

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Production et nutrition animale

**Essai de formulation d'un aliment pour
poulet de chair, en incorporant des
ressources alimentaires locales.**

Présenté par :
Gasmi Sara
Achour Chaïma

Soutenu le : 22/09/2020, devant un jury composé de :

Mme. CHEKIKENE Amina Hind	Université Blida 1	Présidente
Mme. MAHMOUDI Nacéra	Université Blida 1	Promotrice
Mme. SID Siham	Université Blida 1	Examineur

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier la promotrice Mme MAHMOUDI Nacéra qui nous a soutenu tout au long de ce travail et nous a donné des précieux conseils, aussi les encouragements et le soutien moral.

Merci pour vos précieux efforts.

Nous adressons nos sincères remerciements, également, à :

Mme CHEKIKENE Amina Hind de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance, et Mme SID Siham d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous exprimons aussi nos vifs remerciements et notre reconnaissance à nos enseignants et surtout ceux de la spécialité « Production Animale », et un chaleureux merci à monsieur BENCHERHALI Mohamed, notre chef d'option.

Dédicace

**Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond
amour :**

**À celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source
d'amour Incessible, à la mère des sentiments fragiles qui
m'a béni par ces Prières,**

Malika ma mère

**Au support de ma vie, qui m'a appris m'a supporté et ma
dirigé vers la gloire,**

Rachid mon père

A mes chers frères et sœurs

A toutes les personnes de ma grande famille.

Sara

Dédicace

Avant tout, c'est grâce à Allah que je suis arrivée à ce stade.

Je dédie ce modeste travail avec toute l'ardeur de mes sentiments :

A mon très cher papa

A celui qui m'a voulue toujours et m'a aidé pour mieux avancer durant toute ma vie avec son amour, sa confiance, ses prières et ses encouragements.

A ma très chère mère

Que dieu les protège et les garde pour moi

A mon frère et mon mari

A toute ma promotion 2019/2020 de Master 2

Chaïma

Liste des abréviations

AAI: acide aminé ingérée

AI: alliés

Ca: Calcium

CB: cellulose brute

CMV: Compléments Minéralo-Vitamines

Cu: cuivre

CUD : Coefficient d'Utilisation Digestive

EM : Energie métabolisable

EN : Energie nette

FAO: Food and Agriculture Organisation

Fe: Fer

g: gramme

GNIS: Groupement national interprofessionnel des semences et plants

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

Kcal: Kilocalorie

Kg: Kilogramme

MAT: Matière Azotée Totale

MG : Matière Grasse

mg: milligrammes

MJ: Mégajoule

MM: matière minérale

MO: matière organique

MP: Matière Première

MPV : Matière protéine végétale

Mqt : millions de quintaux

MS : matière sèche

NH3 : ammoniac

P.100: pour cent

P: Phosphore

PB: Protéine brute

Pbca: Phosphate bicalcique

TDN : Nutriment Digestible Total

TS: Tourteau de soja

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition chimique du maïs récolté au Sénégal.....	03
Tableau 2: Coefficients de digestibilité établis pour le maïs.....	05
Tableau 3: composition du grain de blé (limites habituelles de variation).....	06
Tableau 4: La composition chimique de l'orge en %.....	07
Tableau 5: Digestibilité comparée des protéines de l'ogre et du maïs.....	08
Tableau 6: Composition chimique du sorgho récolté au Sénégal.....	09
Tableau 7: Composition chimique de son de blé.....	11
Tableau 8: Valeur nutritive de la caroube.....	12
Tableau 9: Composition chimique d'une fève décortiquée industriellement.....	14
Tableau 10: Valeur nutritive de la fève (%).....	15
Tableau 11: Variation de la composition chimique de la luzerne en fonction du mode de conservation.....	19
Tableau 12: Composition globale de la graine de colza.....	22
Tableau 13: Composition chimique (%) des grains de lin.....	24
Tableau 14: normes de variation du rapport énergie métabolisable/protéines brutes pour poussines et poulet.....	28
Tableau 15: Apports des minéraux recommandés pour poulet de chair.....	31
Tableau 16: additions recommandées de vitamines pour poulet de chair.....	36
Tableau 17: Tableau utilisé lors de l'élaboration des formules alimentaires par méthode des essais et erreurs (travail sur feuille d'Excel).....	40
Tableau 18: Besoins nutritionnels journaliers de poulets de chair à différents stades d'élevage.....	42
Tableau 19: Besoin en acides aminés en fonction du critère utilisé (%).....	43
Tableau 20: Composition chimique des matières premières utilisées dans la formulation des aliments (g / kg) (Stades démarrage et croissance).....	45
Tableau 21: Composition chimique des matières premières utilisées dans la formulation des aliments (g / kg) (Stade finition).....	45

Tableau 22: Apports nutritionnels offertes par les matières premières utilisées (g / kg MS d'aliment) (stade démarrage).....47

Tableau 23: Apports nutritionnels offertes par les matières premières utilisées (g / kg d'aliment) (stade croissance).....48

Tableau 24: Apports nutritionnels offertes par les matières premières utilisées (g / kg d'aliment) (stade finition).....50

Liste des figures

Figure 1: Composition moyenne du pois sec grain entier.....17

Figure 2: la composition de la graine de soja à maturité.....20

Figure 3: la composition de la graine de soja à maturité.....26

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

الملخص

Abstract

Introduction

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation de poulet de chair.....2

Chapitres 1. Matières premières énergétiques.....2

Chapitre 2. Matières alimentaires protéiques.....13

Chapitre 3 : Apports minéralo-vitaminiques.....30

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair en incorporant des ressources alimentaires locales.....39

Chapitre 4. Méthodes d'élaboration des formules.....39

Chapitre 5. Résultats des formules alimentaires élaborées.....47

Conclusion.....52

Références bibliographiques53

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude des ressources alimentaires locales et l'essai de leur incorporation dans des formules alimentaires destinées aux poulets de chair. Cette étude est présentée par cinq chapitres, dont le premier chapitre étudie les matières premières énergétiques, tandis que le deuxième chapitre donne des informations sur les matières premières alimentaires riches en protéines. L'offre des matières minéralo-vitaminiques a été présentée dans le chapitre trois. En chapitres quatre et cinq, nous avons présenté la procédure d'élaboration des formules alimentaires et qui est basée sur les calculs manuels sur feuilles d'Excel, ainsi que les résultats de cet essai. Les matières premières locales incorporées dans les trois formules alimentaires (démarrage, croissance et finition) varient entre 1 % (pulpes d'agrumes) et 11 % (son de blé). D'après des études expérimentales, présentées dans le présent document, le son de blé qui est riche en protéines (15,3 %) peut être incorporé jusqu'à 13 % dans la formule alimentaire sans effet négatif sur les performances zootechniques de poulets de chair.

Mots clés : Poulets de chair, matières premières locales, formule alimentaire.

الملخص:

تجربة صياغة علف دجاج اللحم ، باستخدام مصادر العلف المحلية

من خلال هذه الدراسة المتمثلة في "مشروع نهاية الدراسة" قمنا بدراسة موارد الأعلاف المحلية واختبار دمجها في تركيبات الأعلاف لدجاج اللحم.

تتكون هذه الدراسة الببليوغرافية من خمسة فصول ، يدرس الفصل الأول منها المواد الخام للطاقة ، بينما يقدم الفصل الثاني معلومات عن المواد الخام الغذائية بالبروتين. تم عرض توريد مواد الفيتامينات المعدنية في الفصل الثالث. في الفصلين الرابع والخامس ، قدمنا الإجراء الخاص بتطوير المعادلات الغذائية ، والذي يعتمد على الحسابات اليدوية على ، بالإضافة إلى نتائج هذا الاختبار Excel أوراق.

المواد الخام المحلية المدمجة في الصيغ الغذائية الثلاث (البداية ، النمو و التسمين) تتراوح بين 1٪ (لب الحمضيات) و 11٪ (نخالة القمح). وفقاً للدراسات التجريبية المقدمة في هذا العمل ، يمكن دمج نخالة القمح الغنية بالبروتين (15.3٪) بنسبة تصل إلى 13٪ في صيغة العلف دون أي تأثير سلبي على الأداء الفني لتربية الدواجن من الدجاج لحم.

الكلمات المفتاح: دجاج اللحم ، المواد الخام المحلية ، الصيغة الغذائية.

Abstract:

Formulation trial of a broiler feed, incorporating local feed resources

The present work of our end-of-study project focuses on studying local feed resources and testing their incorporation into feed formulas for broilers.

This study is presented by five chapters, the first chapter of which studies energetic raw materials, while the second chapter gives information about food raw materials rich in protein. The supply of mineral-vitamin materials was presented in third one. In chapters four and five, we presented the procedure for developing food formulas, which is based on manual calculations on Excel sheets, as well as the results of this test.

The local raw materials incorporated in the three food formulas (starting, growing and finishing) vary between 1% (citrus pulp) and 11% (wheat bran). According to experimental studies presented in this document, wheat bran which is rich in protein (15.3%) can be incorporated up to 13% in the feed formula without negative effect on the zootechnical performances of Broilers.

Key words: Broilers, local food raw materials, feed formula.

Introduction

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 de l'emploi et à la réduction du déficit en protéines animales (**Kaci, 2014**). La production nationale en viande blanche a connu une évolution considérable en 2017, atteignant 5,3 millions de quintaux (Mqt), contre 2,092 Mqt en 2009, soit une augmentation de 153% (**Adam, 2018**).

La filière « chair » fonctionne avec le modèle alimentaire américain basé sur le complexe « maïs-tourteau de soja » dont des quantités immenses sont importées. L'aliment du bétail représente une contrainte majeure pour le développement de la production animale.

Les pays en développement augmenteront leurs importations céréalières (maïs, ...) de plus en plus dont la moitié des importations sera utilisée pour nourrir les animaux et en particulier les volailles. Ceci accroît la dépendance de la filière animale en général et la filière avicole en particulier vis-à-vis de l'étranger. En effet, la valorisation des ressources alimentaires locales permet de réduire les importations à long terme (**Dahouda et al., 2009**). Les matières premières locales disponibles en Algérie sont très variées. Pour les ressources protéiques, nous trouvons surtout les légumineuses (fèverole, fèves, pois, ...), et pour les ressources énergétiques, nous trouvons plus particulièrement les céréales (orge, sorgho, triticale, ...) et les fruits des arbres et arbustes (caroube, ...). Ainsi, la valorisation des déchets et des sous-produits de l'industrie agroalimentaire (sons, drèches de brasseries, issues de meunerie, pulpes, levures de bière, tourteaux, ...) permet d'améliorer l'alimentation du bétail quantitativement et qualitativement et de diminuer les coûts de revient des produits animaux, ainsi que de baisser la dépendance de notre pays vis-à-vis de l'étranger. En plus, certaines algues (spiruline, lazaria, ...) riches en protéines de bonne digestibilité (70 - 80 %) sont exploitées dans l'alimentation des volailles. Mais l'ONAB (1992) a montré les limites des possibilités immédiates de l'Algérie pour rompre avec le couple « Maïs-Soja » et ce, pour des raisons économiques. Par ailleurs, les matières premières locales sont peu utilisées à cause de leur disponibilité réduite.

Les formules volailles sont basées sur le modèle maïs-soja avec l'intégration maximale de sous-produits de meunerie (remoulage, son, farine basse, ...) suivant les disponibilités et les possibilités nutritionnelles (**Kaci, 2014**).

Le but de ce travail est d'essayer de formuler un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales. Nous déterminons les composants chimiques (apports nutritionnels) des matières premières choisies pour la formulation et les besoins nutritionnels de poulets de chair à chaque stade d'élevage (démarrage, croissance, finition). Les proportions de chaque matière première sont prises selon son offre nutritionnelle, ses limites d'utilisation, sa disponibilité, et son prix. Par la suite, nous ajustons les apports aux besoins pour équilibrer la formule.

Les questions posées dans ce travail sont :

Les ingrédients locaux utilisés peuvent-ils diminuer l'utilisation du maïs et du soja importés ?

Et est qu'ils répondent aux besoins nutritionnels de poulets de chair ?

Pour répondre à ces questions, nous avons regroupé le présent travail en cinq chapitres, dont le premier chapitre étudie les matières premières énergétiques, tandis que le deuxième donne des informations sur les matières premières riches en protéines. L'offre des matières minéralo-vitaminiques a été présentée dans le chapitre trois. En chapitres quatre et cinq, nous avons présenté la procédure et les résultats d'élaboration des formules alimentaires et qui est basée sur les calculs manuels.

**Partie 1. Matières premières largement
utilisées dans l'alimentation du poulet de
chair**

(Caractéristiques nutritionnelles)

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

(Caractéristiques nutritionnelles)

Les besoins nutritionnels en aviculture sont assurés en grande partie par l'apport énergétique et l'apport protéique. Selon **Juin (2016)**, les aliments destinés aux volailles sont estimés être composés de blé, de maïs, de tourteau de soja et d'autres matières premières (huile, tourteau de colza, tourteau de tournesol ou drêches). L'intérêt d'une matière première dépend de son coût et de sa valeur nutritionnelle. Celle-ci ne se réduit pas à un seul apport privilégié (énergie, protéines, etc.) et doit prendre en compte l'ensemble des constituants. Par ailleurs, la digestibilité des constituants majeurs, la disponibilité des acides aminés et du phosphore, la présence de composés antinutritionnels ou toxiques induisant des limites d'emploi peuvent modifier fortement l'intérêt nutritionnel des matières premières. Il faut également tenir compte de l'incidence sur la qualité des produits et de la régularité de composition de la matière première (**Marie et al., 2004**).

D'après **Dusart (2015)**, chez les volailles, la valeur énergétique d'un aliment dépend peu de l'espèce. En revanche, l'âge de l'animal a un effet sur les besoins énergétiques, notamment lié à une moindre digestibilité des lipides par les jeunes. Enfin, les traitements technologiques, et plus particulièrement thermiques, tendent à améliorer la valeur énergétique des aliments (dénaturation de facteurs antitrypsiques, amélioration de la digestibilité de l'amidon).

Chapitres 1. Matières premières énergétiques

Les animaux procurent l'essentiel de l'énergie indispensable à leur survie à partir des aliments consommés. Ces derniers comprennent différentes matières premières.

Les matières énergétiques qui composent l'aliment de poulets de chair sont des matières d'origine végétale comprenant : les céréales (maïs, orge, blé, seigle, ...), les sous-produits des céréales (sons, farines basses, ...), les fruits de certains arbres (caroube, ...), les sous-produits de l'industrie agro-alimentaire (drêches de brasserie, marcs de raisin, pulpes des fruits et légumes, ...), etc. L'aliment est composé aussi des additifs : Vitamines, minéraux, anti-

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

oxydants, anticoccidiens et autres produits médicamenteux incorporés selon le cas (**Medjenah, 2014**).

Les poulets de chair ont besoin d'énergie pour la croissance, pour le développement de leurs tissus, pour l'entretien et l'activité. La valeur énergétique des aliments est généralement basée sur leur teneur en énergie métabolisable (EM) qui ne prend donc pas en compte les éventuelles différences de rendement d'utilisation de l'EM des nutriments pour leur transformation en énergie nette (EN) (**Medjenah, 2014**).

Chez les volailles, l'énergie métabolisable (EM) est la valeur énergétique la plus facile à mesurer et, de ce fait la plus couramment employée (**Madeleine et al., 2004**).

1.1. Maïs

Selon **Maybelline et al. (2012)**, le maïs (*Zéa maïs*, famille des Poacées), est une céréale cultivée dans diverses zones agro-écologiques, seul ou en association avec la plupart de cultures. Soit l'ingrédient majeur dans la formulation des rations de poulets de chair.

– Composition chimique

Plusieurs études ont été menées pour déterminer la composition chimique du maïs, les résultats diffèrent sensiblement selon la zone de culture. Mais bons nombres d'auteurs reconnaissent que le maïs contient peu de cellulose 2,7 % de MS, une proportion relativement élevée de matières grasses 4,8 % de MS (Tableau 1). La teneur en amidon du maïs est élevée 72,5 % de MS.

