

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

UNIVERSITE MOULoud MAMMERI DE TIZI OUZOU  
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



# Mémoire

*De fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de master en sciences  
agronomiques*

*Option : Production et nutrition Animale*

# thème

Synthèse bibliographique sur l'alimentation et la  
restriction alimentaire chez le poulet de chair

**Réaliser par :**

M<sup>elle</sup> : Hameg Lysa

M<sup>elle</sup> : Amzal Hakima

**Devant le jury :**

**Président :** M<sup>r</sup>. Mouhous Azeddine

Maitre de conférences A

UMMTO

**Promoteur :** M<sup>r</sup>. Kadi Si Ammar

Professeur

UMMTO

**Co-promotrice :** M<sup>me</sup>. Belaid-Gater Nadia

Doctorante

UMMTO

**Examinatrice :** M<sup>elle</sup>. Dorbane Zahia

Maitre de conférences B

UMMTO

Promotion : 2019/2020



### **Remerciements**

*Après avoir rendu grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce mémoire.*

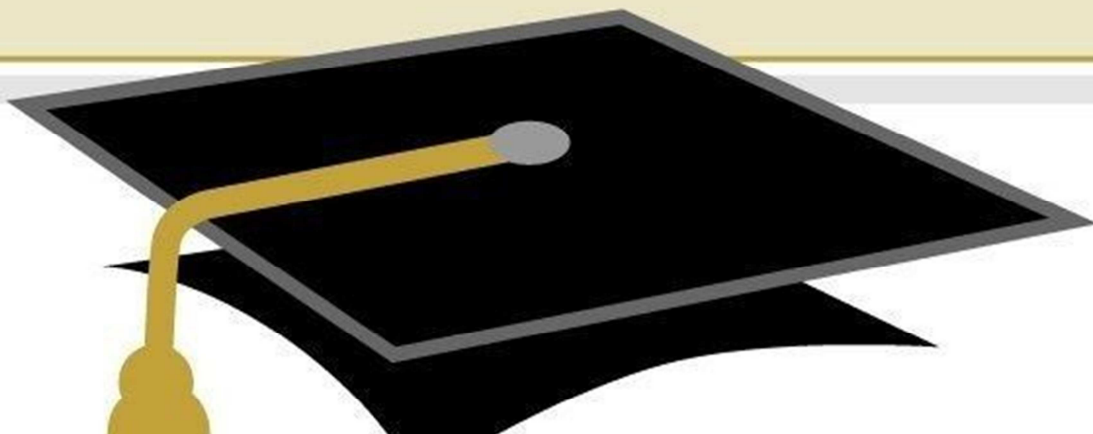
*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr KADI S.A** Professeur à l'UMMTO et **Mme BELAID N.** doctorante. On leurs dit merci infiniment.*

*Nous voudrions exprimer notre gratitude aux membres du jury :*

***Mr MOUHOUS A.** Maitre de conférences A à l'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury  
De notre soutenance.*

***Mlle DORBANE Z.** et nous la remercions vivement d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.*



## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*A ma très chère mère*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*A mon très cher père*

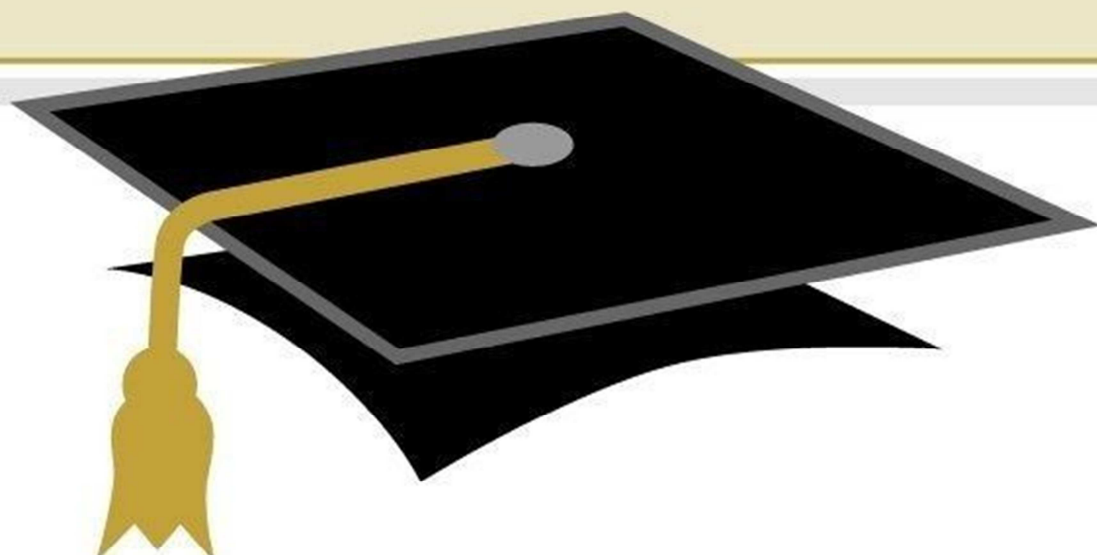
*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Qu'il trouve ici le témoignage de ma reconnaissance.*

*A mes chers frères **Oussama** et **Hichem**.*

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

*A tous mes amis de promotion 2019/2020, et tous les enseignants et enseignantes qui ont contribué à ma formation. A tous le personnel du département d'agronomie.*

*Lysa*



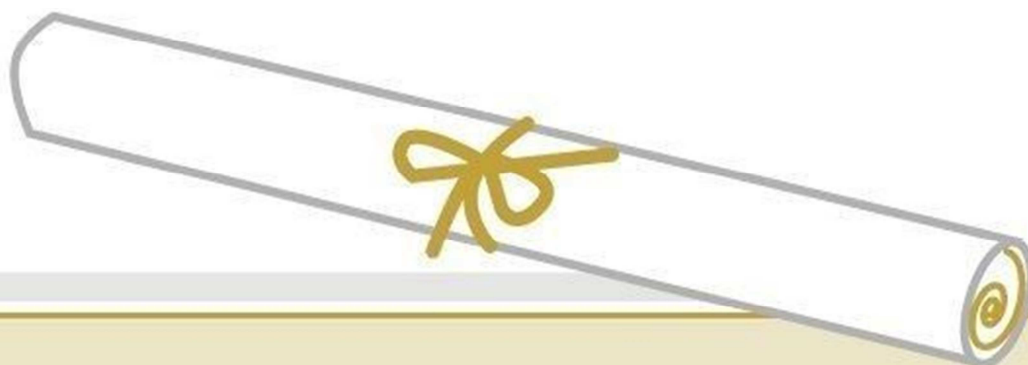
## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail à : mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure une bonne santé et longue vie.*

*A ma sœur jumelle **Katia** et mes sœurs **Dalilia, Silia et Karima** ainsi mon frère **Menad**.*

*A toute ma famille, et mes chères amies : **Melissa, Faiza, Nadira, Kenza, Taous, Naima et Damia** et à mon binôme **Lysa** et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

