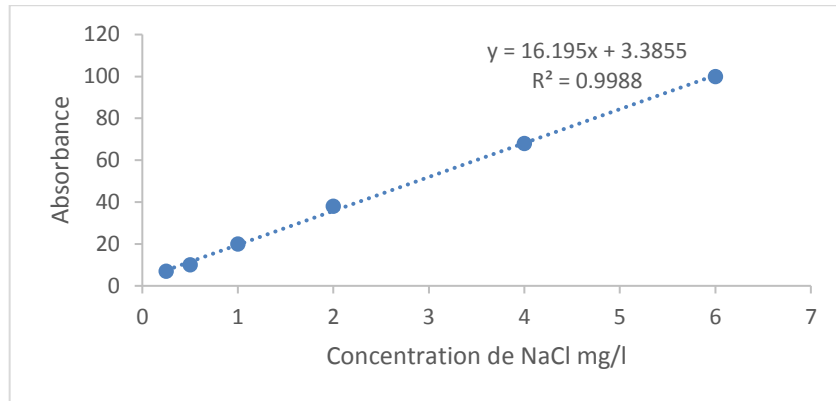


Figure 1 : Courbe d'étalonnage de sodium

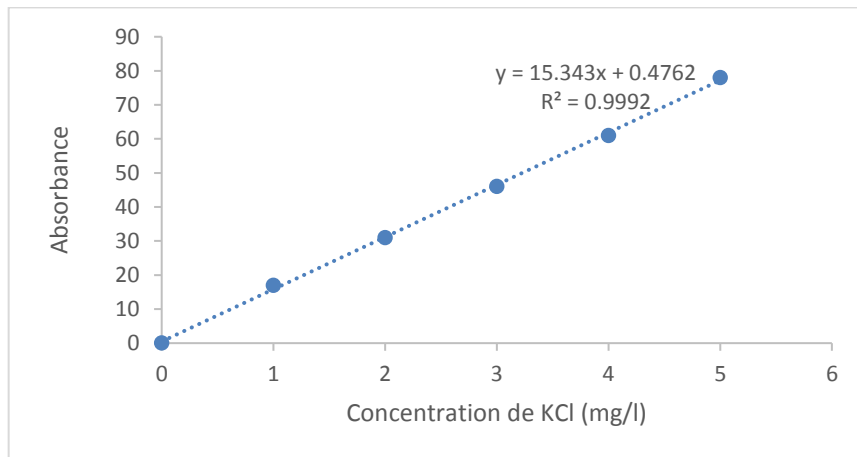


Figure 2 : Courbe d'étalonnage de potassium

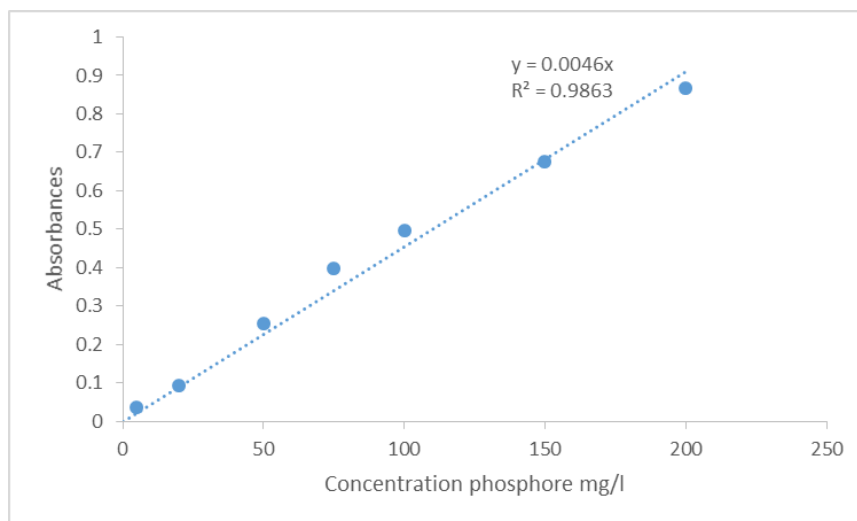


Figure 3 : Courbe d'étalonnage de phosphore