Tableau 15: Composition chimique du maïs récolté au Sénégal

Composants	Teneur (%)
Matières sèches	86
Protéines brutes	8,7
Matières grasses	4,8
Cellulose brute	2,7
Lysine	0,25
Méthionine	0,19
Méthionine + cystine	0,35
Phosphore assimilable	0,28
Calcium	0,02

Sylvanus, (1995).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

Le maïs est pauvre en certains oligo-éléments et vitamines mais il constitue une bonne source de biotine et caroténoïdes. Le phosphore total est estimé à 0,31 % de MS et le phosphore disponible à 0,06 % de MS. Cette faible disponibilité est liée à la phytase active à l'intérieur du grain. Le maïs est presque dépourvu de sodium (0,01 % de MS) et de calcium (0,28 % de MS) et contient peu de cellulose (2,5 % de MS) (Zerbo, 2012).

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Selon Danel (2016), la valeur énergétique moyenne du maïs de la récolte 2016 (3724 kcal/kg MS) est proche de celle de la valeur moyenne observée les cinq dernières années (3719 kcal/kg MS). Ce même auteur confirme une valeur énergétique élevée chez les volailles et assez homogène entre les régions. L'écart maximum observé entre régions ne représente que 1 %, soit 37 kcal/kg MS. L'énergie du maïs est offerte surtout par la teneur en amidon (72 à 73 % de son poids) et la teneur en l'huile (3 et 18 % de la MS du grain).

○ Valeur protéique

Le composant chimique le plus important du grain est constitué par les protéines. Dans les variétés courantes, la teneur en protéines varie d'environ 8 à 11 % du poids du grain. La plus grande partie des protéines se trouve dans l'albumen. La qualité nutritionnelle du maïs alimentaire est déterminée par la constitution de ses protéines en acides aminés (Rébecca et al., 2020).

○ Digestibilité

La digestibilité de l'aliment indique son degré d'utilisation par l'animal, elle est fonction de l'espèce animale, de l'âge et de la composition chimique de l'aliment. Quantitativement, elle s'exprime par le coefficient d'utilisation digestive (CUD). Le TDN (éléments digestibles totaux) donne aussi une idée sur la digestibilité (Tableau 2). Un des pas les plus importants à faire pour la nutrition animale est de mieux connaître la digestibilité réelle des aliments en élevage. Cela permettra de réduire les rejets (azote, minéraux, ...), les émissions gazeuses (NH₃) et leurs conséquences sur la santé des animaux (dermatites, problèmes respiratoires, ...) (Vilarino et al., 2016).

Tableau 16: Coefficients de digestibilité établis pour le maïs

Auteur	T D N (%)
Bolton	82
Fraps	80
Kubota	80
Titus	81

Sylvanus (1995).

Cette excellente digestibilité du maïs met à la disposition des volailles l'énergie contenue dans ses graines.

Selon **Sylvanus (1995)**, d'une manière générale, le maïs présente une bonne digestibilité. Ceci s'explique par :

- l'absence de facteurs antinutritionnels, tels que le tanin,
- une faible proportion en cellulose, en moyenne 2,5 % de matière sèche,
- une bonne digestibilité de l'amidon et des protéines.

— Facteurs antinutritionnels

Le maïs contient des facteurs antinutritionnels qui sont : la phytine, les inhibiteurs trypsiques et les lectines. Puis la digestion de l'amidon par les volailles n'est pas complète puisque l'amidon est un polymère semi-cristallin de D-glucose ; mais pour élever la digestion de l'amidon chez le poussin il faut ajouter certains enzymes pour faciliter cette digestion ; ces derniers sont surtout l' α -amylase, la maltase et la iso-maltase (**Beghoul, 2015**).

1.2. Blé

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscent, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (**Feillet, 2000**).

Le blé tendre est une des principales céréales utilisées en alimentation avicole (**Larbier et Leclercq, 1992**).

— Composition chimique

Le grain 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,

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Tableau 3) (Feillet, 2000).

Tableau 17: composition du grain de blé (limites habituelles de variation)

Nature des composants	Teneur (%)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucres libres	2-3
Lipides	2-3
Matière minérale	1,5-2,5

Feillet (2000).

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

La valeur énergétique du blé est légèrement inférieure à celle du maïs (autour de 95 %) (Fernandez et Ruiz-Matas, 2003).

Parmi les autres céréales, seul le blé tendre est utilisé d'une façon importante car sa teneur élevée en énergie (3350 kcal d'EM) et sa richesse en protéines (Madeleine, 2004).

○ Valeur protéique

La teneur du blé en protéines est variable. Elle dépend des variétés et des conditions agronomiques. La composition en acides aminés des protéines du blé varie selon la teneur en azote. Les teneurs en acides aminés du blé sont de 3,1 ; 4,2 ; 3,2 et 1,3 g/kg respectivement pour la lysine, méthionine + cystéine, thréonine et tryptophane (Beghoul, 2015).

○ Digestibilité des protéines

Des différences de valeur énergétique ont parfois été signalées entre jeune et adulte, elles peuvent être attribuées à une mauvaise digestibilité de l'amidon de certains lots. Une part des différences pourrait être aussi attribuée aux polysides non amylacés solubles (arabinoxylanes soluble). La teneur du blé en protéines est variable. Elle dépend des variétés et des conditions

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

agronomiques. La composition en acides aminés des protéines du blé varie selon la teneur en azote (Larbier et Leclercq, 1992).

○ Facteur antinutritionnels

Les principaux facteurs antinutritionnels du blé sont des mycotoxines qui prennent de l'ampleur en cas de mauvaises conditions de stockage des graines après récolte, ils sont responsables de la croissance limitée, des arthrites qui sensibilisent les volailles aux pathologies. Solution : on doit vérifier la qualité de blé, les moyens de stockage, le contrôle de la distribution. Les blés fraîchement récoltés peuvent quelquefois entraîner l'apparition d'entérites et de diarrhées chez les jeunes volailles (Beghoul, 2015).

1.3. Orge

L'orge *Hordeum vulgare* est une plante herbacée de la famille des *Poaceae*. Cette graminée est une céréale annuelle cultivée pour ses graines qui servent à l'alimentation animale et pour la brasserie. L'orge est aussi utilisée comme fourrage (Ray, 2020).

– Composition chimique

Les glucides représentent environ 80 % de la matière sèche des grains et sont constitués essentiellement d'amidon. La cellulose est principalement concentrée dans les glumelles (50 à 60 %), les enveloppes du grain et les parois cellulaires de la coque d'aleurone. Elle représente 5 à 8 % en moyenne de la matière sèche (Tableau 4) (Belaid, 2016).

Tableau 18: La composition chimique de l'orge en %

Matière sèche	Protéine brute (N×6.25)	Cellulose brute (%)	Matière grasse (gr/Kg)	Energie brute (kcal/kg)
87,10	10,30	04,83	02,80	3768

Alloui et al. (2001)

L'orge a une teneur en matières grasses moins élevée que celle du maïs, du sorgho ou l'avoine. Les teneurs moyennes observées varient de 1,5 à 2,8 %.

– Valeur nutritive

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

○ Valeur énergétique

La teneur énergétique de l'orge est l'une des moins élevées des céréales usuelles. Le taux de fibres élevé des graines de céréales contribue à la faible valeur énergétique. Les mesures effectuées sur des orges locales montrent des valeurs allant de 2,854 à 2,855 kcal/kg d'énergie métabolisable soient 11,9 à 12,1 MJ/kg (**Benabdeljelil, 1999**).

○ Valeur protéique

L'orge demeure une céréale relativement pauvre en protéine par rapport au blé ou au triticale mais sa teneur reste supérieure à celle du maïs. La teneur en protéine est influencée par la variété, et son mode de culture (**Belaid, 2016**).

○ Digestibilité des protéines

Selon **Benabdeljelil (1999)**, les coefficients de digestibilité des protéines de l'orge sont de 69 à 79 % et sont comparables à ceux du maïs (Tableau 5).

Tableau 19: Digestibilité comparée des protéines de l'orge et du maïs

Digestibilité vraie (%)	Orge	Maïs
Azote	82,8	88,5
Lysine	80,1	78,6
Méthionine	85,2	91,5
Cystine	84,2	78,8

Larbier et Leclercq (1992)

En effet, l'orge est plus riche en lysine et en cystine, soit respectivement 80,1 et 84,2 % contre 78,6 78,8 % pour le maïs. Par contre, il est plus pauvre en méthionine 85,2 % contre 91,5 % pour l'orge et le maïs consécutivement.

— Facteur antinutritionnels

Les principaux facteurs antinutritionnels des orges sont les bêtaglucanes : polysides solubles non amylacés, constitués de chaînes de glucoses liés en α 1-4 (70 % des liaisons) et β 1-3 (30 % des liaisons) (**Benabdeljelil, 1999**).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

Les β -glucanes sont des fibres solubles. Elles se trouvent principalement dans les parois des cellules de l'endosperme et la couche à aleurone des grains de plusieurs céréales. L'avoine et l'orge en sont particulièrement riches (Bounoun, 2015).

1.4. Sorgho

Le sorgho [*Sorghum bicolor*] est une plante d'origine tropicale de la famille des Graminées. Le rôle de ses grains est important dans l'alimentation des habitants de ces régions, voire primordial en conditions semi-arides. Le sorgho est également cultivé dans beaucoup d'autres régions du Monde, pour être distribué sous forme de grains ou de fourrage dans l'alimentation des animaux domestiques (Dehaynin, 2007).

– Composition chimique

Le sorgho a une forte teneur en amidon 70,8 % de MS, une proportion non négligeable en matières grasses environ 3,3 % de MS (Tableau 6). Il est légèrement plus riche en protéines que le maïs avec 11,4 % de MS (Sylvanus, 1995).

Tableau 20: Composition chimique du sorgho récolté au Sénégal

Composants	Teneur (%)
Matières sèches	88
Protéines brutes	11,4
Matières grasses	3,3
Cellulose brute	2,43
Lysine	0,22
Méthionine	0,16
Méthionine + cystine	0,30
Phosphore assimilable	0,34
Calcium	0,05
Tannin	0,19

Sylvanus (1995).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

De même, il est presque dépourvu de calcium 0,03 % de MS et la disponibilité de son phosphore est faible 0,06 % de MS.

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Dans le cas du sorgho, la valeur énergétique des grains est élevée en raison de l'amidon qu'ils renferment, comme toutes les céréales, et son taux relativement élevé en matières grasses. Mais sa teneur en tanin réduit cette valeur énergétique (**Dehaynin, 2007**).

En effet, **Sobgo (2008)** montrent que, lorsque, la teneur en tanins du sorgho passe de 0,2 à 0,02, son énergie métabolisable augmente de 2617 à 3516 kcal /kg.

○ Valeur protéique

Les grains de sorgho sont riches en protéines (12 % de MS). La composition en acides aminés des protéines fait apparaître, comme c'est le cas pour toutes les céréales, une déficience en lysine. Contrairement au maïs, le sorgho contient suffisamment de tryptophane et d'acides aminés soufrés. Globalement, le sorgho est plus riche en protéines que le maïs, mais moins que le blé (**Chantereau et Nicou, 1991**).

○ Digestibilité des protéines

La présence de tannins dans certaines variétés de sorgho a un effet négatif sur la digestibilité des protéines et des hydrates de carbone et réduit la biodisponibilité des acides aminés (**Jacques et al., 2013**).

Pour les volailles, les spécialistes nutritionnelles considèrent que la digestibilité des glucides et des protéines n'est pas affectée de manière significative si la teneur en tannins des grains est inférieure à 0,25 % de matière sèche (**Jacques et al., 2013**).

– Facteurs antinutritionnels

Riche en facteurs antinutritionnels, comme les tannins, elle est difficilement éliminée lors du décorticage (**Jacques et al., 2013**).

Les variétés de sorgho riches en tanins contiennent généralement le type condensé. La particularité de ces facteurs antinutritionnels est de se lier aux protéines et de les faire

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

précipiter, au sein même de la graine puis, surtout, dans la lumière du tube digestif, formant ainsi des complexes résistants aux attaques enzymatiques (**Dehaynin, 2007**).

1.5. Triticale

C'est une céréale intéressante dans l'alimentation des animaux, elle allie les caractéristiques nutritionnelles du blé à la rusticité du seigle. Le triticale est riche en énergie, il renferme 3412 kcal d'EM /kg d'aliment. En plus de ses teneurs en protéines, en acides aminés et en polysaccharides non amylacés, sa teneur en phosphore disponible est importante (**Beghoul, 2015**).

1.6. Sous-produits de l'industries agro-alimentaire

Un sous-produit est un produit résiduel qui apparaît durant le processus de fabrication, de transformation ou de distribution d'un produit fini (**Boucherba, 2015**).

– Son de blé

Le son de blé représente 14,5 % du grain entier. Il est constitué en grande partie de la couche d'aleurone et renferme de ce fait, une forte concentration d'éléments nutritive. La valeur nutritive des protéines des sons de blé est intéressante (16,7 % MS) en raison de leur teneur élevée en lysine, acides aminés limitant en alimentation animale (**Boudouma, 2008**).

Tableau 21: Composition chimique de son de blé

MS (%)	Protéines brutes (%)	Cellulose brute (g/kg)	Calcium (g/kg)	Phosphore (g /kg)	EM (kcal/kg)
91,44	16,65	10,32	0,16	1,49	1700

Larbier et Leclercq (1992)

Cependant, le son est pauvre en amidon et dispose d'une mauvaise digestibilité de l'amidon et des polysides pariétaux (**Larbier et Leclercq, 1992**).

– Drèches de brasserie

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

Les drêches de brasserie sont les résidus solides de la transformation de grains de céréales germés et séchés (malt) pour la fabrication de la bière et d'autres produits (vinaigre de malt ou extraits de malt). L'orge est la principale céréale utilisée en brasserie. Les drêches de brasserie ont des teneurs assez élevées en protéines (20 à 33 % MS), ce qui en fait une source intéressante de protéines. On peut nourrir des volailles avec des drêches de brasserie, mais leur teneur en fibres élevée et la faible digestibilité de leurs protéines tendent à diminuer leur valeur nutritionnelle et leur énergie métabolisable par rapport au grain (Heuzé et al., 2017).

1.7. Fruits des arbres

- Caroube

La caroube est considérée comme un complément alimentaire pour sa comestibilité et sa délicatesse. La poudre de caroube se situe entre les meilleurs légumes et la source de protéines animales (30 % de protéines) (Dakia et al., 2008). Selon les mêmes auteurs, la farine de caroube est très riche en EM, soit 3764 kcal/kg de MS, mais elle est pourvue de tanin dont le taux arrive jusqu'à 0,44 mg/g d'aliment (Tableau 8).

Tableau 22: Valeur nutritive de la caroube

Matières sèches	Protéines brutes (%)	Tanin (mg/g)	MG (gr/kg)	Cendres (%)	EM (kcal/kg)
90,40	30	0,44	2,8	2,83	3764

Dakia et al. (2008)

Chapitre 2. Matières alimentaires protéiques

Les matières alimentaires protéiques végétales (MPV) sont des ingrédients alimentaires issus d'espèces végétales riches en protéines : grain de légumineuses (soja, colza, lin, tournesol, pois, lupin, féverole, ...), graines des céréales (blé, ...) et des sous-produits de l'industrie agroalimentaire (GEPV, 2011).

Sur le plan quantitatif, la teneur en protéines et surtout le profil en acides aminés vont influencer les rendements en muscles et la conformation de l'animal (Dusart, 2015).

2.1. Protéagineux

Les protéagineux sont des légumineuses cultivées pour leurs graines riches en protéines, récoltées à maturité et vendues comme produit sec. Ces graines sont utilisées pour l'alimentation animale ou la consommation humaine. Le pois, la féverole et le lupin sont les principaux protéagineux cultivés en France. Bien qu'il produise des graines riches en protéines, le soja est classé dans la catégorie des oléagineux car ses graines sont également riches en huile (UNIP, 2012).

2.1.1. Féverole

La féverole, dont le nom latin est *Vicia faba*, pourrait s'avérer une source intéressante de protéine pour l'alimentation des animaux d'élevage. On l'appelle aussi fève à cheval, féverole à petits grains, fève des marais ou gourgane (Heeg, 2016).