***Hakima.***



## *Liste d'abréviations*

**AA** : acides aminés

**AAE** : acides aminés essentiels

**AAN** : acides aminés non essentiels

**°C**: degré Celsius

**C** : contrôle

**Ca** : calcium

**CMV** : complexes minéraux vitamines

**EM** : énergie métabolisable

**EMAn**: la teneur en énergie métabolisable  
a bilan azoté nul

**G** : gramme

**GH** :growth hormone

**GMQ**: gain moyen quotidien

**IC**: indice de consommation

**IGF-I**:insulin-like growth factor-I

**INRA** : institut national de la recherche  
agronomique

**j**: jour

**Kcal** : kilocalorie

**Kg** : kilogramme

**Kj** : kilojoule

**mm** : millimètre

**mg** : milligramme

**MS** : matière sèche

**ms** :millisecondes

**NRC**:National Research Council

**P** :phosphore

**P1**: phase 1

**P2**: phase 2

**P3**: phase 3

**PB** : protéine brute

**Ppm** : part par million

**PSNA** : polysaccharides non amylacés

**Ptdig** : protéine digestible

**R** : restreint

**SDS** : syndrome de mort subite

**T3** :Tri-iodothyronine

**UI**:unité internationale.

## *Liste des tableaux*

|   |              |
|---|--------------|
| <b>Tableau 01:</b> Besoins quotidiens de poulet de chair, (Huart, 2004).....  | <b>2</b>     |
| <b>Tableau 02:</b> Besoins du poulet de chair en protéines, lysine et acides aminés soufrés selon l'âge (g/100 g de gain de poids). (Huart, 2004). .....  | <b>4</b>     |
| <b>Tableau 03:</b> consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge chez le poulet de chair (Larbier et Leclercq, 1992). .....  | <b>6</b>     |
| <b>Tableau 04:</b> Besoins en oligo-éléments du poulet de chair (mg/kg d'aliment). (Huart, 2004). .....   | <b>9</b>     |
| <b>Tableau 05:</b> Apports recommandés en vitamines dans l'aliment du poulet de chair (INRA,1992) .....   | <b>10</b>    |
| <b>Tableau 06 :</b> Les résultats d'une restriction alimentaire quantitative sur les performances du poulet de chair .....  | <b>45</b>    |
| <b>Tableau 07 :</b> Effet de la restriction physique de l'alimentation pendant la période de démarrage sur les performances des poulets de chair.....   | <b>46</b>    |
| <b>Tableau 08 :</b> Effet de la dilution graduelle de l'alimentation avec des matières nutritives inertes ou moins nutritives sur les performances de croissance, et le coût de l'alimentation..... | <b>47</b>    |
| <b>Tableau 09 :</b> Effet d'une restriction alimentaire précoce sur les performances de croissance du poulet de chair .....   | <b>48</b>    |
| <b>Tableau 10 :</b> L'effet de la limitation du temps d'alimentation de trois à six heures par jour pendant la période de démarrage sur les performances des poulets de chair. ....                 | <b>49</b>    |
| <b>Tableau 11 :</b> Effet de différents régimes d'éclairage sur les performances des poulets de chair.....  | <b>50</b>    |
| <b>Tableau 12 :</b> Effets d'une restriction minérale sur la croissance du poulet de chair. ....  | <b>51-52</b> |

# *Sommaire*

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Sommaire**

**Liste d'abréviations**

**Liste des tableaux**

**Introduction.....1**

## **Synthèse bibliographique**

### **Chapitre I : Alimentation et croissance du poulet de chair**

|   |          |
|---|----------|
| <b>I-1) Les besoins nutritionnels du poulet de chair.....</b> | <b>2</b> |
| <b>I-1-1) Besoins en énergie.....</b>                         | <b>3</b> |
| <b>I-1-2) Besoins en protéines et acides aminés.....</b>      | <b>3</b> |
| <b>I-1-3) Les besoins nutritionnel en Matière Grasse.....</b> | <b>5</b> |
| <b>I-1-4) Les besoins en eau .....</b>                        | <b>5</b> |
| <b>I-1-4-1) Facteurs influant la consommation d'eau.....</b>  | <b>6</b> |
| <b>I-1-4-1-1) Facteurs intrinsèques.....</b>                  | <b>6</b> |
| <b>I-1-4-1-1-1) Âge des oiseaux .....</b>                     | <b>6</b> |
| <b>I-1-4-1-1-2) Le sexe .....</b>                             | <b>6</b> |
| <b>I-1-4-1-2) Facteurs extrinsèques .....</b>                 | <b>7</b> |
| <b>I-1-4-1-2-2) Température de l'eau .....</b>                | <b>7</b> |
| <b>I-1-4-1-2-3) Electrolytes.....</b>                         | <b>7</b> |
| <b>I-1-4-1-2-4) Programmes d'éclairage .....</b>              | <b>7</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I-1-4-1-2-5) La qualité de l'eau .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>I-1-5) les besoins en minéraux et oligo-éléments .....</b>                            | <b>8</b>  |
| <b>I-1-6) Les besoins nutritionnels en vitamines .....</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>I-2) Les facteurs influençant la consommation alimentaire du poulet de chair.....</b> | <b>10</b> |
| <b>I-2-1) Les facteurs intrinsèques .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>I-2-1-1) Les gènes et hormones .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>I-2-1-2) Facteurs sensoriels .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>I-2-1-3) La vision .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>I-2-1-4) Le toucher .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>I-2-1-4) Le goût.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>I-2-2) Les facteurs extrinsèques.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>I-2-2-1) Le stress.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>I-2-2-2) Facteurs alimentaires.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>I-2-2-3-1) La concentration énergétique .....</b>                                     | <b>12</b> |
| <b>I-2-2-4-2) Les protéines et acides aminés .....</b>                                   | <b>12</b> |
| <b>I-2-2-5-3) Les vitamines et minéraux .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>I-2-2-6-4) Approvisionnement en eau.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>I-2-3) Les facteurs antinutritionnels.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>I-2-4) Les facteurs environnementaux .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>I-2-4-1) La température.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>I-2-4-2) La lumière .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>I-2-5) Les autres facteurs.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>I-2-5-1) Arôme alimentaire .....</b>  | <b>14</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I-2-5-2) Forme physique de l'aliment.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>I-3) Les différentes phases de l'alimentation du poulet de chair.....</b>             | <b>15</b> |
| <b>I-3-1) Alimentation en phase de démarrage.....</b>                                    | <b>15</b> |
| <b>I-3-2) Alimentation en phase de croissance.....</b>                                   | <b>16</b> |
| <b>I-3-3) Alimentation en phase de finition.....</b>                                     | <b>16</b> |
| <b>I-4) Présentation de l'aliment.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>I-4-1) Aliment farineux.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>I-4-2) Aliment granulé.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>I-4-3) céréales entières.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>I-5) Transitions alimentaires.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>I-5-1) Changement de formule.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>I-5-2) Changement de forme.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>I-5-3) Changement de couleur.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>I-6) La formulation.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>I-6-1) Définition de formulation.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>I-6-2) Les étapes de formulation d'aliment de volaille.....</b>                       | <b>20</b> |
| <b>I-6-2-1) Connaissance de l'animal et détermination des besoins nutritionnels.....</b> | <b>20</b> |
| <b>I-6-2-2) Détermination des valeurs nutritives des ingrédients disponibles.....</b>    | <b>20</b> |
| <b>I-6-2-3) Seuil d'incorporation des ingrédients et facteurs antinutritionnels.....</b> | <b>21</b> |
| <b>I-6-2-4) Formulation proprement dite.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>I-7) Les matières premières utilisées dans l'alimentation du poulet de chair.....</b> | <b>21</b> |
| <b>I-7-1) Sources d'énergie.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>I-7-1-1) Les céréales.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>I-7-1-1-1) Maïs.....</b>  | <b>21</b> |