– Composition chimique

La féverole est une légumineuse très riche en matières azotées et en amidon. Elle est composée de 25 à 30 % de protéines, de 40 à 50 % de glucides et de 10 à 15% de lipides (Tableau 9) (Bourekoua, 2018).

Tableau 23: Composition chimique d'une féverole décortiquée industriellement

Composant chimique	Teneur (%)
Humidité	12,8
Matières azotées totales	31,1
Matières grasses	2
Cellulose brute	2,1
Amidon	48,8
Cendres	4,2

Bourekoua, (2018).

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

La valeur énergétique de la féverole varie selon les références, les variétés et la teneur en facteurs antinutritionnels. Elle est de l'ordre de 2600 kcal/kg selon (INRA, 2004), 2760 kcal/kg d'après (**Lacassagne et al., 1988** cité par **Zitari, 2008**).

○ Valeur protéique

Le grain de féverole est riche en protéines (environ 26 % de protéine brute) (**Chaillet et al., 2014**). La déficience en acides aminés soufrés et en tryptophane de la féverole est bien connue. De plus, certains acides aminés semblent présenter une faible disponibilité qui pourrait être liée à la structure même des protéines (**Kaysi et Melcion, 1992**).

Si la teneur en protéines est un élément intéressant, il faut également considérer la teneur en acides aminés essentiels et leurs digestibilités respectives, ce qui est très important pour l'alimentation des monogastriques (**Morgan et al., 2020**).

○ Digestibilité de protéine

L'absence de fortes quantités de tanins et de facteurs antitrypsiques sont responsables de la bonne digestibilité protéique de la féverole. Au niveau métabolique, l'azote de la féverole est également bien utilisé puisque 54 % de l'azote ingéré est retenu par les animaux (**Boudouma, 1990**).

La présence de tanins diminue la digestibilité des protéines, l'énergie et le taux d'incorporation potentiel (en particulier sur les jeunes animaux) (**Chaillet et al., 2014**).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

– Facteurs antinutritionnels

Ils sont représentés par les facteurs anti-trypsiques, la Lectines, les α -galactosides, les tanins (teneurs très variables dans les téguments, les Vicine et convicine (teneurs variables dans les cotylédons).

Chez les volailles, il est préféré les variétés à faible teneur en vicine-convicine qui ont une valeur énergétique supérieur (**Beckers, 2011**).

2.1.2. Fève

La fève est la graine d'une plante annuelle qui appartient à la famille des fabacées. Cette légumineuse originaire du moyen orient est riche en protéines (**Karam, 2020**).

– Composition chimique

L'analyse de sa composition chimique révèle 50 à 60 % de son contenu en carbohydrates qui est totalement constitué par l'amidon, mais la proportion de lipides est relativement faible aux environ de 1 à 2,5 % (Tableau 10). Les acides oléiques et linoléiques représentent à peu près 75 % de la matière grasse. Le contenu en minéraux varie entre 1 à 3,5 %, il est riche en Ca et en Fe (**Beghoul, 2015**).

Tableau 24: Valeur nutritive de la fève (%)

Matière sèche	Protéine brute	Cellulose brute	Cendre	Energie métabolisable (kcal/kg)
89,60	26,50	9,23	4,28	2500

Benabdeljelil, (1990)

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

La fève est relativement riche en nutriments énergétiques : elle offre des concentrations en glucides et protéines bien plus élevées que celles des légumes frais. Ses glucides présentent aussi la particularité d'être composés essentiellement de glucides complexes,

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

d'amidon notamment, tandis que la plupart des légumes frais renferment une majorité de sucres simples (**Anonyme**).

Elle apporte 46 kcal/100 g pour la fève fraîche crue. Cuite, elle apporte en moyenne 60 kcal/100 g (**Karam, 2020**).

○ Valeur protéique

La valeur nutritionnelle de la fève est attribuée à sa teneur élevée en protéines (25 à 35 %). La plupart de ces protéines sont des globulines (60 %), des albumines (20 %), des glutélines (15 %) et des prolamines. Les graines de fève contiennent des protéines riches en lysine et faibles en méthionine, cystéine et tryptophane. De ce fait, les fèves sont souvent dans les régimes alimentaires des êtres humains comme du bétail (**Mitache, 2017**).

○ Digestibilité des protéines

La majorité des protéines de la fève sont les globulines (60%), les albumines (20%), les glutélines (15%) et les prolamines). La fève est une bonne source de sucres, minéraux et vitamines. Le coefficient de digestibilité des protéines brutes et des acides aminés est influencé par l'âge des animaux (**Beghoul, 2015**).

Les raisons de l'effet de l'âge sur la baisse du coefficient de digestibilité des protéines peuvent être attribuées à réduire l'activité enzymatique, changer le taux de passage de l'ingéré ou augmenter les proportions des protéines endogènes contenues dans les sécrétions de l'ingéré (**Beghoul, 2015**).

Le contenu en acides aminés soufrés, connus comme facteurs limitant dans l'alimentation des volailles, est présent à des faibles taux dans les protéines des fèves. De plus, selon la littérature, la digestibilité de ces acides aminés, et exceptionnellement la digestibilité de la cystéine, est souvent faible. Le coefficient de digestibilité de la cystéine est faible que celui des autres acides aminés de la fève. De même, pour le coefficient de digestibilité de la méthionine pour les aliments destinés aux volailles (**Beghoul, 2015**).

La teneur calculée en protéines digestibles est de 110 g/kg pour l'aliment fève (**Hannachi et al., 2017**).

– Facteurs antinutritionnels

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

Les tannins condensés sont un des facteurs antinutritionnels le plus importants de *Vicia faba*. La variabilité génétique pour la quantité de tannins condensés dans la testa de la fève, liée principalement à des gènes qui contrôlent la couleur de la graine, est disponible dans des populations naturelles (Martin et al., 1991).

2.1.3. Pois

Selon Ouafi (2017), le pois cultivé appartient au genre *Pisum*, de la famille des légumineuses (papilionacées), tribu des Viciées, au même titre que les genres : *Lathyrus*, *Lens*, et *Vicia*. Parmi les milliers variétés de pois existant, certaines ont été spécialement sélectionnées pour une utilisation en alimentation animale sur des critères de rendements, de culture et de teneur élevée des graines en protéines, on parle alors de pois protéagineux.

– Composition chimique

La composition de graine de pois peut varier un peu en fonction des variétés et des climats mais présente environ 25% de protéines (en % de matière sèche), 50% d'amidon, 15% de fibre, le reste de la matière sèche étant constitué de minéraux (8%) et de matières grasses (2%) (Peretti, 2009) (Figure 1).

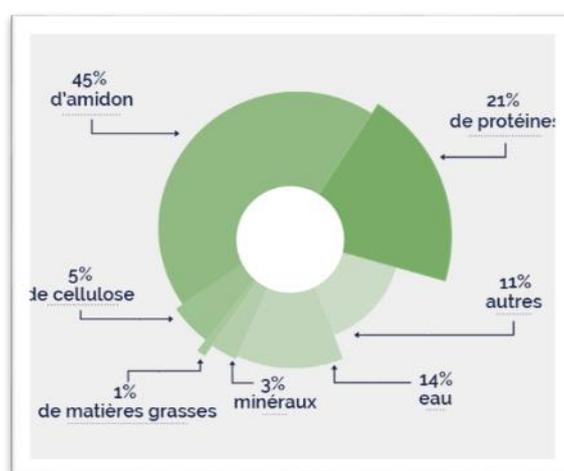


Figure 4: Composition moyenne du pois sec grain entier (Terres Univia)

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Plus caloriques que la majorité des végétaux (68 calories pour 100 grammes). Cet apport calorique s'explique en partie par la présence d'une quantité importante de glucides, qui sont principalement de l'amidon et des fibres. L'amidon est un glucide complexe à l'indice glycémique bas : un sucre lent (Claire, 2020).

○ Valeur protéique

Les protéines de pois sont caractérisées par une teneur élevée en lysine et une relative déficience en acides aminés soufrés et en thréonine par rapport aux besoins des animaux tels que le poulet. Elles sont constituées, comme toutes les protéines de légumineuses, de trois classes de protéines : les globulines, les albumines et les protéines dites 'insolubles'. Les deux premières fractions ont été initialement caractérisées par leur solubilité dans l'eau et en milieu salin respectivement (Crevieu-Gabriel, 1999).

○ Digestibilité de protéine

La variabilité des coefficients de digestibilité des protéines peut avoir des causes méthodologiques concernant, par exemple, le taux d'incorporation du pois dans l'aliment, les méthodes de détermination de la digestibilité, etc. Cependant, en plus de ces problèmes méthodologiques, de nombreux facteurs peuvent influencer la digestibilité et d'autres constituants de la ration, tels que certains glucides, les lipides ajoutés à la ration et la structure de certaines protéines. Sa limite d'utilisation dans les rations destinées aux poulets de chair est de 20 à 25%. L'incorporation du pois dans les aliments du poulet de chair, à des taux supérieurs à 50%, diminue les performances de croissance des animaux et les efficacités alimentaires des régimes (Beghoul, 2015).

– Facteurs antinutritionnels

Les graines de pois secs contiennent divers facteurs antinutritionnels, notamment des facteurs antitrypsiques, des phytohémagglutinines et des tanins. Les facteurs antitrypsiques du pois sont considérés comme indésirables en alimentation des animaux monogastriques (Miller, 2020).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

2.1.4. Luzerne

La luzerne est très riche en fibres et aide à optimiser la fonction intestinale et la flore intestinale dans la phase initiale du cycle. La luzerne pour les poulets de chair a également un effet positif sur la qualité de la litière en raison du comportement de recherche de nourriture, et donne la diversion aux poulets de chair et aide à prévenir le picage des plumes (**Hartog, 2020**).

Le nom Anglais donné à la luzerne « alfalfa » est d'origine arabe qui signifie « meilleur fourrage ». La luzerne appartient à la famille des légumineuses, caractérisée par sa capacité à fixer l'azote atmosphérique, grâce à une symbiose existante entre la plante et une bactérie qui se développe dans son système racinaire. Destinée à l'alimentation animale, la luzerne peut être utilisée en vert, fanée, ensilée ou déshydratée (**Chedjerat, 2016**).

– Composition chimique :

La luzerne est constituée, approximativement, de 50 % de parois cellulaires et d'une composition équilibrée en fibre : 8 % de pectines, 10 % d'hémicellulose, 25 % de cellulose et 7 % de ligne (**Mauriès, 1994**).

Tableau 25: Variation de la composition chimique de la luzerne en fonction du mode de conservation

Luzerne	Composition chimique (%)				
	MS	MO	MM	CB	MAT
En vert	16,0	88,3	11,7	27,0	19,1
En foin	90	90,8	9,2	23	20
Ensilage	22,6	90,9	9,1	31,3	16,5

Mauriès (1998).

La luzerne est caractérisée par une teneur en MAT importante, elle est évaluée en moyenne à 29 % de la MS selon le stade, les époques et modes de récolte (**Mauriès, 1998** cité par **Boudour**). Le même auteur affirme que la luzerne est une source de protéines très intéressante car elle fournit plus de protéines à l'hectare que le soja.

La luzerne est riche en xanthophylles. Elle contient des saponines qui limitent son utilisation à 5-10% (**Madeleine, 2004**).

2.2. Les oléo-protéagineux

Les oléoprotéagineux regroupent les plantes dont les graines sont riches en protéines, que l'on appelle les protéagineux, mais également les plantes dont les graines sont riches en lipide, appelées oléagineux. La trituration des graines oléagineuses produit de l'huile et un coproduit appelé tourteau utilisé en alimentation animale. Les oléagineux regroupent le colza, le tournesol, le soja, le lin, les arachides mais aussi des arbres comme le palmier à huile (**Le Jeune, 2015**).

2.2.1. Soja

Le soja, espèce *Glycine max (L.) Merrill*, est une plante herbacée annuelle, velue, appartenant à l'ordre des Fabales, famille des Légumineuses, sous-famille des Fabacées (ou Papilionacées), tribu des Phaseoleae, genre *Glycine* L. Le soja possède un port végétatif et un appareil reproducteur caractéristique de la famille des Fabacées (**Elodie, 2013**).

– Composition chimique

La composition des graines de soja peut varier légèrement selon les variétés et les conditions de culture. Grâce à la sélection, il a été possible d'obtenir des variétés ayant des teneurs en protéines comprises entre 40 et 45% et des teneurs en lipides entre 18 et 20 % (**Berk, 1993**).

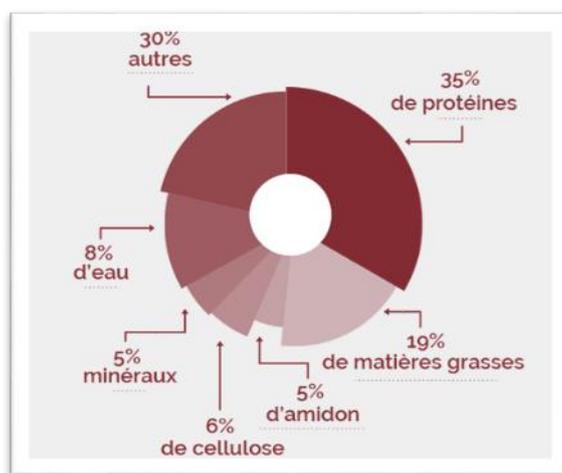


Figure 5: la composition de la graine de soja à maturité (Terres Univia)

La teneur en éléments minéraux des graines de soja, déterminés en tant que cendres, est d'environ 5 %.

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Le contenu énergétique est un peu inférieur à celui des céréales mais leur valeur énergétique est 25 à 30% inférieure à celle du maïs. Ceci est dû à son faible pourcentage en amidon (moins de 15%) et en graisse et à son contenu en fibre relativement haut (5 à 10%) (**Beghoul, 2015**).

○ Valeur protéique

La teneur en protéine de la graine de soja est très variable en fonction de la température et de la disponibilité hydrique (**Rasolohery, 2007**).

Les protéines de soja sont solubles dans l'eau et donc constituées surtout de globulines (80 à 90%), en moindre part d'albumines (10 à 20%) et d'une fraction de glutéines (**Rasolohery, 2007**).

La composition en acides aminés de la graine de soja est satisfaisante. Ces protéines contiennent les 8 acides aminés essentiels et sont particulièrement riches en lysine (7%), par contre elles sont pauvres en tryptophane et en acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) (**Rasolohery, 2007**).

○ Digestibilité de protéine

D'après **Carabaño et Garcia (2000)**. La teneur en protéine du soja entier explique une autre proportion de 40 % de son énergie digestible. Le coefficient de digestibilité des protéines attribué à cet aliment est de 85 %, pourcentage qui varie entre 80 et 88 % selon les auteurs.

La protéine du soja entier est plus digestible que celle de la graine et du tourteau de colza (respectivement 78 et 76 %) ou que celle du tourteau de tournesol 36 (80 %), ce qui implique que le soja entier apporte approximativement 12 % de protéines digestibles supplémentaires par rapport à la graine de colza et 14 % de plus que les tourteaux de colza et de tournesol 36.

– Facteurs antinutritionnels

Les graines de soja contiennent des facteurs antinutritionnels (dont la plupart sont thermolabiles) qui réduisent la digestibilité, rendant les graines crues de soja impropres à la consommation et réduisent la qualité nutritionnelle de ces graines. On a : les inhibiteurs trypsiques, les α -galactooligosaccharides, les phytates, les lipoxygénases, les lectines et l'uréase (**Elodie, 2013**).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

Parmi ces facteurs antinutritionnels, les inhibiteurs trypsiques sont des protéines qui ralentissent l'hydrolyse des protéines alimentaires par les enzymes pancréatiques (trypsine et chymotrypsine) et donc diminuent leur assimilation dans l'organisme. De plus un des inhibiteurs trypsiques du soja l'inhibiteur de Kunitz a été identifié comme allergisant (Afssa/Afssaps, 2005) (Elodie, 2013).

2.2.2. Colza

Le colza est une plante annuelle dont les fruits (les siliques) renferment de petites graines riches en lipides. Après extraction de l'huile, les résidus riches en protéines sont transformés en tourteaux et utilisés pour l'alimentation animale. Le colza oléagineux a un débouché dans la production de biocarburants. La production d'huile est réalisée à partir de variétés d'hiver, qui sont les plus cultivées en Europe (Hullé et al., 2011).

– Composition chimique

La graine de colza est dite « oléagineuse ». Elle est caractérisée par une forte proportion d'huile (35 à 42% de la masse de la graine entière). La fraction protéique pour une graine entière non dépelliculée correspond, d'après la littérature, à environ 30 % de sa masse totale (Tableau 12).

Tableau 26: Composition globale de la graine de colza

	Humidité (%)	Huile (%)	Protéine (%)	Polysaccharides et fibres (%)	Cendre (%)
Composition de la graine	6-7	38-42	25-30	20-28	3-4

Guillemin, (2006).

Quant à la pellicule entourant cette graine, elle équivaut à 16,0 à 18,6% de sa masse selon Bell (1984). Les polysaccharides et fibres sont eux aussi des composants majeurs de cette dernière. Principalement présents dans la coque et dans les parois des cellules de l'endosperme, leur teneur équivaut à 20-28 % de la masse totale de la graine.

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Cette graine est très riche en matière grasse (en moyenne 435 g par kg de matière sèche), aussi son énergie brute est très élevée : en moyenne 6 688 kcal/kg de matière sèche (**Leclercq et al., 1989**).

○ Valeur protéique

Pour un contenu global en protéines de 30% environ, la répartition dans la graine précisée par Niewiadomski en 1990 est la suivante : 7,6% dans la pellicule, 16,7% dans le germe et 76,3% dans les cotylédons. L'azote contenu dans les graines de colza correspond à 87% d'azote protéique et 13% d'azote peptidique et d'acides aminés libres. Les protéines majoritaires de la graine de colza sont la cruciférine (globuline 11S), la napine (albumine 2S) et les oléosines (protéines des corps lipidiques) (**Leclercq et al., 1989**).

○ Digestibilité de protéine

Présentons les quelques résultats fournis par la bibliographie sur la biodisponibilité des protéines du colza : digestibilité apparente ou vraie des protéines ou de la lysine. Les données sont peu nombreuses et suggèrent, comme pour le tourteau, que les protéines de la graine de colza sont un peu moins digestibles que celles du soja ou d'autres légumineuses (**Leclercq et al., 1989**).

– Facteurs antinutritionnels

La graine de colza possède deux facteurs antinutritionnels majeurs : l'acide érucique et les glucosinolates (**Fabien, 2010**).

Les phytates sont des sels de calcium, potassium ou magnésium de l'acide phytique (ou acide myo-inositol (1, 2, 3, 4, 5, 6-hexakis dihydrogène phosphate)) principalement localisés dans les vacuoles de stockage des protéines des graines de colza et de tournesol (**Fabien, 2010**).

2.2.3. Lin

Le lin appartient à la famille des Linacées. Cette famille végétale compte 301 espèces dont 180 du genre *Linum*, dont des espèces cultivées comme *Linum usitatissimum*. Le lin regroupe

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

différentes variétés cultivées pour leur propriété mécanique et appelées « lin fibre » ou pour leur propriété oléagineuse et appelées « lin graine » (Tribalat, 2016).

– Composition chimique

Selon Hurtel (2013) les graines de lin, très oléagineuses, contiennent :

- 30 à 40% de lipides (corps gras) riches en acides gras poly-insaturés,
- 30 à 40% de glucides dont des "fibres alimentaires" solubles et insolubles et des mucilages,
- 20 à 25 % de protéines,
- des minéraux et des oligo-éléments,
- ainsi que des lignanes, composés phénoliques assez communs dans les végétaux mais particulièrement abondants dans les graines de lin (40 à 60 mg pour 100 g).
- Un très faible pourcentage de substances légèrement toxiques.

Tableau 27: Composition chimique (%) des grains de lin

Humidité	Protéines	Lipides	Fibres	Cendres	Références
7,4	23,4	45,2	-	3,5	Mueller et al. (2010)
4,8	20-25	30-40	20-25	3-4	Coskuner et Karababa (2007)

Beroual (2014).

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Les graines contiennent pour 100 g en énergie : 534 kcal (Ligeon, 2019), soit une valeur 40% supérieure à l'orge. L'énergie est apportée par les glucides et surtout par les huiles. Ces huiles sont riches en Oméga3, les acide cislinoïque et alphalinoïque, qui confèrent à cette graine des propriétés qui permettent de lutter contre le cholestérol chez l'homme et surtout, pour nos animaux qui améliorent des phanères (les poils, les crins et les sabots) (Grillet, s.d).

○ Valeur protéique

Les graines de lin sont composées de protéines de stockage (10 à 30 %) qui sont accumulées dans les cotylédons (76 %) et une partie minoritaire au niveau de l'endosperme (16 %), les protéines de stockage sont composées de 66 % de globulines (11S (légumine), 12S (cruciférine), et de 35 % d'albumine 2S (Acket, 2015).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

Les graines de lin contiennent des teneurs élevées en acides aminés essentiels comme la leucine (5,8 g/100g de protéines), la phénylalanine et la valine (4,6 g/100g de protéines) (Acket, 2015).

○ Digestibilité de protéine

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 la graine, mais aussi sur le produit transformé (le tourteau), explique certainement en grande partie cette mauvaise valorisation. L'utilisation d'enzymes permettant l'hydrolyse partielle de ces polysaccharides serait une voie possible d'amélioration de la valeur alimentaire des produits du lin (Carré et al., 1994).

– Facteurs antinutritionnels

La graine de lin contient également des facteurs antinutritionnels destinés à les défendre des oiseaux ; ces facteurs appartiennent à la famille des cyanogènes (Beroual, 2014).

2.2.4. Lupin

Le lupin (*lupinus*) est un genre de la famille des fabacées (légumineuses). Il regroupe environ 200 espèces. Le lupin est cultivé depuis plus de 4.000 ans, notamment par les Égyptiens qui s'en servaient pour nourrir le bétail et comme plante médicinale (Deluzarche, 2020).

– Composition chimique

En alimentation animale, le lupin permet de viser l'autonomie protéique avec un taux de protéines de 34%, supérieur à celui de la féverole (28 %) et du pois (21 %) (Pelletier, 2019). Riche en protéines et en matières grasses, et dépourvue de facteurs antinutritionnels (faible teneur en alcaloïdes), le lupin blanc trouve des débouchés en alimentation animale et humaine. Il est naturellement sans gluten, ce qui lui permet de répondre à de nombreuses demandes du marché (Pelletier, 2019).

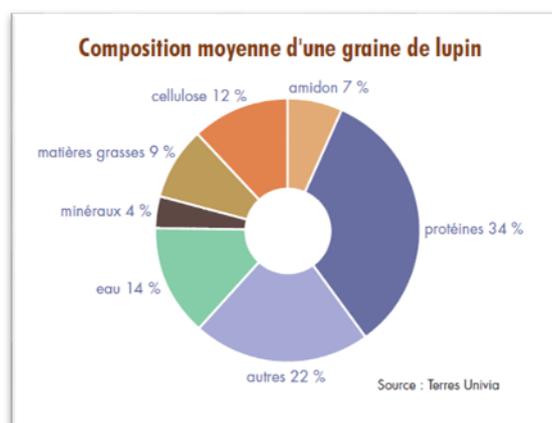


Figure 6: Composition de la graine de soja à maturité (Pelletier, 2019)

– Valeur nutritive

○ Valeur énergétique

Les lupins possèdent des graines très énergétiques (10 % de matières grasses) ; les graines de lupin ont une bonne valeur énergétique (36 % de protéines et 9 % d'huile) pour les animaux d'élevage (Henrion et al., 2020).

○ Valeur protéique

Le lupin blanc : les gousses renferment de gros grain, est le plus productif, la richesse de sa graine en protéines est de 40 p.100 (Pesson, 1984).

Le lupin bleu : ses graines sont petites, il est moins riche en protéine (32 p.100), c'est aussi moins productif (Pesson, 1984).

Le lupin jaune : ses graines sont de petite taille, leur richesse en protéine est élevée (46 p.100) (Pesson, 1984).

○ Digestibilité de protéine

La richesse en huile du grain de lupin blanc lui confère une valeur énergétique élevée, intéressante en alimentation des volailles. Sa teneur en protéine est presque aussi élevée que celle du soja. Mais ces protéines sont moins bien pourvues en acides aminés essentiels pour les volailles que le soja. Elles sont rapidement solubles, il vaut donc mieux utiliser les graines entières ou grossièrement broyées pour qu'elles soient bien valorisées par les ruminants (Penant, 2019).

– Facteurs antinutritionnels

Dans l'alimentation du bétail, le pois, la féverole et le lupin nécessitent des traitements préalables qui consistent à réduire les facteurs antinutritionnels majeurs, tels que : les facteurs antitrypsiques, les tanins sur la majorité des variétés (sauf des pois fourragers et certaines féveroles), et les alcaloïdes des lupins (**Chaillet et Burstin, 2011**).

2.3. Les tourteaux

Il s'agit du sous-produit de l'extraction de l'huile des graines oléagineuses. Le tourteau de soja est la principale matière protéique utilisée en alimentation de monogastrique ; dans une moindre mesure, on emploie le tourteau de colza et tourteau de tournesol sans coque (**Fernandez et Ruiz Matas, 2003**).

2.3.1. Tourteaux de soja (TS)

Les tourteaux de soja représentent les résidus solides de l'extraction de l'huile des graines de soja. Ils sont largement utilisés dans l'alimentation animale après cuisson afin d'inactiver les facteurs antinutritionnels et les éventuelles toxines fongiques. En effet ils constituent au niveau mondial, la première classe d'aliments concentrés et la première source en protéines pour l'alimentation animale (**Elodie, 2013**).

La composition moyenne du TS (en % de la matière brut) : humidité : 12%, protéines 46%, Matière grasses (huile) : 2%, cellulose : 6%, amidon : 5% et autres : 23% (**Foreaut et Guilhem, 2020**).

2.3.2. Tourteau de tournesol

N'a qu'une valeur énergétique médiocre ; il possède des protéines très digestibles mais déficientes en lysine. Le principal défaut de cette matière réside dans son hétérogénéité due aux conditions de récolte et de trituration en huilerie. Lorsque sont comblés ses déficits en énergie et en lysine, le tournesol est une excellente matière première (**INRA, 1989**).

2.3.3. Tourteaux de colza

Le tourteau de colza est riche en protéines de bonne composition. En effet, la teneur des protéines du colza en acides aminés indispensables est importante. Le colza contient entre autres une quantité importante de méthionine. Ses valeurs PDI et sa valeur énergétique sont cependant plus faible que celles du tourteau de soja car il contient moins de protéines par kilo et est plus riche en cellulose (Deloume, 2005).

Le tourteau de colza est aussi bien pourvu en minéraux, notamment le phosphore et le calcium (Deloume, 2005).

2.4. Rapport Energie / protéines

La composition corporelle des volailles dépend des apports énergétiques et protéiques. Ces apports déterminent aussi le rapport maigre/gras des carcasses. Les dépôts de lipides dans les tissus adipeux et musculaires sont affectés par la quantité des apports, mais aussi le rapport énergie/protéine, ainsi que par la composition des lipides ingérés (Lebret et al., 2015).

Une ration pauvre en azote relativement à l'énergie réduit la vitesse de croissance et favorise le stockage d'énergie sous forme de lipides et déprécie la qualité des carcasses. A l'inverse, une ration excédentaire en azote par rapport à l'énergie, la croissance peut être réduite, mais la composition corporelle n'est pas modifiée (Thériez, 1985).

Dans toutes les espèces, le respect du rapport azote/énergie dans la ration est donc un moyen d'optimiser la composition corporelle et éviter l'excès de gras (Lebret et al., 2015).

Le rapport énergie/protéine doit garder une valeur optimum dans les régimes de volailles ; on peut donner une fourchette de 125 à 150 qui permet des performances optimales, en dehors de cette valeur l'indice de consommation augmente. Ce sont les valeurs que nous présentons dans le tableau 14 (Thierry, 2005).

Tableau 28: Normes de variation du rapport énergie métabolisable (EM) / protéines brutes (PB) pour poussins et poulets.

Semaines	EM/PB
0-4	138-142
4-7	147-152
7-10	162-170

Thierry (2005).

Chapitre 3 : Apports minéralo-vitaminiques

Les apports nutritionnels minéralo-vitaminiques sont indispensables pour la vie du poulet car ils interviennent dans différentes réactions métaboliques (enzymatiques, endocriniennes, immunitaires, ...) de l'organisme animal et influencent les performances zootechniques (croissance, ...). Ces apports varient avec l'âge, la vitesse de croissance, le poids vif, la souche des poulets, et le climat. Un apport déséquilibré (carence ou excès) altère la viabilité des sujets, leur croissance et la qualité de la chair.

3.1. Minéraux

Ce sont des constituants essentiels du tissu osseux ou de l'équilibre osmotique de l'animal (sodium, chlore, potassium). Les plus importants sont le phosphore et le calcium qui jouent un rôle essentiel aussi bien dans l'équilibre physiologique que dans la formation du squelette. Toute recommandation en minéraux doit tenir compte du niveau de production des animaux, des interactions entre nutriments, du niveau énergétique des aliments, de la température ambiante et des stress dus aux maladies ou à la surpopulation (**Jaovelo, 2007**).

Les minéraux se distinguent en macro-éléments (99 % des éléments minéraux de l'organisme), utiles en grande quantité (Ca, P, Na, Cl, K, S, Mg) et micro-éléments (quantités très faibles ou à l'état de traces) tels que : Fe, Co, Mn, Cu, Zn, I, Sé, Cr, Mo, F, Ni, etc. Dans l'organisme, ils se retrouvent sous forme de sels et de combinaison organique. Les minéraux représentent 4 % de la masse corporelle chez les animaux domestiques (**Mahmoudi, 2019**).

3.1.1 Calcium

Le calcium est un sel minéral dont la principale fonction est la minéralisation de l'os sous forme de sels de phosphates de calcium (**Daine, 2018**). C'est le minéral le plus abondant dans l'organisme des volailles et se trouve pour 99 % dans le squelette. La principale fonction du calcium est de fournir un cadre solide et articulé d'une part pour soutenir et protéger les

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

organes délicats et d'autre part pour permettre le mouvement (**Lucas, 2014**). Le calcium extra-osseux intervient dans la contraction musculaire et cardiaque, l'hémostase, les échanges cellulaires, la perméabilité membranaire, la libération d'hormones et la transmission de l'influx nerveux (**Mahmoudi, 2019**). Dans les aliments pour poulet de chair la teneur en calcium doit être de 0,9 à près de 1 % (Tableau 14) (**Reid et al., 2001**).

L'hypocalcémie peut provoquer une ostéomalacie, une ostéofibrose, un picage, une baisse de la production, etc.

Tableau 15: Apports des minéraux recommandés pour poulet de chair.

Substances minérales (%)	Démarrage (0 à 10 jours)	Croissance (11 à 24 jour)	Finition (25 jours à l'abattage)
Calcium	1,05	0,90	0,85
Phosphore	0,50	0,45	0,42
Magnésium	0,05-0,50	0,05-0,50	0,05-0,50
Sodium	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,20
Chlore	0,16-0,23	0,16-0,23	0,16-0,23
Potassium	0,40-1,00	0,40-0,90	0,40-0,90

Leborgne et al. (2013).

3.1.2. Phosphore

Le phosphore est un sel minéral essentiel à presque toutes les réactions chimiques à l'intérieur des cellules [mise en réserve de l'énergie, équilibre acido-basique (H_2PO_4^- , ...), hémostase, ...] et favorise l'absorption des nutriments (**Daine, 2018**), il se trouve en grande partie sous forme de molécules complexes appelées phytates (**Gongnet et al., 1998**).

Le phosphore minéral ajouté aux aliments composés pour volailles coûte fréquemment de 2 à 2,5 % de la formule totale. L'apport en excès peut occasionner divers troubles : dyschondroplasie des poulets, fragilité du squelette et contribue à la pollution de l'environnement (**Sauveur, 1989**).