|  |    |
|--|----|
| I-7-1-1-2) Blé.....  | 22 |
| I-7-1-1-3) Sorgho .....  | 22 |
| I-7-1-1-4) L'orge.....   | 22 |
| I-7-1-1-5) Millet .....  | 23 |
| I-7-1-1-6) Triticale.....  | 23 |
| I-7-1-1-7) Avoine .....  | 23 |
| I-7-1-2) Les issues de céréales .....                                | 24 |
| I-7-1-2-1) Gluten de maïs .....                                      | 24 |
| I-7-1-2-2) Les drèches de blé et de maïs .....                       | 24 |
| I-7-2) Sources de protéines.....                                     | 25 |
| I-7-2-1) Les tourteaux .....   | 25 |
| I-7-2-1-1) Tourteau de soja .....                                    | 25 |
| I-7-2-1-2) Tourteau de colza.....                                    | 25 |
| I-7-2-1-3) Tourteau de tournesol .....                               | 25 |
| I-7-2-2) Les protéagineux .....                                      | 26 |
| I-7-2-2-1) Pois et lupin .....                                       | 26 |
| I-7-2-2-2) La féverole .....   | 26 |
| I-7-3) Les autres matières.....                                      | 27 |
| I-7-3-1) Les acides aminés de synthèse.....                          | 27 |
| I-7-3-2) Les mélasses .....  | 27 |
| I-7-3-3) Les matières grasses.....                                   | 27 |
| II) La croissance chez le poulet de chair .....                      | 27 |
| II-1) Les facteurs influençant a croissance du poulet de chair ..... | 28 |
| II-1-1) Les facteurs intrinsèques.....                               | 28 |

|  |    |
|--|----|
| II-1-1-1) L'âge .....                          | 28 |
| II-1-1-2) Le sexe et la souche.....            | 28 |
| II-1-1-3) La sélection génétique .....         | 29 |
| II-1-2) Les facteurs extrinsèques .....        | 29 |
| II-1-2-1) Le stress .....                      | 29 |
| II-1-2-2) Les facteurs environnementaux .....  | 30 |
| II-1-2-2-1) La lumière .....                   | 30 |
| II-1-2-2-2) Les fluctuations saisonnières..... | 30 |
| II-1-2-3) Les facteurs alimentaires .....      | 31 |
| II-1-2-3-1) Granulation.....                   | 31 |
| II-1-2-3-2) La teneur en protéines .....       | 31 |
| II-1-2-4-3) La teneur en énergie.....          | 31 |

## **Chapitre 2 La restriction alimentaire : généralités et méthodes**

|   |    |
|---|----|
| I-Définition de la restriction alimentaire .....                                  | 33 |
| II) L'objectif de la restriction alimentaire .....                                | 33 |
| III-Méthodes de restriction alimentaire.....                                      | 34 |
| III-1) Restriction alimentaire quantitative .....                                 | 34 |
| III-1-1) la restriction alimentaire physique .....                                | 34 |
| III-1-2) Sauter une journée d'alimentation ou retrait de l'aliment .....          | 35 |
| III-2) Restriction alimentaire qualitative.....                                   | 35 |
| III-2-1) Dilution de régime alimentaire .....                                     | 35 |
| III-2-2) Utilisation des régimes à faible teneur en protéines ou en énergie ..... | 36 |
| III-2-3) Méthodes chimiques .....   | 37 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>IV) Restriction non nutritionnelle .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>IV-1) Programme d'éclairage .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>IV-2) Texture d'aliment .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>V) La restriction minérale.....</b>   | <b>38</b> |
| <b>VI) La croissance compensatrice .....</b>   | <b>38</b> |
| <b>VI-1) Définition .....</b>  | <b>39</b> |
| <b>VI-2) Les facteurs qui influencent la croissance compensatrice.....</b>                       | <b>39</b> |
| <b>VI-2-1) Une restriction alimentaire sévère .....</b>  | <b>39</b> |
| <b>VI-2-2) La durée de la restriction alimentaire .....</b>                                      | <b>40</b> |
| <b>VI-2-3) Les conditions de réalimentation .....</b>  | <b>40</b> |
| <b>VI-2-4)Facteurs génétiques: sexe, souche ou lignée d'oiseaux .....</b>                        | <b>40</b> |
| <b>VII) Effets de la restriction alimentaire.....</b>  | <b>41</b> |
| <b>VII-1) Sur la carcasse .....</b>  | <b>41</b> |
| <b>VII-2) Sur l'efficacité alimentaire .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>VII-3) Sur la santé animale .....</b>   | <b>41</b> |
| <b>VII-3-1) Effets positifs .....</b>  | <b>41</b> |
| <b>VII-3-2) Effets négatifs .....</b>  | <b>42</b> |
| <b>VII-4) Effet de la restriction alimentaire sur les maladies métaboliques .....</b>            | <b>42</b> |
| <b>VII-4-1) Effet de la restriction alimentaire sur ascites .....</b>                            | <b>43</b> |
| <b>VII-4-2) Effet de la restriction alimentaire sur les Syndromes de mort subite (SDS) .....</b> | <b>43</b> |
| <b>VII-4-3) Effet de la restriction alimentaire sur Troubles des jambes .....</b>                | <b>44</b> |
| <b>Chapitre3 Etat de connaissances et utilisation</b>  |           |
| <b>1) La restriction alimentaire quantitative.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>2) La restriction alimentaire physique .....</b>  | <b>46</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3) La dilution du régime .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>4) Utilisation des régimes à faible teneur en protéines ou en énergie .....</b> | <b>48</b> |
| <b>5) Sauter une journée d'alimentation .....</b>                                  | <b>48</b> |
| <b>6) Programmes d'éclairage .....</b>   | <b>49</b> |
| <b>7) La restriction minérale.....</b>   | <b>51</b> |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>Conclusion .....</b> | <b>53</b> |
|-------------------------|-----------|

**Références bibliographiques**

# Introduction

## *Introduction*

---

En Algérie, la filière avicole est parmi les productions animales celle qui a connu l'essor le plus spectaculaire depuis les années 1980 grâce à l'intervention de l'Etat (Alloui, 2011). La volaille constitue une source de protéines animales, rapide à produire, peu chère et non concernée par les interdits religieux.

L'alimentation constitue la charge économique la plus importante avec 70% des coûts de production et affecte le prix de revient du poulet. Les progrès dans la nutrition et l'alimentation, sont responsables en partie des progrès des filières avicoles. Aujourd'hui, la maîtrise des techniques d'alimentation est le moyen le plus puissant pour baisser les coûts de production et améliorer la qualité des produits, adaptée aux conditions d'élevage, elle permet de corriger au moins partiellement les effets dépressifs dus à l'environnement. Une alimentation équilibrée fait aussi disparaître un certain nombre de risques pathologiques dû à des carences en protéines, vitamines et minéraux.

Dans la filière du poulet de chair, une technique de restriction alimentaire est de plus en plus recommandée pendant la période d'élevage, elle permet de maintenir la trajectoire du poids corporel dans des limites bien définies afin d'assurer une performance de production à fort potentiel.

La restriction alimentaire quantitative consiste à limiter le niveau de consommation en diminuant les quantités distribuées ou le temps d'accès à l'aliment pour induire une croissance compensatrice, améliorer l'efficacité de l'utilisation des aliments, réduire le coût de production et le taux de mortalité avec la production d'une carcasse moins grasse (Zubair et Leeson, 1996 ; Navidshad et al., 2006 ; Mahmud et al., 2008).

Notre travail a pour objectif d'effectuer des recherches bibliographiques et de rassembler des informations pour mieux comprendre le rôle stratégique de la restriction alimentaire dans l'amélioration des performances des élevages avicoles.

# **Chapitre 1**

## **Alimentation et croissance du poulet de chair**

**I-1) Les besoins nutritionnels du poulet de chair:**

Les besoins nutritionnels peuvent être définis comme étant des nutriments nécessaires pour optimiser un facteur de production tel que la vitesse de croissance ou la conversion alimentaire (Porma et al., 2009).