L'apport alimentaire disponible en Ca et P pour les poulets est insuffisant ; les besoins en ces minéraux sont complétés notamment par les sels de la phosphate bicalcique, du calcaire et des carbonates de calcium. La disponibilité de phosphore peut être améliorée par l'ajout de

phytase dans les aliments afin d'optimiser leur assimilation par l'animal (**Juin et Roinsard, 2015**).

3.1.3. Magnésium (Mg^{2+})

C'est un des minéraux corporels les plus abondants (70 % dans le squelette). Il joue un rôle dans un grand nombre de fonctions cellulaires, notamment celles impliquant les phosphorylations oxydatives, la glycolyse, la synthèse protéique, etc. Il est également impliqué dans la stabilisation membranaire (**Mahmoudi, 2019**).

L'hypomagnésémie peut engendrer la baisse du niveau de production, et la fragilité des os.

3.1.4. Sodium (Na^+), Potassium (K^+) et Chlorure (Cl^-)

Le sodium, le potassium et le chlorure sont nécessaires au fonctionnement métabolique général et à la croissance. Un accroissement des niveaux de sodium, potassium et magnésium se traduit par une augmentation de la consommation d'eau et de l'humidité des excréta, ce qui en climat froid ou tempéré peut rapidement conduire à des mauvaises conditions de litière. Ainsi qu'ils sont responsables des troubles nerveux, des accidents rénaux. Toutefois, la carence entraîne une anorexie et une baisse de niveau de production (**Hubbard, 2011**). Le ratio Cl/Na doit se situer dans les limites suivantes : $1,1 \leq Cl / Na \leq 1,3$. Selon le même auteur, en période de chaleur, il est préférable d'apporter une partie du sodium sous forme de bicarbonate de sodium ($CaCO_3$), qui contribue à maintenir l'équilibre acide/base.

3.1.5. Soufre (S) :

Le soufre entre dans la structure de plusieurs biomolécules (hormones, enzymes, vitamines, ...) et des acides aminés soufrés (Méthionine, cystéine et homocystéine). Pour une ration comprenant 2 à 4 % d'azote non protéique, on doit apporter 1 à 2 g de S/kg MS. L'excès du soufre baisse l'utilisation du cuivre et du zinc (**Mahmoudi, 2019**).

3.1.6. Sélénium

La carence en sélénium ou son apport excessif inhibe la réaction immunitaire. Chez le poulet, la carence en sélénium diminue l'activité phagocytaire. Le sélénium est essentiel pour les espèces aviaires ; il prévient la diathèse exsudative chez les poussins dont le régime présente une carence en vitamine E, ainsi que la dystrophie musculaire et la fibrose pancréatique (Nys, 2001).

3.1.7. Cuivre

Lorsque les teneurs du régime en cuivre dépassent 250 mg/kg d'aliment, l'ingestion d'aliment et la croissance de poulets de chair ont plutôt tendance à diminuer. A des doses plus élevées, le cuivre est toxique. La dose létale moyenne dans le cas du sulfate de cuivre est de 690 mg/kg. Chez les poulets de chair, un apport en cuivre supérieur aux besoins nutritionnels (8mg Cu/kg d'aliment) peut permettre d'améliorer les performances de croissance (Nys, 2001).

3.2. Vitamines

Les vitamines regroupent des composés organiques divers en termes de structures, de propriétés [liposolubles (A, D, E et K) ou hydrosolubles (C, B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12 et B17)] et de fonctions (vision, métabolisme osseux, antioxydant, synthèse des acides gras, coenzyme, ...) (Lefebvre, 2016). Toutes sont actives à très faible dose et indispensables à l'organisme : les situations de carence entraînent de graves troubles (cécité, déformation osseuse, ...) et sont généralement mortelles. Si quelques-unes sont synthétisées par la flore digestive, l'organisme n'est généralement pas apte à produire ces vitamines qui sont alors apportées uniquement par l'aliment et le CMV. Ces composés sont néanmoins très sensibles aux traitements thermiques subis par l'aliment (Cahiers techniques, 2015).

3.2.1. Vitamines liposolubles

Les vitamines liposolubles se dissolvent dans les graisses (lipides). Elles sont stockées dans le foie et dans les tissus adipeux. Si les vitamines liposolubles A et D sont consommées en quantité excessive, elles peuvent s'accumuler et avoir des effets nocifs (Johnson, 2019).

3.2.1.1. Vitamine A

Elle joue un rôle important dans la croissance des poulets. Une carence en vitamine A provoque des troubles de croissance (Azzouz, 2006). La vitamine A peut être ajoutée à la ration alimentaire, soit sous une de ses formes pures, soit sous forme de provitamine (β -carotènes, ...). Les provitamines se retrouvent dans le fourrage vert et le maïs jaune et sont converties en vitamine A dans la paroi de l'intestin (NZDL, 1992).

3.2.1.2. Vitamine D

Permet d'assurer la solidité du squelette. Les sujets carencés en vitamine D se déplacent difficilement, leur bec devient mou et se ploie facilement, la colonne vertébrale et le bréchet se déforment. Chez poulets élevés dans des bâtiments couverts la vitamine D ne peut pas être synthétisée, par suite de l'absence de lumière. Elle doit être fournie par l'aliment (Azzouz, 2006).

3.2.1.3. Vitamine E

La vitamine E se concentre au niveau des membranes cellulaires et intracellulaires grâce à sa double affinité pour les lipides (grâce à sa chaîne latérale) et pour les protéines (grâce à son noyau chromanol). En cas de carence en **vitamine E**, on assiste, d'après Duchadeau (2001), à une anémie due à une hémolyse (membranes érythrocytaires sont fragilisées), à une dégénérescence de la moelle osseuse et à un déficit de synthèse de l'hémoglobine, œdème, et nécrose, chez les jeunes et chez les adultes.

La composition vitaminique de la viande (filets et cuisses-pilons) est influencée par les apports alimentaires. Un taux élevé de vitamine E dans l'aliment est retrouvé dans le muscle. Cependant, les pertes en vitamines liées à la maturation, la cuisson et la conservation sont non négligeables (Castaing et al., 2003).

3.2.1.3. Vitamine K (antihémorragique)

Elle intervient dans la coagulation du sang. L'avitaminose K, chez poulet, entraîne l'apparition de tuméfactions œdémateuses de teinte bleu foncé, localisées sur diverses régions du corps (Azzouz, 2006).

3.2.2. Vitamines hydrosolubles

Elles agissent comme neuromédiateurs ou co-facteurs enzymatiques et peuvent se répartir en deux groupes selon leur fonction (**Mahmoudi, 2019**) :

- Vitamines assurant le transfert de groupes en présence des transférases (B1, B5, BC, B8, B12),
- Vitamines co-enzymes d'oxydo-réduction (B2, B3, C).

L'évolution génétique vers des poulets à fort potentiel musculaire et l'utilisation d'aliments " tout végétal " accroissent les besoins en vitamines. La complémentation à des niveaux supérieurs de régime alimentaire du poulet par l'acide folique (B9), la niacine (B3 : PP), la biotine (B8) et Riboflavine B2, accompagnées de la vitamine B12 et de l'acide pantothénique (B5) pourrait pallier ce manque, en contribuant à améliorer le développement corporel de ces animaux (**Castaing et al., 2003**). Selon le même auteur, ces vitamines améliorent significativement le rendement en filet car elles sont impliquées dans la synthèse protéique.

3.2.2.1. Vitamine C

Cette synthèse est affectée par une carence en vitamine A ou E ; dans les conditions normales, elle est suffisante chez les volailles. Un stress, une infection diminuent la concentration de vitamine C dans les surrénales, puis dans le sang, le foie, l'intestin et les muscles, d'où une baisse de résistance. La synthèse d'acide ascorbique est plus importante si la quantité de vitamine E dans la ration augmente ; une carence sévère en vitamine E peut donc provoquer une carence en vitamine C (**Duchadeau, 2001**).

3.2.2.2. Vitamine B1

Prévient d'une maladie appelée "Beri-Beri". Chez les poussins, une carence en thiamine entraîne une perte, d'appétit, un arrêt de croissance des troubles nerveux et par la suite des paralysies (**Azzouz, 2006**).

3.2.2.3. Vitamine B2 (Riboflavine)

Elle intervient dans la chaîne respiratoire comme co-enzymes d'oxydo-réduction (FAD...), favorise la croissance et a une activité anti-pellagrique. L'excès n'est pas toxique, mais la carence se manifeste par une chute de la croissance, des crevasses, une stomatite, une mal absorption et une photophobie (**Mahmoudi, 2019**).

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation du poulet de chair

3.2.2.4. Vitamine B6

C'est un facteur de croissance des cartilages du poussin. Sa carence ralentit la croissance chez le poussin (Azzouz, 2006).

3.2.2.5. Vitamine B12 (La vitamine)

La vitamine B12 est ingérée sous forme de complexes protéiniques, elle est absorbée activement en présence d'une glycoprotéine d'origine gastrique appelée Facteur Intrinsèque (FI). Sa carence, chez les jeunes oiseaux, on note un ralentissement de la croissance, une réduction de la genèse des érythrocytes et une augmentation de la mortalité (Duchadeau, 2001). Le tableau 16 rapporte les apports nutritionnels en vitamines recommandés pour le poulet de chair à différents stades d'élevage.

Tableau 16: additions recommandées de vitamines pour poulet de chair.

Vitamines par kg*	Démarrage (0 à 10 jours)	Croissance (11 à 24 jour)	Finition (25 jours à l'abattage)
Vitamine A (UI)	11000	9000	9000
Vitamine D3	5000	5000	4000
Vitamine E	75	50	50
Vitamine K	3	3	2
Thiamine (B1) mg	3	2	2
Riboflavine (B2) mg	8	6	5
Acide pantothénique (mg)	15	15	15
Pyridoxine (B6) (mg)	4	3	2
Biotine (mg)	0,15	0,10	0,10
Acide folique (mg)	2,00	1,75	1,50
Vitamine B12 (mg)	0,016	0,016	0,010

Leborgne et al. (2013)

**Partie 2. Essai de formulation d'un aliment
pour poulet de chair, en incorporant des
ressources alimentaires locales**

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

L'aliment représente, en moyenne, 70 % des charges variables de production de chair d'où l'attention accordée à ce facteur par les acteurs de la chaîne. Pour maintenir un niveau de profit satisfaisant, la maîtrise des matières premières et des méthodes de formulation sont nécessaires (**Brah et al., 2015**). Les formules testées et éprouvées doivent toujours être suivies à la lettre afin de garantir des produits de qualité constante (équilibre nutritionnel, goût, apparence, forme et durée de vie, ...) et d'éviter les erreurs de pesage (excès ou carence) qui peuvent avoir des conséquences financières (coût, prix de vente, ...), mais aussi des répercussions sur la santé de l'animal. Actuellement, les formules sont utilisées comme preuves pour tracer la qualité ou répondre aux réclamations des consommateurs (**Mettler, 2020**).

Chapitre 4. Méthodes d'élaboration des formules

Une formulation d'aliments est un calcul qui permet de décider de la proportion à utiliser de chaque ingrédient utilisé afin de composer un aliment équilibré. L'objectif général de cette formulation est de mélanger des ingrédients de qualité nutritionnelle différente de façon à obtenir un aliment ayant de bonnes proportions sur le plan nutritif, et dont le profil en éléments nutritionnels biologiquement disponibles est approximativement semblable aux besoins de l'animal élevé (**Fortier et al., 2015**).

Il existe plusieurs méthodes pour formuler un aliment, méthodes manuelles (moins précises) et méthodes basées sur l'utilisation des logiciels mathématiques plus précises. Parmi les méthodes les plus utilisées par les éleveurs avicoles, on trouve la méthode des essais et erreurs et le « Carré de Pearson ».

4.1. Méthode des essais et erreurs

Cette méthode est la plus populaire et utilisée pour la formulation des aliments volailles. Elle permet de satisfaire le besoin de la volaille en manipulant les valeurs nutritives des

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

ingrédients en fonction des pourcentages fixés. Elle peut se faire manuellement ou en utilisant les tableurs de calcul comme Excel (Brah et al., 2015).

Le tableau comporte deux parties (Tableau 17). La première partie comporte la composition chimique des matières premières proposées (g/kg d'aliment) et la deuxième comprend les apports des matières premières (g / kg d'aliment) selon les proportions (%) données pour chaque ingrédient d'aliment. Et enfin, on fait le bilan, on confronte le total des apports alimentaires aux besoins nutritionnels de poulets de chair à un stade d'élevage déterminé.

Cette méthode permet de satisfaire tous les besoins des poulets mais, a l'inconvénient d'être fastidieuse et prend du temps avant d'arriver à une solution satisfaisante.

Tableau 17 : Tableau utilisé lors de l'élaboration des formules alimentaires par méthode des essais et erreurs (travail sur feuille d'Excel)

Matière premières (MP)	Composition chimique de matière première (g/kg d'aliment)								Apport (MP%)	Apports des matières premières (g/kg d'aliment)						
	MS %	EM (g)	PB (g)	MG (g)	CB (g)	Ca (g)	P (g)	MM (g)		EM (g)	PB (g)	MG (g)	CB (g)	Ca (g)	P (g)	MM (g)
Maïs																
TS																
Son de blé																
Caroube																
Pulpe d'agrumes fraîche																
Calcaire																
Pbca																
CMV																
Apport total									100							
									Besoins de la phase de croissance							
									Billon =apport- besoin							

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

4.2. Démarche d'élaboration des formules alimentaires (démarrage, croissance, finition)

- Connaissance de l'animal auquel est destinée la formule alimentaire (espèce, âge, stade physiologique, ...),
- Détermination des besoins nutritionnels de poulets de chair (besoins en énergie (Kcal d'EM), besoins en protéines (tolales, AAI, ...), besoins en matière minérale et en vitamines, besoins en fibres, ...), etc.
- Apports nutritionnels des matières premières choisies (EM Kcal/Kg de MS), protéines (tolales, AAI, ...), matière minérale et vitamines, fibres, ...), etc.
- Connaissance des limites d'utilisation des matières premières choisies (présence de facteurs antinutritionnels, ...) dans la formule alimentaire,
- Prix raisonnable de la matière alimentaire,
- Disponibilité de cette matière sur le marché local.

4.2.1. Besoins nutritionnels de poulets de chair

En raison de leur croissance rapide, les poulets ont des exigences élevées en matière de nourriture. Outre les teneurs élevées en énergie et en protéines pour le développement de la masse musculaire, un apport suffisant en minéraux soutient la croissance rapide du squelette (Aviforum, 2013). Ces besoins sont définis par rapport à un objectif de production donné. Ils dépendent ainsi de l'animal (âge, stade de production, sexe, souche, variabilité individuelle), de l'environnement (température, lumière, ...), et des objectifs de production fixés (âge à l'abattage, rendement des pièces et qualité de la viande) (Dusart, 2015).

4.2.1.1. Besoins en énergie

Les besoins énergétiques du poulet sont sensibles aux conditions du milieu. Ils sont compris entre un minimum de 2900 kcal / kg au démarrage et un maximum de 3200 kcal en finition (**Dahmouni, 2018**) (Tableau 18).

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Tableau 18: Besoins nutritionnels journaliers de poulets de chair à différents stades d'élevage

Stades / Période en jours	Démarrage	Croissance	Finition
	0-10 j	11-24 j	> 25 j
Quantité d'aliment (kg)	0,3	1	1,5
<u>Présentation</u>	Miettes	Miettes	Granulés
Protéines brutes (%)	22	21	19
EM (Kcal/kg)	2900	3000	3100
Lysine totale / digestible (%)	1,26/1,10	1,09/0,95	1,03/0,9
Méthionine totale/digestible (%)	0,51/0,48	0,45/0,42	0,39/0,37
P total / disponible (%)	0,78/0,43	0,78/0,43	0,67/0,37
Calcium (%)	1	0,95	0,9
Sodium (%)	0,15-0,18	0,15-0,18	0,15-0,18
MG (%)	2,5	2,5	2,5
H° (%)	14	14	14
Cellulose (%)	4	4	4
MM (%)	5,5	5,5	5,5

EM : énergie métabolisable ; P : phosphore ; MG : matière grasse ; H° : humidité ; MM : matière minérale.

Source : Larbier et Leclercq (1992) ; INRA-CIRAD-AFZ; Beghoul (2015) ; INRA (2007).

L'énergie est utilisée pour satisfaire les besoins d'entretien qui se distinguent en métabolisme de base, en thermogenèse adaptative, en thermogenèse induite par l'aliment et l'activité physique. Les besoins énergétiques en production correspondent ici aux besoins en croissance (Michèle, 2008).

4.2.1.2. Besoin en protéines

Les besoins de poulets en protéines par kilo d'aliment diminuent avec l'âge. La période d'élevage la plus exigeante, en termes d'apports en protéines et en acides aminés, est le démarrage. Toute carence pendant cette période pénalise les performances de production

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

(Dusart, 2015). Il est recommandé une teneur en protéines brutes de 22 à 23 % pour la période de démarrage (0 à 3 semaines), et de 19 % au-delà de 3 semaines (Ndoye, 1996). Les besoins en lysine de poulets, de 20 à 40 jours, a pu être estimé à 0,92, 1,01 et 0,97 % dans la ration pour maximiser respectivement le gain de poids, l'IC et le rendement de filet (Tableau 19) (André, 2003).

Tableau 19: Besoin en acides aminés en fonction du critère utilisé (%)

Acide aminé	Gain de poids	Indic IC	Rendement filet
Lysine	0,92	1,01	0,97
Arginine	0,98	1,20	0,98
AA Soufrés	0,70	0,78	0,66
Valine	0,77	0,73	0,73
Isoleucine	< 0,61	0,66	0,66
Thréonine	0,61	0,61	0,61
Tryptophane	< 0,15	< 0,15	< 0,15

André (2003).

4.2.1.3. Besoins en matières minérale et vitamines

Les volailles ont un besoin important en minéraux, surtout en calcium et en phosphore. Le besoin de poulets de chair en phosphore total est de 7 g/kg d'aliment en phase démarrage, 6,9 g en phase croissance et 6,4 g/kg en phase finition. Ce besoin diminue au fur et à mesure que l'animal croît (Lucas, 2014). Le besoin des poulets de chair en calcium est de 11 g/kg d'aliment en phase démarrage, 10 g/kg en croissance et 9 g/kg en finition. Tout comme pour le phosphore, le besoin en calcium par kg d'aliment diminue durant la vie de l'animal (Lucas, 2014). Les hautes températures entraînent une augmentation du besoin en vitamine A (Van Eekeren et al., 2006).

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

4.2.1.4. Besoin en fibres

Les fibres solubles (mucilages, pectines, ...) freinent l'assimilation des glucides, diminuent la digestion et l'absorption des graisses, réduisent la matière sèche dans les fèces et baissent le temps de passage intestinal (**Henry, 2020** et **Novogen, 2017**).

Les fibres insolubles (cellulose, lignine, ...) agissent comme des éponges. Elles permettent d'augmenter le volume des selles et de stimuler les contractions intestinales (**Henry, 2020**). Ce sont des fibres structurantes peu fermentables qui améliorent la digestibilité de l'amidon, augmentent le temps de passage intestinal et stimulent la croissance des villosités intestinales (**Novogen, 2017**). Chez le poulet, il est souhaitable de ne pas dépasser des taux de 5 % de fibres, pour éviter des accidents de transit et une mauvaise utilisation de la ration (**Michèle, 2008**).

4.2.1.5. Besoin en eau

Les poulets consomment en général deux fois plus d'eau que d'aliment, ce ratio peut être beaucoup plus élevé dans les régions chaudes. Par conséquent, toute réduction d'apport en eau peut entraîner une baisse de la viabilité. La qualité et la disponibilité de l'eau ont un impact important sur les performances de croissance de poulets (**Kirkpatrick et Fleming, 2008**).

4.2.2. Apports nutritionnels des matières premières

Les apports alimentaires recommandés apportent les nutriments en quantité suffisante pour couvrir les besoins de l'animal.

Le choix des matières premières, pour formuler un aliment en incorporant des ingrédients locaux, est axé sur le fameux complexe maïs-soja, avec l'addition de la caroube, la pulpe d'agrumes et le son de blé, ainsi que le calcaire, la phosphate bi-calcique et le CMV pour compléter l'apport minéralo-vitamique.

La composition chimique des matières premières utilisées (g / kg) est rapportée dans les tableaux 20 et 21. Nous avons utilisé deux types de maïs, selon l'âge du cheptel :

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

- Maïs moins énergétique et riche en protéines (3350 Kcal et 102 g /kg MS respectivement /kg MS) pour les jeunes (stade démarrage et croissance) et
- Maïs plus énergétique et pauvre en protéines (3440 Kcal et 76 g /kg MS respectivement) pour les adultes (stade finition).

Tableau 20: Composition chimique des matières premières utilisées dans la formulation des aliments (g / kg) (Stades démarrage et croissance).

Matières premières (MP)	MS (%)	EM (Kcal/kg)	Protéines brutes	MG	CB	MM	Ca	P
Maïs	86	3350	102	47	24	14,5	0,1	3,1
TS	88	2992	462	15	60	62	3,4	6,2
Son de blé	86,9	1700	153	33	92	46	1,2	9,5
Caroube	85,2	3764	43	6	87	30	4,3	0,8
Pulpe d'agrumes fraîche	17,4	2934	11	8	21	8	1,4	0,3
Calcaire	99,5	0	0	0	0	967	350	
Pbca							180	230
CMV							190	120

Source : Larbier et Leclercq (1992) ; INRA-CIRAD-AFZ; Beghoul (2015) ; INRA (2007).

Tableau 21 : Composition chimique des matières premières utilisées dans la formulation des aliments (g / kg) (Stade finition).

Matières premières (MP)	MS (%)	EM (Kcal/kg)	Protéines brutes	MG	CB	MM	Ca	P
Maïs	86,3	3440	76	36	23	12	0,4	2,5
TS	88	2992	462	15	60	62	3,4	6,2
Son de blé	86,9	1700	153	33	92	46	1,2	9,5
Caroube	85,2	3764	43	6	87	30	4,3	0,8
Pulpe d'agrumes fraîche	17,4	2934	11	8	21	8	1,4	0,3

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Calcaire	99,5	0	0	0	0	967	350	
Pbca							180	230
CMV							190	120

Source : Larbier et Leclercq (1992) ; INRA-CIRAD-AFZ ; Beghoul (2015) ; INRA (2007).

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Chapitre 5. Résultats des formules alimentaires élaborées

Les Apports nutritionnels offertes par les matières premières utilisées (g / kg MS d'aliment) aux différents stades d'élevage (démarrage, croissance et finition) sont indiqués respectivement dans les tableaux 20, 21 et 22.

5.1. Formule 1 (Stade démarrage)

Pour faciliter l'interprétation de résultats des tables offrant les formules alimentaires élaborées, nous avons calculé le taux de la variation (%) entre les résultats du bilan et les besoins totaux. Pour un :

- taux inférieur ou égale à 5 %, la variation est considérée faible (formule bien équilibrée),
- taux inférieur variant de 5 à 10 %, la variation est acceptable (formule moyennement équilibrée),
- taux supérieur à 10 %, la variation est considérée forte (formule déséquilibrée).

Dans la formule démarrage, le maïs a été introduit dans la ration à raison de 48 %, alors que dans les formules classiques, il intervient avec des taux élevés dépassant généralement les 60 %. L'offre du maïs a été remplacée par le son de blé (11 %), le caroube (2 %) et les pulpes d'agrumes (3.5 %). Par contre, les protéines de la ration sont couvertes en premier lieu par les tourteaux de soja (151,1 g/kg d'aliment), le maïs (49 g) et le son de blé (Tableau 22).

Apport de MP (%)		EM (Kcal/kg)	Protéines brutes (g)	MG	CB	Ca	P	MM
Maïs	48	1608	49	22,6	11,5	0,0	1,5	7,0
TS	32,7	978	151,1	4,9	19,6	1,1	2,0	20,3
Son de blé	11	187	16,8	3,6	10,1	0,1	1,0	5,1
Caroube	2	75	0,9	0,1	1,7	0,1	0,0	0,6

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Tab leau 22: App orts nutr itio nnel s offe rtes	Pulpes d'agrumes	3,5	103	0,4	0,3	0,7	0,0	0,0	0,3	
	Calcaire	0,8	0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	7,7	
	Pbca	1	0	0,0	0	0,0	1,8	2,30	0	
	CMV	1	0	0,0	0	0,0	1,9	1,20	0	
	Total	100	2951	218,1	31,5	43,7	8	8,1	40,9	
	Besoins totaux (BT)		2900	220	25	40	11	4,3-7,8	55	
	Bilan = Apport - BT		51,4	-1,9	6,5	3,7	-3,1	0,3	-14,1	
	Variation (%) / (BT)		1,8	-0,9	26,0	9,3	-27,9	3,7	-25,6	
	EM : énergie métabolisable ; P : phosphore ; MG : matière grasse ; H° : humidité ; MM : matière minérale.									

par les matières premières utilisées (g / kg MS d'aliment) (stade démarrage)

Dans l'ensemble, la formule établit pour le poulet de chair en démarrage est bien équilibrée sur le plan énergétique, il y a uniquement 1,8 % de plus par rapport au besoin recommandé à ce stade. Elle est aussi équilibrée au niveau des protéines brutes, de la cellulose brute et de phosphore. Par contre, elle est excédentaire en matière grasse et carencée en calcium et en matières minérales généralement.

5.2. Formule 2 (Stade croissance)

En phase de croissance, la fraction du maïs a été augmentée (54,5 % de la ration) à la suite de l'accroissement des besoins énergétiques des poulets (3000 Kcal/kg d'aliment) ; tandis que, les tourteaux ont baissé à un taux de 30,3 % du total (Tableau 23).

Le son de blé a été incorporé à raison de 8 % et offre 136 kcal et 12,2 g d'énergie et de protéines respectivement ; toutefois, les pulpes d'agrumes et la caroube sont introduites dans la formule avec des taux faibles, soit 3,5 et 1,5 % respectivement.

Tableau 23: Apports nutritionnels offertes par les matières premières utilisées (g / kg d'aliment) (stade croissance)

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Apport de la MP (%)		EM (Kcal/kg)	Protéines brutes (g)	MG	CB	Ca (g)	P (g)	MM
Maïs	54,5	1826	55,6	25,6	13,1	0,1	1,7	7,9
TS	30,3	907	140	4,5	18,2	1,0	1,9	18,8
Son de blé	8	136	12,2	2,6	7,4	0,1	0,8	3,7
Caroube	1,5	56	0,6	0,1	1,3	0,1	0,0	0,5
Pulpes d'agrumes	3,5	103	0,4	0,3	0,7	0,0	0,0	0,3
Calcaire	0,7	0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	6,8
Pbca	0,5	0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,2	0,0
CMV	1	0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,2	0,0
Total	100,0	3027	209	33,2	40,7	9,8	6,7	38
Besoins totaux (BT)		3000	210	25	40	9,5	4,3-7,8	55
Bilan = apport - besoin		27,5	-1,2	8,2	0,7	0,3	-1,1	-17
Variation (%) / (BT)		0,92	-0,55	32,6	1,6	2,8	0	-31,1

EM : énergie métabolisable ; P : phosphore ; MG : matière grasse ; H° : humidité ; MM : matière minérale.

L'offre énergétique, protéique, fibreux et en phosphore et calcium de la formule élaborée est très suffisant pour assurer les besoins nutritionnels du poulet en croissance en ces matières. Cependant, la formule reste carencée en certaines substances minérales (moins de 31,1 % par rapport aux besoins totaux en minéraux) et elle est un peu excédentaire en matière grasse (plus de 32,6 % du total).

5.3. Formule 3 (Stade finition)

Pour assurer les besoins nutritionnels des poulets en dernière phase d'élevage (finition), on était obligé d'augmenter la proportion du maïs à un taux très élevé (60 % du total) pour couvrir les besoins énergétiques estimés à 3100 Kcal / kg MS d'aliment (Tableau 24).

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

Ce taux élevé a été incorporé au détriment des matières locales (le son de blé, la caroube et les pulpes d'agrumes) qui sont ajoutées dans la formule « finition » à des taux respectifs de 6, 3 et 1 %.

Tableau 24: Apports nutritionnels offerts par les matières premières utilisées (g / kg d'aliment) (stade finition)

Matières premières (MP)	Apport de MP (%)	EM (Kcal/kg)	Protéines brutes (g)	MG	CB	Ca	P	MM
Maïs	60	2064	45,6	21,6	13,8	0,24	1,50	7,2
TS	27,5	823	127,1	4,125	16,5	0,935	1,71	17,05
Son de blé	6	102	9,2	1,98	5,5	0,072	0,57	2,76
Caroube	3	113	1,3	0,18	2,6	0,129	0,02	0,9
Pulpes d'agrumes	1	29	0,1	0,08	0,2	0,014	0,00	0,08
Calcaire	0,5	0	0,0	0	0,0	1,75	0,00	4,835
Pbca	1	0	0,0	0	0,0	1,8	2,30	0
CMV	1	0	0,0	0	0,0	1,9	1,20	0
Apport total	100	3131	183	28	39	6,8	7,3	33
Besoins (BT) / kg MS		3100	190	25	40	9	0,3 - 6,7	55
Bilan = apport - besoin		31,1	-6,8	3,0	-1,4	-2,2	0,6	-22,2
Variation (%) / (BT)		1,0	-3,6	12,0	-3,5	-24,4	9,0	-40,4

EM : énergie métabolisable ; P : phosphore ; MG : matière grasse ; H° : humidité ; MM : matière minérale.

Cette formule proposée est bien équilibrée en énergie (1 % de plus par rapport aux besoins énergétiques totaux), en protéines (moins 3,6 % de besoins totaux), en fibres (moins 3,5 %) et en phosphore. Et elle est carencée en substances minérales totales et en calcium, soit des taux respectifs de 40,4 et 24,4 %.

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

La limite de l'utilisation des carbonates de calcium (très riche en calcium) dans la ration à des taux qui ne doivent pas dépasser les 0,5 % du total a rendu l'équilibre calcique de la formule inaccessible.

Cet essai mérite d'être refaite dans des conditions plus favorables et avec des outils plus précis (logiciels de programmation) afin d'arriver à ajuster les formules alimentaires élaborées, elle mérite aussi d'être appliquée sur le terrain (dans l'alimentation des poulets de chair à différents stades d'élevage).

Conclusion

En Algérie, l'aviculture intensive fonctionne avec le modèle alimentaire américain basé sur le complexe « maïs-tourteau de soja » dont des quantités immenses sont importées. L'utilisation des matières premières locales disponibles (fèverole, fèves, orge, sorgho, triticale, caroube, sons, tourteaux, drèches de brasseries, issues de meunerie, pulpes, levures de bière, spiruline, lazaria, ...) permet d'améliorer l'alimentation du bétail et de diminuer le coût de revient de la viande blanche, ainsi que de baisser la dépendance de notre pays vis-à-vis de l'étranger.

Notre étude a été initiée dans l'optique d'étudier est d'essayer de formuler un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales.

Dans le présent travail, l'offre nutritionnelle du maïs a été remplacée partiellement, en phase de démarrage, par le son de blé (11 %), la caroube (2 %) et les pulpes d'agrumes fraîches (3,5 %). La formule est bien équilibrée en énergie, en protéine, en cellulose brute, et en phosphore, mais il y a un excès en matière grasse, et une carence en calcium.

Pour la formule de croissance, les matières locales sont incorporées à raison de 8 % (son de blé), 1,5 % (caroube) et 3,5 % (pulpes d'agrumes). La formule est équilibrée en énergie, en

Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair, en incorporant des ressources alimentaires locales

protéine, en cellulose brute, et en phosphore, mais il y a encore un manque en minéraux, et en excès en matière grasse.

Concernant la formule de la phase finition, le maïs a été substitué par le son de blé (6 %), la caroube (3 %) et les pulpes d'agrumes (1 %).