Les volailles doivent recevoir un aliment apportant les éléments essentiels à la vie c'est-à-dire une quantité suffisante de macromolécules (protéines, lipides, glucides) apportés par les matières premières et des micromolécules (vitamines, minéraux, et oligoéléments) nécessaires pour assurer la couverture de l'ensemble des besoins physiologiques, en évitant toute carence visible (Magnin et Bouvarel, 2011).

Traditionnellement, les besoins nutritionnels des animaux domestiques ont été publiés sous forme des tables (Tableau 1). Puisque ces besoins sont influencés par la génétique, le sexe, le poids vif, le stade physiologique, l'appétit et les facteurs environnementaux (température, densité...), des modèles mathématiques sont de plus en plus utilisés pour tenir compte de tous ces facteurs (NRC, 1994).

**Tableau 1:** Besoins quotidiens de poulet de chair (Huart, 2004).

| Période en jours                             | Démarrage<br>0-10j | Croissance<br>11-24j | Finition<br>25-35j | Retrait<br>36-42j |
|--|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------|
| Quantité(Kg)                                 | 0,30               | 1                    | 1,5                | 1                 |
| Présentation                                 | Miettes            | Miettes              | Granulés           | Granulés          |
| Protéines brutes (%)                         | 22                 | 21                   | 19                 | 18                |
| Energie métabolisable (Kcal/kg)              | 2900               | 3000                 | 3100               | 3100              |
| Lysine totale digestible(%)                  | 1,26/1,10          | 1,09/0,95            | 1,03/0,95          | 0,92/0,80         |
| Méthionine totale digestible(%)              | 0,51/0,48          | 0,45/0,42            | 0,39/0,37          | 0,37/0,35         |
| Acide aminés soufrés totaux<br>digestible(%) | 0,93/0,82          | 0,82/0,72            | 0,70/0,62          | 0,68/0,60         |
| Phosphore totale digestible(%)               | 0,78/0,43          | 0,78/0,43            | 0,67/0,37          | 0,67/0,37         |
| Calcium(%)                                   | 1,00               | 0,95                 | 0,90               | 0,91              |
| Sodium(%)                                    | 0,15-0,18          | 0,15-0,18            | 0,15/0,18          | 0,15/0,18         |

**I-1-1) Besoins en énergie:**

Chez le poulet de chair l'énergie s'exprime en unité d'énergie métabolisable en Kcal/kg d'aliment (Leclercq et Beaumont, 2000).

Les besoins énergétiques pour la croissance comprennent les besoins en énergie pour l'entretien, l'activité et la constitution des nouveaux tissus corporels. Pour obtenir un niveau de croissance suffisamment appréciable il faut tout d'abord satisfaire les besoins énergétiques pour l'entretien et l'activité des oiseaux (Picard, 2000).

Théoriquement, pour des conditions de température optimale, le niveau d'ingestion dépend de la valeur énergétique de l'aliment. L'équilibre de la balance énergétique se concrétisant par l'ajustement de l'énergie ingérée à la concentration de l'aliment. Or, le poulet de chair à croissance rapide consomme plus d'énergie avec un aliment à haute concentration énergétique qu'avec un aliment moins concentré en conditions thermiques non limitantes (Leeson et Summers, 2000 ; Quentin et al., 2003).

Les besoins énergétiques de l'animal peuvent être influencés par les facteurs tels que la souche, le régime alimentaire et la température (Vias, 1995).

**I-1-2) Besoins en protéines et acides aminés:**

Les protéines sont constituées de deux types d'acides aminés (AA) : les acides aminés « essentiels » (AAE), dont le métabolisme n'est pas (ou mal) capable de les synthétiser, et des acides aminés non essentiels (AANE). Chez le poulet de chair, la méthionine, l'histidine, lysine, thréonine, tryptophane, leucine, isoleucine, valine, serine, arginine, et phénylalanine sont essentiels (Quentin et al., 2004). Selon Franch (1980) et Lachapelle (1995) la lysine et méthionine sont les plus importants, qui sont souvent déficitaires dans la ration et sont de ce fait dits acides aminés limitant, les apports recommandés pour ces acides aminés sont mentionnés dans le tableau (2).

Donc, les besoins en protéines sont importants chez la volaille, elles constituent la majeure partie de la viande de poulet et des œufs, les 20% à 25% de la carcasse dégraissée de la viande sont formés de protéines (Rekhis, 2002), elles constituent aussi le deuxième élément nutritif à apporter dans l'alimentation après l'énergie.

Le taux de protéines dans l'alimentation de la volaille est depuis longtemps une question sensible et largement investiguée pour l'optimisation de la performance (Morris et Njuru, 1990 ; Smith et al., 1998), et la limitation des rejets dans l'environnement (Hernandez et al., 2012).

La maîtrise des apports principaux des acides aminés essentiels a permis des véritables progrès pour assurer les performances des volailles à fort potentiel de croissance en limitant les gaspillages mais, il reste un vaste champ d'investigation pour une définition plus précise d'un besoin en « protéines » regroupant les acides aminés non essentiels et ceux qui ne peuvent pas être maîtrisés par une source synthétique (Pesti, 2009).

La protéine digestible (Ptdig) obtenue à partir des mesures de digestibilité sur coq, permet une estimation indirecte de la part de protéine indigestible de l'aliment et constitue une alternative originale à la protéine totale pour la formulation (Quentin et al., 2017).

**Tableau 02:** Besoins du poulet de chair en protéines, lysine et acides aminés soufrés selon l'âge (g/100 g de gain de poids) (Huart, 2004).

| Semaines | Protéines | Lysine | Acides aminés soufrés |
|----------|-----------|--------|-----------------------|
| 1        | 30,0      | 1,54   | 1,18                  |
| 2        | 30,5      | 1,55   | 1,22                  |
| 3        | 32,2      | 1,57   | 1,25                  |
| 4        | 35,8      | 1,59   | 1,30                  |
| 5        | 37,5      | 1,64   | 1,30                  |
| 6        | 42,0      | 1,69   | 1,38                  |
| 7        | 43,2      | 1,76   | 1,40                  |
| 8        | 44,8      | 1,80   | 1,42                  |
| 9        | 45,1      | 1,85   | 1,44                  |

**I-1-3) Les besoins nutritionnel en Matière Grasse:**

Les lipides constituent la source à pouvoir calorifique le plus élevé, ils sont les principales sources d'acides gras essentiels ( $\Omega$ -3 et  $\Omega$ -6), et de vitamine liposolubles (A, D, E et K) et la lécithine (Iqbal et Hussain, 2009).

De plus, la supplémentation de graisse et des huiles aux rations de volailles augmente l'énergie métabolisable de la ration et facilite l'absorption des vitamines liposolubles, augmente ainsi le goût et la potabilité, aussi il diminue le taux de passage des aliments et donc provoque une absorption des nutriments (Malpotra et al., 2017).

Les poussins nourris avec des régimes sans graisses supplémentaires avaient des niveaux plus élevés de lipogenèse et une augmentation du dépôt de graisse adipeuse (Dvorin et al., 1998). Par conséquent, la restriction alimentaire des régimes de volailles joue un rôle important sur les performances de croissance.

**I-1-4) Les besoins en eau:**

La composition chimique et la qualité physique et microbiologique de l'eau de boisson sont des facteurs importants dans la variation de la quantité consommée (Magnin et Bouvarel, 2011). Il n'existe pas de normes spécifiques pour l'eau destinée à l'abreuvement des volailles. Néanmoins différentes recommandations sont proposées (Montiel, 2007 ; ITAVI, 2007 ; Travel et al., 2007) .