L'incorporation de ces matières premières locales (son de blé, caroube, et pulpes d'agrumes) dans l'alimentation de poulets de chair a été étudiée par plusieurs chercheurs et organismes de recherche Algériens [Boudouma (2008), Berchiche (2007), Dahmouni (2018), ITELV (2013), Bara al. (2019), Arbouche et al. (2018), Boukhris (2017 et 2020), etc.] et étrangers [(Álvarez-Fuentes et al. (2013), Abbasi et al. (2014), ...)] et elle a montré son efficacité zootechnique et économique avec des taux d'incorporation limités.

Cet essai mérite d'être refaite dans des conditions plus favorables et avec des outils plus précis (logiciels de programmation) afin d'arriver à ajuster les formules alimentaires élaborées, elle mérite aussi d'être appliquée sur terrain (dans l'alimentation des poulets de chair à différents stades d'élevage).

Références bibliographiques

- Acket S., 2015.** Implication du métabolisme carboné pour une production différentielle d'huile chez les plantes oléagineuses-Lin : modélisation des systèmes. Thèse doctorat. Université De Technologie De Compiègne. 318 pages. <https://www.theses.fr/2015COMP2168.pdf>.
- Adam., 2018.** Agro actu. Filière avicole: la production nationale en viande blanche a atteint 5,3 millions de quintaux en 2017. <https://agroactu.com/filiere-avicole-la-production-nationale-en-viande-blanche-a-atteint-53-millions-de-quintaux-en-2017/>.
- Alloui O., Zemmouri F., Alloui N. et Tlidjane M., 2001.** Effet du traitement enzymatique de l'orge sur les performances zootechniques du poulet de chair. Quatrièmes Journées de la Recherche Avicole, Nantes, 27 et 29 mars 2001. https://www.researchgate.net/publication/254257386_effet_du_traitement_enzymatique_de_l'orge_sur_les_performances_zootechniques_du_poulet_de_chair
- Amrane R., 2002.** Prédiction de la valeur nutritive des fourrages par des méthodes de laboratoire. Application à des fourrages Algériennes. Thèse de doctorat, institut National d'agronomie. Alger, p 150.
- André PG., Eric M., Stefan J1.et Pierre D., 2003.** Vers une nouvelle approche des besoins en acides aminés des volailles. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 26 et 27 mars 2003. <http://www.journees-de-la-recherche-cunicole.org/PDF/40-GERAERT.pdf>.
- Andurand J., Coulmier D. et Rambourg J.C., 2010.** Extraction industrielle de protéines et pigments chez la Luzerne : état des lieux et perspective. Innovations agronomiques 11 (2010), 147-156. <https://www6.inra.fr/ciag/content/download/3638/35622/file/Vol11-10-Andurand.pdf>
- Anonyme :** le figaro. Fève. <https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/feve/que-contient-feve>
- Aviforum., 2013.** Nourrir les volailles, Moyen d'enseignement pour la formation professionnelle de base de l'avicultrice, de l'aviculteur en 3ème année d'apprentissage, Edition LMZ, 2013. <https://www.doc-developpement-durable.org/file/fermes-ecoles/ecoferme-Songhai/Nutrition-de-vollaille.pdf>.
- Azzouz H., 2006.** Alimentation du poulet de chair. Itelv. <http://www.itelv.dz/index.php/telechargements/download/54-aviculture/220-alimentation-du-poulet-de-chair.html>.
- Beckers Y., 2011.** La féverole. Gembloux Agro-Bio Tech. Université de Liège. 52 pages. <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/121763/2/La%20f%C3%A9verole.pdf> (Consulté : 16.06.2020)
- 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 Doctorat. Univ. Frères Mantouri, Constantine 1. 217 pages. <https://bu.umc.edu.dz/theses/veterinaire/BEG6667.pdf>sur.
- Belaid D., 2016.** Valorisation de l'orge et des triticales en alimentation volaille. Collection brochures agronomique. 2016. 12 pages. <http://www.djamelbelaid.fr/app/download/28253002/BrochureAviValorisat%C2%B0Orge.pdf> (consulté: 9.06.2020)
- Belaid., 2015.** L'élevage Avicole en Algérie. Collection dossiers agronomiques. 66 page.

- Benabdeljelil K., 1999.** Transfert de technologie en agriculture des orges en aviculture, valorisation des orges en aviculture N°55, avril 1999, 4 pages.
- Berk Z., 1993.** Technologie de production de farines alimentaires et de produits protéiques issus du soja. FAO, Rome. 192 pages. https://books.google.dz/books?id=jjrSUAtkXAYC&printsec=frontcover&hl=ar&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Beroual k., 2014.** Impact de *linum usitatissimum* sur la régénération épithéliale et sur la pousse de poils. Thèse doctorat. Univ Constantine 1, Constantine. 221 pages. <https://bu.umc.edu.dz/theses/veterinaire/BER6646.pdf>.
- Boucherba N., 2015.** Valorisation des résidus agro-industriels. Université Abderrahmane Mira, Bejaïa. 80 pages. https://www.umc.edu.dz/images/polycopie_integrale.pdf.
- Boudouma D., 1990.** Valeur Nutritive De La Féverole Sidi Auch (*Vicia Faba Miner*) et de l'orge Saida est (*Hordeum Vulgare*) Chez Gallus Gallus. Ann. Inst. Nat. Agron. El-Harrach, 1990, Vo. 14, N°1-2, p. 21 – 32. <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1042/1/ia00p435.pdf>
- Boudouma D., 2008.** Valorisation du son de blé en alimentation des volailles. Thèse doctorat. Univ Tizi-Ouzou, 172 pages. http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/429/1/boudouma_d.pdf.
- Bounoun K., Brabant C., Schierscher B. et Mascher F., 2015.** Teneur en β -glucane dans des variétés locales d'orge de printemps du Valais. Agroscope. https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/en/home/topics/plant-production/field-crops/kulturarten/cereales/team/_jcr_content/par/externalcontent_963997602.
- Bourekoua H., 2018.** Panification traditionnelle sans gluten type « khobzeddar » : formulation avec améliorants naturels. Thèse de doctorat en sciences. Frères mentouri, Constantine 1. 226 pages. <https://bu.umc.edu.dz/theses/agronomie/BOU7252.pdf>
- Brah N., Houndonougbo MF. et Issa S., 2015.** Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille : Une synthèse bibliographique. Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(6): 2924-2931, 2015. <https://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/135640>.
- Carabaño R. et García J., 2000.** Le soja entier dans la nutrition des lapins. ASA: American Soybean Association. In Europe. ed., Brussels Belgium, 19 pages. https://www.researchgate.net/profile/Rosa_Carabano/publication/265272205_Le_soja_entier_dans_la_nutrition_des_lapins/links/5548a4170cf2e2031b38a787.pdf.
- Carré B., Gomez J., Melcion J P. et Giboulot B., 1994.** Valeurs alimentaires des tourteaux et graines de lin pour la volaille, INRA Production Animale. http://www.journees-de-la-recherche-avicole.org/JRA/Contenu/Archives/1_JRA/11valeursJRA1.pdf.
- Chaillet I. et Burstin J., 2011.** Potentiel de production protéique par les variétés de légumineuses à graines. Tech et bio. https://www.arvalis-infos.fr/file/galleryelement/pj/bc/24/a4/56/legumineuses_a_graines5080381554441424575
- Chaillet I., Biarnès V., Fontaine L., Chataignon M., Roinsard A., Couseil M., Prieur L., Johan G., Quirin T., Coutard JP., Lubac S., Boissinot F. et Arino J., 2014.** La culture de la féverole en AB. ITAB : institut technique de l'agriculture biologique. http://www.itab.asso.fr/downloads/Fiches-techniques_culture/fiche-feverole.pdf (Consulté: 18.08.2020)

- Chantereau J. et Nicou R., 1991.** Le sorgho. Collection COSTE. Ed. CTA, Paris. <http://www.nzdl.org/gsdmod> (consulté: 10.08.2020).
- Chedjerat A., 2016.** Comportement de seize cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa L.*) conduits en pluvial et en irrigué dans les conditions du Bas Chélif. Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure D'agronomie, ENSA D'El-Harrach. 132 pages. <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1962/3/CHEDJERAT%2C%20Abed>.
- Claire M., 2020.** Petit pois mais grands bénéfiques. Guide des aliments. <https://www.marieclaire.fr/petit-pois-mais-grands-benefices,726088.asp>
- Crevieu-Gabriel I., 1999.** Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des protéines de pois. INRA Prod. Anim., 12, 147-161. https://www6.inrae.fr/productions-animales/content/download/4183/42976/version/1/file/Prod_Anim_1999_12_2_06.pdf
- Dakia PA., Blecker C., Robert C., Wathelet B et Paquot M., 2008.** Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid and water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*, 22, 807-818.
- Dahmouni BZ., 2018.** Effets du conditionnement thermique précoce et de la supplémentation alimentaire en lin (*Linum usitatissimum*) sur la qualité des lipides des viandes, l'adaptation physiologique et métabolique à la chaleur et la résistance à la coccidiose chez le poulet de chair élevé en climat chaud. Thèse doctorat. Univ Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. [http://e-biblio.univmosta.dz/bitstream/handle/123456789/13415/Th%C3%A8se_Doctorat_Mme%20DAHMOU NI.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://e-biblio.univmosta.dz/bitstream/handle/123456789/13415/Th%C3%A8se_Doctorat_Mme%20DAHMOU%20NI.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Dahouda M., Toléba S.S., Senou M., Youssao A.K.I., Hambuckers A. et Hornick J.L., 2009.** Les ressources alimentaires non-conventionnelles utilisables pour la production aviaire en Afrique : valeurs nutritionnelles et contraintes. *Ann. Méd. Vét.*, 2009, 153, 5-21
- Daine F., 2018.** Doctissimo. Calcium. https://www.doctissimo.fr/html/nutrition/vitamines_mineraux/calcium.htm.
- Danel J., 2016.** Récolte 2016 Maïs grain : une qualité satisfaisante pour l'alimentation animale. Semences en France (ARVALIS-institut du végétal). <https://www.semencesdefrance.com>
- Decruyenaere V., Rondia P. et Wavreille J., 2016.** Intérêts des légumineuses en alimentation animale : vaches laitières et monogastriques. Quelle place d'avenir pour les légumineuses en Wallonie ? –Gembloux –8 Novembre 2016. 34 pages . <https://www.cra.wallonie.be/img/page/Conference/2016-nov-legumineuses/6-wavreille.pdf>.

Dehaynin N., 2007. Utilisation du sorgho en alimentation animale. Thèse Doctorat. Univ. Claude-Bernard - Lyon I, Lyon. 109 pages. http://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th_sout/dl.php?file=20071yon027.pdf (consulté 25.8.2020)

Deloume C., 2005. Réussir Bovins Viande. Tourteau de colza Une source de protéines et de minéraux intéressante. <https://www.reussir.fr/bovins-viande/une-source-de-proteines-et-de-mineraux-interessante>.

Deluzarche C., 2020. Lupin. Futura sciences. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/fleurs-lupin-18656/>.

Deluzarche C., 2020. Futura Science. Lupin. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/fleurs-lupin-18656/>.

Duchadeau C., 2001. Vitaminothérapie chez les volailles. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2001, 166 p.

Dusart L., 2015. Quelques rappels sur les mécanismes physiologiques. Alimentation des volailles en agriculture biologique. Ed. ITAVI. http://itab.asso.fr/downloads/cahier-volailles/cahier_volaille_chapitre3_web.pdf13-18PP

Elodie L., 2013. Le soja : influence de sa consommation sur la sante humaine et consequences de l'expansion de sa culture au niveau mondial. Thèse doctorat. Univ Toulouse Iii, Paul Sabatier, 104 pages. <http://thesesante.ups-tlse.fr/298/1/2013TOU32095.pdf>.

Émile J.C., Huyghe C. et Huguet L., 1991. Utilisation du lupin blanc doux pour l'alimentation des ruminants: résultats et perspectives. Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences, 1991, 40 (1), pp.31-44. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00888733/document>

Fabien B., 2010. Dégradabilité de l'azote de tourteaux gras de colza obtenus par pressage à chaud ou ç froid : études in sacco et in vivo. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Toulouse 3, 2010, 72 pages. https://oatao.univ-toulouse.fr/4093/1/hartmann_4093.pdf

FAO., 1965. L'alimentation des volailles dans les pays tropicaux et subtropicaux. Ed. Collection FAO : progrès et mise en valeur-Agriculture. N° 82. Rome, 1965.

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

Fernandez EV. et Ruiz JJ., 2003. Technicien en élevage 1. ED. Madrid España, 242 pages.

Foreaut PA. et Guilhem V., 2020. Nos offres pour tourteau de soja 48% profat ogm. Comparateur agricole. <https://comparateuragricole.com/approvisionnement/alimentation-animale/tourteaux-de-colza/tourteaux-de-soja>.

Fortier J.F., Florentin A., Terver D. et Nicolas., 2015. Que signifie formulation d'aliment. Aquaportail. <https://www.aquaportail.com/definition-6329-formulation-d-aliment.html>

GEPV: Groupe d'Etude et de Promotion des Protéines Végétales, 2011. Les matières protéiques végétales. <http://www.improve-innov.com/wp-content/uploads/prot-v%C3%A9g%C3%A9tales-march%C3%A9-en-plein-essor.pdf>.

Ghmirou Y., 2017. Aviculture au Maroc. Fabrication d'aliments. <http://www.avicultureaumaroc.com/fabrication.html>.

GNIS : groupement national interprofessionnel des semences et plantes., 2020. Alliance élevage. <https://www.alliance-elevage.com/informations/article/la-luzerne-une-fourragere-riche-en-proteine>

- Gongnet G.P., Djidohoun Kd., Dieme Y et Schoner F.J., 1998.** Influence du phosphore organique et minéral et de la phytase microbienne (*Aspergillus Niger*) sur les performances zootechniques du poulet de chair en zone tropicale. Actes Inst. Agron. Veto (Maroc) 1998, Vol. 18 (1): 15-22
- Grillet C., s.d.** focus sur la graine de lin. 2 pages. http://grillet.cn.free.fr/veto/pdf/Focus_sur_la_graine_de_Lin.pdf
- Guillemin S., 2006.** Extraction aqueuse d'huile de colza assistée par hydrolyse enzymatique : optimisation de la réaction, caractérisation de l'émulsion et étude de procédés de déstabilisation. Alimentation et nutrition. Institut national polytechnique de lorraine, 2006. Français. 230 pages. <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01752769/document>.
- Guines F., 2002.** Bases génétiques des variations pour la structure histologique des tiges de luzerne (*Medicago sativa l.*). Docteur de l'école nationale supérieure agronomique de rennes. Ecole nationale supérieure agronomique, rennes.156 pages. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00655243/file/these_Guines.pdf
- Hannachi-Rabia R., Bannelier C., Berchiche M. et Gidenne T., 2017.** La graine de fève sèche (*Vicia faba major L*) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage. Livestock Research for Rural Development, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, 2017, 29 (3), Non paginé. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01519138/document>
- Hartog., 2020.** La luzerne pour vos poulets de chair. <https://www.hartog-lucerne.com/fr/volaille/poulets#:~:text=La%20luzerne%20est%20tr%>
- Heeg A., 2016.** Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales. Utilisation de la fèverole comme source de protéine dans l'alimentation animale. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/dairy/facts/16-058.htm> (consulté : 23.08.2020).
- Henrion A., Arger N., Rolland F., Barbat A., Doat-Matrot F. et Morlighem A., 2020.** Terres oleo pro. Lin. <https://www.terresoleopro.com/lupin-pousse-partout>
- Henry C., 2020.** Sante magazine. Comment fonctionnent les fibres alimentaires. <https://www.santemagazine.fr/alimentation/aliments-et-sante/comment-fonctionnent-les-fibres-alimentaires-325978>.
- Heuzé V., Tran G. et Rouillé B., 2017.** CNC : Comite National Des Coproduits. Drêches de brasserie. 10 pages. http://idele.fr/?eID=cmis_download&oID=workspace://SpacesStore/66f891b4-b730-4c6a-beaa-be84ff834bdd
https://www.gembloux.ulg.ac.be/phytotechnie-temperee/appo/Menu/conduite_des_cultures/Feveroles/DEF_Livret_Feverole_A5-web.pdf (Consulté: 16.06.2020)
- HulléLes M., Dedryver C.A. et Turpeau-Ait Ighil E. 2011.** Pucerons des grandes cultures: cycles biologiques et activités de vol. ACTA, Paris. 135 pages. https://books.google.dz/books?id=Uuiio7U9v_MC&pg=PA19&lpg=PA19&dq=Le+colza