En général, les volailles consomment environ deux fois plus l'eau que d'aliment, comme le montre le tableau(3). Par ailleurs, la consommation d'eau est étroitement liée à la consommation d'aliment et à l'âge du poussin, ainsi le type de production et la température de poulailler (Bastianelli et al., 2003).

Larbier et Leclercq (1992) rapportaient que les aliments riches en protéines conduisent à une légère surconsommation d'eau qui s'explique par les mécanismes de digestion protéique et d'excrétion rénale d'acide uranique.

Le rapport eau/aliment normal doit être compris entre 1,8 – 2. Au-delà de ce rapport, des risques de dégradation de la litière apparaissent, suite à une excrétion plus importante dans les fientes. C'est un cas fréquent quand la température est élevée puisqu'on observe simultanément une baisse de l'ingestion d'aliment et une augmentation de celle de l'eau. Une

forte teneur en sel du régime ( $> 0,35$  à  $0,40$  % de Na I ou  $> 0,18$  % de Na) peut provoquer également une excrétion d'eau dans les fientes, suite à une surconsommation en eau. La qualité de l'eau de boisson est à vérifier et à analyser régulièrement, surtout en climat chaud et humide (Huart, 2004).

**Tableau 03:** consommation d'eau et d'aliment en fonction de l'âge chez le poulet de chair (Larbier et Leclercq, 1992).

| Age (j) | Poids moyens (g) | Indice de consommation | Aliment ingéré/j (g) | Eau ingéré/j (g) | Rapport eau/aliment |
|---------|------------------|------------------------|----------------------|------------------|---------------------|
| 7       | 180              | 0,88                   | 22                   | 40               | 1,8                 |
| 14      | 380              | 1,31                   | 42                   | 74               | 1,8                 |
| 21      | 700              | 1,40                   | 75                   | 137              | 1,8                 |
| 28      | 1080             | 1,55                   | 95                   | 163              | 1,8                 |
| 35      | 1500             | 1,85                   | 135                  | 235              | 1,8                 |
| 42      | 1900             | 1,85                   | 135                  | 235              | 1,8                 |
| 49      | 2250             | 1,95                   | 155                  | 275              | 1,8                 |

#### I-1-4-1) Facteurs influant la consommation d'eau:

Plusieurs facteurs influent la consommation d'eau:

##### I-1-4-1-1) Facteurs intrinsèques:

###### I-1-4-1-1-1) Âge des oiseaux:

Au fur et à mesure que les jeunes animaux grandissent, la consommation d'eau augmente mais en pourcentage du poids corporel la consommation d'eau diminue (McCreery, 2015).

###### I-1-4-1-1-2) Le sexe:

Le sexe du poussin influence la consommation d'eau. La prise d'eau des mâles est plus importante que celle des femelles dès la première semaine de vie. Le ratio eau/aliment est

également plus élevé chez les mâles. Ceci s'explique par le fait que la masse adipeuse est plus importante chez les femelles (la graisse ayant une teneur en eau inférieure à celle des protéines, le besoin en eau est moindre chez la femelle) (Kirkpatrick et Fleming, 2008).

#### **I-1-4-1-2) Facteurs extrinsèques:**

##### **I-1-4-1-2-2) Température de l'eau:**

Les travaux de Beker et Teeter (1994) ont montré que les volailles ont une préférence pour une eau de boisson à environ 10°C. Avec des températures d'eau à 26,7°C et plus, ils ont remarqué une baisse significative de la consommation d'eau et du gain de poids quotidien. Si la température de l'eau de boisson dépasse régulièrement les 24°C, il est important de penser à mettre en place des méthodes de refroidissement de l'eau.

##### **I-1-4-1-2-3) Electrolytes:**

Pendant les périodes de stress thermique potentiel, de nombreux producteurs complètent l'eau potable avec des électrolytes. Sont des minéraux qui peuvent être trouvés dans le sang et sont importants pour le fonctionnement normal des cellules et croissance. Ils aident à réguler les fonctions nerveuses et musculaires en transmettant des signaux électriques des nerfs aux muscles, et sont également importants pour l'équilibre acide-base du sang et la rétention de liquide. L'ajout des électrolytes non seulement réapprovisionne ceux qui sont épuisés pendant le stress thermique, mais stimule également la consommation d'eau. Lorsque les résultats sont additionnés (consommation d'électrolytes et consommation accrue d'eau), la mortalité due au stress thermique peut être réduite (Fairchild et Ritz, 2009).

##### **I-1-4-1-2-4) Programmes d'éclairage:**

Le programme d'éclairage peut également affecter la consommation d'eau des oiseaux. Dans les opérations utilisant des programmes d'éclairage, deux pics définitifs de consommation d'eau peuvent être observés. Le pic initial peut être vu juste après l'allumage des lumières (aube), et le deuxième pic juste avant l'assombrissement des lumières (crépuscule). La consommation d'eau culminera environ une heure avant l'obscurité, indiquant que les oiseaux anticipent réellement la prochaine période d'obscurité (McCreery, 2015).

**I-1-4-1-2-5) La qualité de l'eau:**

La qualité de l'eau devrait préoccuper toutes les exploitations avicoles. Une mauvaise qualité de l'eau peut nuire à la digestion et aux performances subséquentes des oiseaux, L'efficacité des vaccins et des médicaments administrés par les conduites d'eau pourrait être réduite lorsque la qualité de l'eau est mauvaise, l'eau contaminé peut créer des problèmes d'équipement qui limite soit la quantité d'eau disponible à la consommation, soit l'efficacité des systèmes de refroidissement. La réduction de la consommation d'eau ou de la capacité de refroidissement peut avoir des effets néfastes sur la croissance et la reproduction (Fairchild et Ritz, 2009).

**I-1-5) les besoins en minéraux et oligo-éléments:**

Chez le poulet de chair, les minéraux interviennent dans la formation du squelette (os, cartilage) de certains éléments de soutien. Ils sont souvent apportés dans l'alimentation sous forme complexes minéraux vitamines(CMV) ou prémix.

Les besoins en minéraux se composent des besoins en calcium et phosphore, sodium et oligo-éléments. Le calcium est le minérale le plus abondant au sien de l'organisme, il participe à la fabrication du squelette, son apport par l'aliment devra rigoureusement respecter les besoins du poulet à savoir: de 1 à 21 jours : 0.95-1.5% après 21 jours : 0.8-0.95%. Un apport trop important diminuera son efficacité d'absorption dans l'intestin. Comme pour le calcium le phosphore à un rôle prépondérant dans la structure du squelette et de nombreuses fonctions cellulaires, les besoins du poulet en phosphore (calculé à partir des tables français) est de 1 à 21 jours : 0.43% de P disponible (0.78% de P totale), après 21jours :0.37de P disponible( 0.67% de P totale), il est également très important de bien respecter les rapport calcium/phosphore qui est de 1 à 21 jours : 2.3 en P disponible(1.2-1.3 en Totale), après 21jours 2.4-2.6 en P disponible(1.3-1.4 en P totale). Un déséquilibre de ce rapport aura des conséquences néfastes sur la minéralisation des os. Pour améliorer la disponibilité du phosphore de certaines matières végétales, il est utile d'utiliser des enzymes (Phytase) dans l'aliment. La recommandation en sodium d'un aliment du poulet de chair est estimée à 0.15-0.18%. Un aliment contenant une teneur en sodium inférieure à cette recommandation sera inappétent pour le poulet et inversement une teneur élevée en sodium entrainera une surconsommation d'eau et par conséquent une dégradation de la litière (Huart, 2004).

Concernant les oligo-éléments pour le poulet de chair, sont présentés dans le (Tableau 4), elles jouent un rôle très important dans le métabolisme des oiseaux. La carence ou l'excès d'oligo-éléments essentiels cause de nombreuses maladies et anomalies (Underwood, 1997). Cependant, leurs apports sont souvent excédentaires par rapport au besoin de l'animale et la majeure partie excrétée pouvant constituer un risque pour l'environnement (phytoxicité). Donc, les apports doivent être précisément maîtrisés ce qui implique d'avoir une bonne connaissance de leurs impacts multiples, y compris sur la qualité des produits, en effet par leurs implications dans diverses fonctions physiologiques et leur capacité à être stockés dans les tissus, les oligo-éléments peuvent influencer les caractéristiques nutritionnelles, organoleptique et technologique de la viande et des œufs (Narcy et al., 2017).

**Tableau 04:** Besoins en oligo-éléments du poulet de chair (mg/kg d'aliment) (Huart, 2004).

| Oligo-éléments | Apport (mg/g d'aliment) |
|----------------|-------------------------|
| Manganèse      | 70                      |
| Fer            | 80                      |
| Cuivre         | 10                      |
| Zinc           | 80                      |
| Sélénium       | 0,30                    |
| Iode           | 0,40                    |

#### **I-1-6) Les besoins nutritionnels en vitamines:**

Les besoins en vitamines se calculent au-delà des besoins propres de l'animale, effectivement la qualité des vitamines apportées (Tableau 05), dans l'alimentation du poulet de chair est primordiale, les conditions et la durée du stockage sont des facteurs importants de la qualité nutritionnelle des vitamines surtout en condition tropicale (Huart, 2004).

Si l'alimentation n'est pas suffisamment riche en vitamines D3 les volailles seront incapables d'utiliser le calcium et le phosphore contenus dans la nourriture (Tesseraud, 1999).

**Tableau 05:** Apports recommandés en vitamines dans l'aliment du poulet de chair (INRA, 1992) cité par Huart (2004).

| Vitamines               | 0 à 4 semaines | 5 à 8 semaines |
|-------------------------|----------------|----------------|
| A UI/kg                 | 12000          | 10000          |
| D3 UI/kg                | 2000           | 1500           |
| E ppm                   | 30             | 20             |
| K3 ppm                  | 2,5            | 2              |
| Thiamine (B1) ppm       | 2              | 2              |
| Riboflavine (B2) ppm    | 6              | 4              |
| Acide Pantothénique ppm | 15             | 10             |
| Pyridoxine (B6) ppm     | 3              | 2,5            |
| B12 ppm                 | 0,02           | 0,01           |
| PP ppm                  | 30             | 20             |
| Acide folique ppm       | 1              | 20             |
| Biotine ppm             | 0,1            | 0,05           |
| Choline ppm             | 600            | 500            |

## I-2) Les facteurs influençant la consommation alimentaire du poulet de chair:

De nombreux facteurs influent sur la consommation alimentaire des poulets de chair et déterminent donc le niveau d'apport en éléments nutritifs et l'efficacité de la production de volaille. Bien que le spectre de ces facteurs soit très large, l'accent sera mis ici sur la gestion et l'environnement, l'alimentation et l'eau, ainsi que sur les facteurs physiques.

### I-2-1) Les facteurs intrinsèques:

#### I-2-1-1) Les gènes et hormones:

L'augmentation de la quantité de leptine, un produit génétique qui se trouve à l'origine dans les tissus adipeux, aide à réguler l'appétit par son action à des sites hypothalamiques spécifiques. Une action similaire a été notée avec certaines hormones thyroïdiennes telles que T3. La quantité accrue de T3 dans le sang est souvent associée à une

augmentation de la prise alimentaire, comme en témoigne le faible niveau de T3 au jeûne (Esmail, 2013).

#### **I-2-1-2) Facteurs sensoriels:**

Les signaux sensoriels conditionnent la réponse à très court terme. Parmi eux, les capacités visuelles et tactiles qui sont particulièrement utilisées par les volailles pour apprécier leur aliment. Le comportement alimentaire dépend de ces différentes perceptions qui interagissent entre elles et dépendent aussi de l'expérience de l'animal (Bouvarel et al., 2010).

#### **I-2-1-3) La vision:**

La vision est la première concernée pour la détection de l'aliment dans l'environnement et elle revêt une grande importance pour les oiseaux. La perception visuelle des particules alimentaires implique des tâches complexes et précises réalisées rapidement (Picard et al., 2002). Les volailles sont attirés par des particules brillantes (Rogers ,1995) et les particules les plus claires (Chagneau et al., 2006 ; Lecuelle et al., 2011). Weeks et al. (1997) indiquent, pour le poulet de chair, une consommation plus importante d'aliments colorés en jaune et en rouge comparés au vert et au bleu.

#### **I-2-1-4) Le toucher:**

La perception tactile des particules alimentaires est essentiellement faite par le bec, qui dispose d'un équipement sensoriel hautement spécialisé constitué de mécanorécepteurs regroupés dans les 15-20 papilles dermiques situées juste sous la couche cornée du bec (Gentle et Breward, 1986). La durée d'un coup de bec est relativement brève (130 à 170 ms) et deux coups de bec successifs sont séparés d'une phase d'observation, deux à trois fois plus longue. La majorité des coups de bec ne vise pas à prendre, mais à toucher une particule alimentaire et a donc un objectif purement exploratoire (Picard et al., 2000).

#### **I-2-1-4) Le goût:**

De manière générale, le goût joue un rôle important dans le comportement alimentaire en déterminant si l'aliment est nutritif et peut être ingéré ou, est potentiellement toxique et doit être rejeté. Chez l'oiseau, la perception gustative est limitée du fait de l'absence de mastication (Bouvarel et al., 2010). Les poulets sont toutefois capables de détecter différentes

saveurs (sucré, acide, salé et amer), et consomment les aliments dans un ordre décroissant de préférence : l'aspartame (incorporé à 0,13%), puis la saccharine (0,06%), l'acide citrique (6%), le sel (5%), et la quinine (0,10%) (Balog et Millar, 1989).

### **I-2-2) Les facteurs extrinsèques:**

#### **I-2-2-1) Le stress:**

Le stress chronique a des effets délétères sur les performances de l'apport alimentaire et entraîne une réduction de la consommation d'aliments et une augmentation de la consommation d'eau. Il influence aussi négativement sur l'efficacité alimentaire, le taux de croissance, et la qualité de la carcasse des poulets de chair (Odey et al., 2019).

#### **I-2-2-2) Facteurs alimentaires:**

Il existe plusieurs facteurs alimentaires qui influencent la consommation d'aliments, en particulier si la composition nutritionnelle de ces derniers est soit déficiente, ou en excès important par rapport au besoin de l'oiseau.

#### **I-2-2-3-1) La concentration énergétique:**

Leeson et al. (1996) ont montré que la consommation d'aliments pour poulets de chair augmente linéairement avec la diminution du niveau d'énergie alimentaire. Albuquerque et al. (2003) ont également décrit la réduction de la consommation d'aliments pour animaux en raison d'une densité énergétique alimentaire plus élevée. De plus, Leeson et al. (1996) ont constaté que les poulets de chair nourris librement sur les régimes alimentaires dont l'énergie/kg métabolisable de 2700 ou 3300 kcal présentent le même taux de croissance et une consommation constante d'énergie. Ces résultats suggèrent que les poulets de chair contrôlent leur consommation alimentaire afin de fournir des besoins énergétiques, et l'une de ses conséquences les plus importantes, est la possibilité de formuler des aliments basés sur l'apport prévu en fonction du niveau d'énergie alimentaire (Rosa et al., 2007).