- Hurtel J.M., 2013.** Lin graines de lin huile de lin. Phytomania. Phytothérapie, plantes médicinales, aromathérapie, huiles essentielles. <https://www.phytomania.com/lin.htm>
- INRA., 1989.** 2 ed. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. INRA, Paris. 232 pages. <https://books.google.dz/books>.
- Jacques C., Jean-François C., Alain R. et Rattnadess G., 2013.** Le sorgho. Collection Agricultures tropicales en proche. Ed. CTA, Paris, 2013. 267 pages. <https://books.google.dz/books?id=3RFaAgAAQBAJ&pg=PA229&dq=Le+sorgho,+Maisonneuve+et+Larose,+1991> (consulté le 16.08.2020)
- Johnson LE., 2019.** Le Manuel MSD pour le grand public. Généralités sur les vitamines. 2019. <https://www.msmanuals.com/fr/accueil/troubles-de-la-nutrition/vitamines/g%C3%A9n%C3%A9ralit%C3%A9s-sur-les-vitamines>
- Juin H., 2016.** L'alimentation protéique des volailles.
- Kaci A., 2014.** Les déterminants de la compétitivité des entreprises avicoles algériennes. Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique El Harrach, Alger. 274 pages. http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1024/3/kaci_a.pdf.
- Karam O., 2020.** Fève : reconstituante et tonifiante. Jardiner-malin. <https://www.jardiner-malin.fr/sante/feve-bienfaits.html>.
- Kaysi Y. et Melcion J.P., 1992.** Traitements technologiques des protéagineux pour le monogastrique: exemples d'application à la graine de féverole. INRA Productions Animales, Paris: INRA, 1992, 5 (1), pp.3-17. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00895959/document>.
- Kirkpatrick K. et Fleming E., 2008.** La qualité de l'eau. Fiche technique Ross Tech 07/47. http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/French_TechDocs/Ross-Tech-La-qualit-de-l-eau.pdf.
- Lacassagne L., Francesch M., Carré B. et Melcion J-P, 1988.** Utilization of tannin containing and tannin-free faba beans (*Vicia faba*) by young chicks: effects of pelleting feeds on energy, protein and starch digestibility. Anim. Feed Sci. Technol. 20: 59-68.
- Larbier M. et Leclercq B., 1992.** Nutrition et alimentation des volailles. Ed. Paris : Quæ, 1992, 257-258p. Disponible : <https://books.google.dz/books>
- Le Jeune C., 2015.** Les oléoprotéagineux dans la lutte contre le changement climatique. Sciences du Vivant [q-bio]. 2015. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01256129/document>.
- Leborgne M.C., Bréchet C., Delteil L et Fournier E., 2013.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage 2 : l'alimentation des monogastriques et des polygastriques. 3 ed. PAO. 360 pages. Dijon. <https://books.google.dz/books>.
- Lebret B., Prache S., Berri C., Lefèvre F., Bauchart D., Picard B., Corraze G., Médale F., Faure J. et Alami-Durante H., 2015.** Qualités des viandes : influences des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage. INRA Prod. Anim., 2015, 28 (2), 151-168.
- Leclercq B., Lessire M., Guy G., Hallouis M. et Conan I., 1989.** Utilisation de la graine de colza en aviculture. Revue bibliographique et résultats de deux essais. INRA prod. Anim. 2 (2). 129-136. https://www6.inrae.fr/productions-animales/content/download/4358/43957/version/1/file/Prod_Anim_1989_2_2_06.pdf
- Lefebvre., 2016.** Vitamines et micronutriments. Ronéotypeuse : Estelle Gauthier Ronéoficheuse : Ronéo n°6, Cours n°11. <https://12bichat2016>

2017.weebly.com/uploads/9/1/0/9/91095670/2a_p2_ue8_cours_11_vitamines_et_micronutriments_roneo.pdf.

Ligeon B., 2019. Quels sont les bienfaits graines de lin. L'Île aux épices. <https://ileauxepices.com/blog/2019/10/11/bienfaits-des-graines-de-lin/wp16072/>.

Lucas M., 2014. Forme d'apport du phosphore, performances et minéralisation osseuse chez le poulet de chair. Sciences agricoles. 2014. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01083882/document>.

Madeleine M., Gadou R., Dragoul C. et Collectif J., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Ed. Dijon. 312 pages. https://books.google.dz/books?id=qGB9NygckoYC&hl=ar&source=gbs_navlinks_s (consulté 9.06.2020)

Mahmoudi N., 2018. Cour alimentation vitaminique. Université Saad Dahleb, Blida 1.

Martín A., Cabrera A. et López Medina J. 1991. Antinutritional factors in faba bean. Tannin content in *Vicia faba*: possibilities for plant breeding. In: Cubero J.I. (ed.), Saxena M.C. (ed.). Present status and future prospects of faba bean production and improvement in the Mediterranean countries. Zaragoza : CIHEAM, 1991. p. 105-110. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 10). <https://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=92605141>.

Mauriès M., 1994. La luzerne, aujourd'hui. Editions France Agricole, Paris, 254p.

Mauriès M., 1998. Cour luzerne, module FO : production et gestion du système fourrager. GNIS et du SNDF. France. 22p.

Maybelline E., Hoopen T. et Maïaga A., 2012. Production et transformation du maïs. Collection PRO-AGRO. Ed. CTA, Cameroun. 32 pages. <http://publications.cta.int/>1...PDF> (consulté le 7. 06. 2020)

Medjenah F., 2014. Impact des additifs alimentaires sur les performances zootechniques des poulets de chair. Chapitre II. Alimentation du poulet de chair <http://dspace.univ-msila.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8596/Medjnah%20Chapitre2%20alimentation%20de%20PC.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.

Mettler T., 2020. Le Guide de la formulation alimentaire. Mettler Toledo. <https://www.mt.com/ch/fr/home/library/guides/laboratory-division/food-quality-control/food-formulation-guide.html>.

Michèle AAC., 2008. Etude comparative des performances de croissance de poulet de chair permises par trois aliments chair sur le marché de dakar. Thèse doctorat. Univ cheikh Anta Diop, dakar. 94 pages. <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD08-53.dir/TD08-53.pdf>

Miller P., 2020. Saveurs du monde. Pois. <https://saveurs-du-monde.fandom.com/fr/wiki/Pois>.

Mitache M., 2017. Caractérisation des graines de populations locales de vicia faba et évaluation de leur infestation par bruchus rufimanus. Projet de fin d'étude Licence Sciences & Techniques «Biotechnologie et Valorisation des PhytoRessources». Fes: Univ Mohamed ben Abdallah, 2017, 36 pages. <http://memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/get/pdf/3913>.

Morgan A., Christine C., Eric F., Daniel J., Pierre R. et José W., 2020. La féverole une légumineuse à graines riches en protéines et en énergie. CtRab : Cellule transversale de Recherches en Agriculture biologique. 13 pages.

- Ndoye N., 1996.** Etude de la qualité nutritionnelle des aliments de volaille vendus au Sénégal et de l'effet de : leur supplémentation en lysine, en méthionine 1 et en lipides sur les performances zootechniques du poulet de chair. Thèse doctorat. Univ Chekih Anta, Diop – Dakar. 105 pages. <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD96-6.dir/TD96-6.pdf>.
- NOVOGEN., 2017.** Guide Nutrition des Pondeuses Commerciales & Parentales NOVOGEN. https://www.novogen-layer.com/media/20170627_light_guide_nutrition_cs_ps_fr_final__030882500_1625_05122017.pdf
- NYS Y., 2001.** Oligo-éléments, croissance et santé du poulet de chair. INRA Prod. Anim., 14, 171-180.
- Ouafi L., 2017.** Etude de la variabilité agro-morphologique de quelques géotypes de pois (*Pisum sativum* L.). Thèse doctorat. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, ENSA D'El-Harrach. 101 pages. <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/2119/1/th%C3%A8se%20ouafi.pdf>.
- Pelletier A., 2019.** Chambre d'agriculture ariège. Lupin blanc d'hiver : des essais à reconduire pour vérifier la rentabilité de cette culture en ariège. <https://ariege.chambre-agriculture.fr/actualites/toutes-nos-actualites/actualites-productions-et-techniques/detail-de-lactualite/actualites/lupin-blanc-dhiver-des-essais-a-reconduire-pour-verifier-la-rentabilite-de-cette-culture-en-ariieg/>.
- Penant A., 2019.** Les atouts du lupin. Terres Inovia. <https://www.terresinovia.fr/-/les-atouts-du-lupine>.
- Peretti A., 2009.** Le pois. GEPV. Fiche matières premières. 3 pages. <https://gepv.asso.fr>
- Pesson P., 1984.** Pollinisation et productions végétales. INRA, Paris. 663 pages. https://books.google.dz/books?id=YM_T5t6iWPoC&printsec=frontcover&hl=ar&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Rasolohery C.A., 2007.** Étude des variations de la teneur en isoflavones et de leur composition dans le germe et le cotylédon de la graine de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Thèse doctorat. École doctorale des Sciences Écologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, Toulouse. 143 pages. <https://core.ac.uk/download/pdf/19938105.pdf>.
- Ray M.C., 2020.** Futura sciences. Orge. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/plante-orge-16235/>.
- Rébecca L., Federica S. et Angel V., 2020.** TPE : le pop du corn. La composition du maïs. <http://tpe-lepopducorn.e-monsite.com/pages/i-la-composition-du-mais.html>
- Reid M., Pesti G.M., Hargis B., Moore R., Vohra P., Deen W.F. et Hammarlund M.A., 2001.** L'élevage de volailles saines. Christian Veterinary Mission USA. 138 pages.
- Sauveur B., 1989.** Phosphore phytique et phytases dans l'alimentation des volailles. INRA Prod. Anim., 2 (5), 343-351.
- Smith A.J., 1992.** L'élevage de la volaille tome 1. Cta, Wageningen. V°1 le technicien d'agriculture tropicale. Editions Maisonneuve et Larose.

Sobgo PAA., 2008. Essais de substitution du maïs par le sorgho et effets sur les performances zootechniques des poulets de chair. Thèse Docteur en Médecine Vétérinaire. Univ Cheikh Anta Diop, Dakar. 103 pages. <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD08-13.dir/TD08-13.pdf>.

Sylvanus GV.F., 1995. Contribution à l'étude comparée de la valeur nutritive du maïs (*Zéa mays*) et des sorghos (*Sorghum vulgare*) dans la ration des poulets de chair en zone tropicale sèche. Thèse doctorat. Univ cheikh Anta Diop, Dakar, 83 pages. <http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD95-7.dir/TD95-7.pdf>.

Terres Univia : les interprofessions des huiles et protéines végétale. Protéagineux. <http://www.terresunivia.fr/produitsdebouches/alimentation-animale/roteagineux>.

Thierry DT.N., 2005. Contribution à l'étude de la qualité nutritionnelle des aliments et matières premières utilisées en aviculture dans la zone peri-urbaine de dakar. Thèse doctorat. Univ cheikh Anta Diop, Dakar, 40 pages.

Tribalat M.A., 2016. Etude métabolomique de lin (*Linum usitatissimum*) mutant pour la voie de biosynthèse des lignanes. Thèse doctorat. Univ Picardie Jules Verne, 54 pages. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01400618/document>.

UNIP : Union Nationale Interprofessionnelle Des Plantes Riches En Protéines. 2012. Paris. Les atouts des protéagineux pour les systèmes de culture, l'élevage et l'environnement. http://www.terresunivia.fr/sites/default/files/Actus/Plaqueette_proteagineux-1.pdf (consulté: 26.08.2020)

Van Eekeren., Maas A., Saatkamp H.W. et Verschuur M., 2006. L'élevage des poules à petite échelle. 4 ed. CTA, Wageningen. 97 pages. <https://books.google.dz/books>.

Vilariño M., Métayer J.-P., Mahaut B., Bouvarel I., Lescoat P., Chartrin P., Fournis Y., Hogrel P., Bonnal L. et Bastianelli D., 2016. Caractériser la valeur nutritionnelle des aliments par des méthodes innovantes de mesure de la digestibilité pour une aviculture durable. *Innovations Agronomiques* 49 (2016), 163-177. <https://www6.inrae.fr/ciag/content/download/5833/43876/file/Vol49-12-Vilarino.pdf>.

ZERBO L. H., 2012. Effets du maïs grain entier ou broyé en Alimentation séquentielle ou mélangée sur les Performances de croissance des poulets de Chair au Sénégal (période chaude). Docteur vétérinaire d'Etat. Faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie de Dakar. 130 pages.

Table de matière

Remerciements

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

المخلص

Abstract

Introduction

Partie 1. Matières premières largement utilisées dans l'alimentation de poulets de chair.....	2
Chapitres 1. Matières premières énergétiques.....	2
1.1. Maïs.....	3
1.2. Blé.....	5
1.3. Orge.....	7
1.4. Sorgho.....	9
1.5. Triticale.....	11
1.6. Sous-produits de l'industries agro-alimentaire.....	11
1.7. Fruits des arbres.....	12
Chapitre 2. Matières alimentaires protéiques.....	13
2.1. Protéagineux.....	13
2.1.1. Féverole.....	13
2.1.2. Fève.....	15
2.1.3. Pois.....	17
2.1.4. Luzerne.....	19
2.2. Les oléo-protéagineux.....	20
2.2.1. Soja.....	20
2.2.2. Colza.....	22
2.2.3. Lin.....	24
2.2.4. Lupin.....	25
2.3. Les tourteaux.....	27
2.3.1. Tourteaux de soja (TS).....	27
2.3.2. Tourteau de tournesol.....	27
2.3.3. Tourteaux de colza.....	28
2.4. Rapport Energie / protéines.....	28
Chapitre 3 : Apports minéralo-vitaminiques.....	30
3.1. Minéraux.....	30
3.1.1 Calcium.....	30

3.1.2. Phosphore.....	31
3.1. 3. Magnésium (Mg ²⁺).....	31
3.1.4. Sodium (Na ⁺), Potassium (K ⁺) et Chlorure (Cl ⁻).....	32
3.1.5. Soufre (S).....	32
3.1.6. Sélénium.....	33
3.1.7. Cuivre.....	33
3.2. Vitamines.....	33
3.2.1. Vitamines liposolubles.....	33
3.2.1.1. Vitamine A.....	34
3.2.1.2. Vitamine D.....	34
3.2.1.3. Vitamine E.....	34
3.2.1.3. Vitamine K.....	35
3.2.2. Vitamines hydrosolubles.....	35
3.2.2.1. Vitamine C.....	35
3.2.2.2. Vitamine B1.....	35
3.2.2.3. Vitamine B2 (Riboflavine).....	35
3.2.2.4. Vitamine B6.....	36
3.2.2.5. Vitamine B12 (La vitamine).....	36
Partie 2. Essai de formulation d'un aliment pour poulet de chair35 en incorporant des ressources alimentaires locales.....	39
Chapitre 4. Méthodes d'élaboration des formules.....	39
4.1. Présentation de la méthode des essais et erreur.....	39
4.2. Démarche d'élaboration des formules alimentaires (démarrage, croissance, finition)	41
4.2.1. Besoins nutritionnels de poulets de chair.....	41
4.2.1.1. Besoins en énergie.....	41
4.2.1.2. Besoin en protéines.....	42
4.2.1.3. Besoins en matières minérale et vitamines.....	43
4.2.1.4. Besoin en fibres.....	43
4.2.1.5. Besoin en eau.....	44
4.2.2. Apports nutritionnels des matières premières.....	44
Chapitre 5. Résultats des formules alimentaires élaborées.....	47
5.1. Formule 1 (Stade démarrage)	47
5.2. Formule 2 (Stade croissance).....	48
5.3. Formule 3 (Stade finition).....	49
Conclusion.....	52
Références bibliographiques.....	53