#### **I-2-2-4-2) Les protéines et acides aminés:**

Des déséquilibres spécifiques d'acides aminés peuvent modifier la prise alimentaire chez les poussins très rapidement. Une teneur réduite en protéines de l'aliment de 20% conduit à un maintien de l'ingestion ou à une légère hyperphagie (Pesti et Fletcher, 1983 ;

Rosebrough et Steele, 1985 ; Fancher et Jensen, 1989 ; Bregendahl et al., 2002 ; Noy et Sklan, 2002 ; Smith et Pesti, 2002), tandis que l'ingestion est réduite, avec une teneur élevée en protéines (+ 20 à + 30%) (Rosebrough et Steele, 1985 ; Noy et Sklan, 2002). Cependant, la réduction de la teneur en PB des aliments entraîne une diminution des performances des poulets de chair, lorsque les AA (semi) essentiels deviennent limitants (Dean et al., 2006) .

#### **I-2-2-5-3) Les vitamines et minéraux:**

Les vitamines et les minéraux n'influencent la consommation alimentaire que lorsque les niveaux alimentaires sont déficients ou plusieurs fois supérieurs aux besoins. Les niveaux alimentaires déficients causent des désordres métaboliques qui provoquent un effet défavorable indirect sur la consommation d'aliments. De légères carences minérales peuvent stimuler la prise alimentaire, les carences en oligo-éléments n'affecteront pas l'appétit à moins qu'elles ne soient prolongées. En revanche, les vitamines et minéraux diététiques excessifs sont détectés par le sens du goût de l'oiseau, se réaffirmant un refus de consommer l'alimentation. Les excès en minéraux sont également associés à une augmentation significative de la consommation d'eau, et l'excès des sels minéraux alimentaire déprime la consommation d'aliments et stimule la consommation d'eau (Ferket et Gernat , 2006).

#### **I-2-2-6-4) Approvisionnement en eau:**

La consommation d'eau est corrélée avec la consommation alimentaire des poulets, donc un approvisionnement en eau inadéquat peut entraîner une réduction de la consommation alimentaire et des problèmes de santé, et les changements dans la consommation d'eau est une indication précoce des problèmes de santé et de performances (Johnson, 2019).

#### **I-2-3) Les facteurs antinutritionnels:**

Les composés naturels tels que les inhibiteurs de la protéase, les alcaloïdes, les oxalates et les phytates, sont des composants naturels innés d'ingrédients alimentaires particuliers qui peuvent nuire à la disponibilité des nutriments, déprimer la prise alimentaire et réduire la croissance des animaux qui les consomment (Erdaw et Beyene, 2018).

**I-2-4) Les facteurs environnementaux:****I-2-4-1) La température:**

La chaleur entraîne une diminution de la consommation d'aliments et une augmentation de la consommation d'eau. A mesure que la température augmente, l'oiseau doit maintenir l'équilibre entre la production de chaleur et la perte de celle-ci, ce qui réduira sa consommation alimentaire pour réduire la chaleur du métabolisme (Morêki, 2008).

Des recherches ont démontré que la consommation d'aliments réduit de 5% pour chaque élévation de température de 1 ° C à une température comprise entre 32 et 38 ° C (Balogun et al., 2013).

**I-2-4-2) La lumière:**

Les volailles augmentent leur ingestion en début et en fin de période éclairée, la prise alimentaire est en revanche limitée pendant la phase obscure. Les programmes lumineux tiennent compte de ce comportement (Leborgne, 2013).

**I-2-5) Les autres facteurs:****I-2-5-1) Arôme alimentaire:**

Certains aliments naturels ne conviennent pas aux poulets car, ils ne sont pas agréables au goût. Par exemple, les poulets ont tendance à éviter les régimes riches en orge, seigle ou sarrasin par rapport à des régimes similaires contenant du maïs jaune. Ils ont également tendance à éviter les régimes contenant des ingrédients inhabituels tels que les protéines unicellulaires, les déchets de transformation des fruits, la flore marine (Esmail, 2013).

**I-2-5-2) Forme physique de l'aliment:**

La forme physique de l'aliment est un facteur crucial du rendement en viande des poulets de chair. Il est généralement admis que l'alimentation en granulés présente un certain nombre d'avantages, tels que l'augmentation de la consommation d'aliments, la diminution du gaspillage d'aliments, l'amélioration de l'hygiène alimentaire, l'élimination des facteurs antinutritionnels et l'amélioration des performances des volailles (Shalmany et Shivazad, 2007; Shariatmadari et Mohiti-Asli, 2009; Shabani et al., 2015).

**I-3) Les différentes phases de l'alimentation du poulet de chair:**

La conduite alimentaire du poulet de chair est généralement basée sur 3 types d'aliments (démarrage, croissance et finition) afin que, les apports en nutriments répondent au mieux aux besoins de l'animal.

**I-3-1) Alimentation en phase de démarrage:**

La phase de démarrage correspond aux 10 premiers jours du poulet, cette étape est considérée comme une phase clé pour la réussite d'un lot du poulet de chair. En particulier pour la production dans une période courte, rendant chaque retard de croissance plus difficile à rattraper (Barbé et al., 2017).

Dans la pratique, les poussins ne sont alimentés que 10 à 6h après leur éclosion pourtant, le développement est intense pendant les premiers jours de vie, et le résidu vitelline ne représente qu'une petite réserve de nutriments. Retarder la fourniture d'aliment peut affecter la croissance ultérieure des poussins et amoindrir leurs capacités de défense contre les agents pathogènes (Bigot et al., 2001).

L'aliment de démarrage doit être riche en énergie et en protéines. Les tables de l'INRA, (Larbier et leclercq, 1991) et de NRC(1994) recommandent pour un aliment de démarrage destiné au poulet du chair de 0 à 3 semaines d'âge ,une concentration énergétique avoisinant 3200 kcal/kg et une concentration de protéines de 22 ou 23% . Un tel équilibre suppose un apport conséquent de lipides alimentaires (environ 10% de l'aliment).

Dibner et al. (1998) ont testé différentes combinaisons de formulation de l'aliment apporté pendant les 2jours aux poussins, et ont suivi leur courbe de croissance jusqu'à l'âge de 41 jours. La croissance et l'efficacité alimentaire optimales ont été paradoxalement obtenues avec un aliment composé de 50% de protéines et de 50% de glucides sans apport de lipides. Le passage à un aliment exogène et le développement du tube digestif, s'accompagne d'une sécrétion limitant de sels biliaries (Krogdahl, 1985), et d'une faible production de lipase pancréatique (Nir et al., 1993), ces conditions expliquent que les lipides n'aient une influence sur la croissance qu'à partir de l'âge d'environ 10 jours (chamblee et al., 1992).

**I-3-2) Alimentation en phase de croissance:**

Durant cette période d'élevage l'aliment de démarrage sera remplacé par une ration moins riches en protéines (Buldgen et al., 1996). D'après Larbier et Leclercq (1992), le taux d'incorporation des protéines et de lysine doivent faire respectivement 35.8 à 42g/100g de gain de poids et de 1.5 à 1.7g/100 de gain de poids.

Les besoins en protéines sont décomposés en entretien, croissance corporelle et croissance des plumes, ces dernières peuvent représenter jusqu'à 20% des besoins totales nécessaires au poulet (Bouvarel, 2004).

La teneur en énergie doit être 3250 kcal/kg de poids vif, l'accroissement du niveau énergétique conduit toujours à une amélioration de l'indice de consommation. Son effet sur la croissance variable selon les croisements, est perceptible jusqu'à kcal EM/kg pour les poulets âgés de 4 à 8 semaines, en dessous de ces valeurs, la réduction du poids vif à 56 jours est voisine de 30g pour chaque diminution de 100 kcal EM/kg du niveau énergétique de l'aliment (Larbier et Leclercq, 1991).

**I-3-3) Alimentation en phase de finition:**

L'aliment de croissance sera remplacé durant cette période, par un aliment finition moins concentré en protéines et plus riche en énergie tout en respectant l'équilibre énergétique/protéines. Il est à noter que toute déficience nutritionnelle en un ou plusieurs acides aminés durant les deux premières phases d'élevage se traduit par une diminution du rendement en filets à la fin de cette période (Sanchez et al., 2000), car des travaux semblent montrer que le rendement en filets sont optimisés lorsque les besoins permettant d'obtenir un I.C minimum sont optimisés durant les deux premières phases d'élevage (Larbier et Leclercq, 1992).

**I-4) Présentation de l'aliment:**

Les aliments destinés à l'alimentation des volailles peuvent se présenter sous trois formes : farine, granulé de différentes tailles ou aliments céréales entières.

**I-4-1) Aliment farineux:**

La qualité de farine est évaluée en fonction de la taille et de l'uniformité de ses particules. Une corrélation entre l'augmentation de la granulométrie et la croissance du poulet

de chair a été démontrée par plusieurs auteurs y compris Nir et al. (1994) sur des poussins de 0-3 semaines.

Dans la pratique les particules sont présentées le plus souvent sous forme de miettes dans le jeune âge puis en granulés. La gestion de ces particules (farine ou miette plutôt que granulés) peut être un moyen de limiter la consommation et donc éviter une forte croissance des poulets susceptibles d'engendrer de la mortalité (Magnin et Bouvarel, 2011).

Chagneau et al. (2009) indiquent que la consommation alimentaire est réduite de 22% avec la farine comparée à du granulés. Dans cette même expérience la teneur en matière sèche des fientes est augmentée significativement avec l'aliment farineux, la présentation de l'aliment sous forme de farine a permis dans cette situation de réduire l'excrétion d'eau, probablement du fait d'un allongement du temps de transit total lié à une rétention plus longue dans le gésier.

#### **I-4-2) Aliment granulé:**

L'animale ingère des aliments afin de répondre à des besoins nutritionnels mais également en fonction des préférences alimentaire. La présentation physique de l'aliment et notamment la taille des particules a un effet important sur la prise alimentaire. Les volailles consomment les particules suffisamment grosses pour être saisies efficacement par le bec (Rogers, 1995), ces préférences correspondant à une optimisation énergétique (bénéfice/coût) du comportement alimentaire (Collier et Johnson, 2004). La granulation par son action de compactage permet d'améliorer l'efficacité de la prise alimentaire par le bec chez le poulet à croissance rapide (Nir et al., 1994; Quentin et al., 2004 ; Svihus et al., 2004 ; Linares et Huang, 2010). L'aliment granulé induit à des effets mécaniques beaucoup plus limités qu'avec la farine, probablement du fait de la diminution de la taille des particules lors de processus mis en jeu pour la granulation (Svihus et al., 2004).

Toutefois, la consommation des fines particules peuvent aussi entraîner une plus forte consommation d'eau et donc une éventuelle dégradation de la literie, tout comme une dureté excessive des granulés pouvant entraîner sous-consommation d'aliments et de l'eau (Magnin et Bouvarel, 2011).

Les granulés de 2,8 à 3,5mm de diamètre produit dans les usines modernes se sont pas adaptés aux besoins de jeunes poussins, il est donc le plus souvent nécessaire d'émietter le

granulé produit pour que la taille des particules sera proche de 2mm souhaité pour un aliment de démarrage (Michard et al., 2013).

### **I-4-3) céréales entières:**

Les céréales se différencient des aliments complémentaires par leurs teneurs en protéines et en énergie métabolisable. Le principal problème rencontré est celui du rapport protéines/énergie du régime effectivement ingéré par le poulet. Il peut être différent de celui d'un aliment complet et ne pas permettre d'obtenir les mêmes performances de croissance et /ou des qualités de carcasse comparables. Par exemple, dans le cas où une part importante de maïs concassé est consommée entre 1 et 42 jours (73 %, avec un concentré à 44 % de protéines brutes), une consommation protéique inférieure de 15 % à celle du témoin recevant un aliment complet est constatée, les consommations d'énergie étant comparables. L'efficacité alimentaire, protéique ou énergétique n'est dans ce cas pas affectée par la technique du choix alimentaire, mais la vitesse de croissance des poulets est réduite de 10 % (Yo et al., 1997).

Le développement de l'utilisation des céréales entières en élevage dépend de la maîtrise technique des méthodes de distribution. Les trois principales sont l'alimentation séparé, la distribution séquentielle et le mélange, ces techniques de distribution de céréales graines entières sont donc toutes basées sur le choix plus ou moins dirigé de l'animal dans l'espace ou par tri particulière (Noirot et al., 1998).

### **I-5) Transitions alimentaires:**

Lors de la transition entre deux aliments, une baisse de consommation est généralement constatée, il faut éviter des changements brutaux notamment en termes de taux de protéines, de forme, de granulométrie et de couleurs auxquels les animaux sont sensibles.

#### **I-5-1) Changement de formule:**

Lors d'une nouvelle livraison d'aliment correspond à un changement de formule ou un simple changement de fabrication, des diminutions de consommation peuvent survenir avec des incidences importantes pour l'élevage de poulets, ces problèmes sont liés à la perception de l'aliment par la volaille comme cela été montré chez la dinde (Chagneau et al., 2006).

Haskelle et al. (2001) montrent que des poulets qui passent d'un régime concentré en énergie et en protéines à un régime faible en ces derniers font preuve d'une plus grande fréquence de grattage de la mangeoire.

Une réaction face au nouvel aliment peut être également mise en évidence par l'augmentation des périodes d'observation entre chaque picorage (Picard et al., 1999) ou par la diminution du temps passé à la mangeoire (Martaresche et al., 2000, Lecuelle et al., 2009).

### **I-5-2) Changement de forme:**

En élevage de volaille, une nouvelle livraison d'aliment peut être ignorée par les animaux ou fortement sous consommée pendant plusieurs heures. Les caractéristiques physiques des particules alimentaire sont souvent mise en cause dans ces incidents qui peuvent avoir des incidences importants sur les performances des animaux et leurs état sanitaire (Picard et al., 2002).

Lors de la transition farine vers granulé, la compétition à la mangeoire serait réduite, et les femelles pourraient avoir plus de temps pour consommer. A l'inverse, la compétition à la mangeoire serait exacerbée lors d'une transition vers la farine qui augmente le temps de présence des mâles et des femelles à la mangeoire. A partir d'une alimentation farineuse en démarrage le passage au granulé après 49 jours est très positif en terme de GMQ et l'indice de consommation. A l'inverse lors d'une transition granulé/farine, le GMQ est réduit, néanmoins une baisse de la consommation qui pourrait signifier une adaptation difficile à cette nouvelle présentation. En effet la transition granulé/farine en finition a pour conséquence une baisse sensible de GMQ et une dégradation de l'IC (Clavé et al., 2011).

### **I-5-3) Changement de couleur:**

Les oiseaux sont capables de distinguer les couleurs grâce à un système visuel très développé (Prescott et al., 2003). La vision puis le toucher sont particulièrement utilisés par la volaille pour apprécier son aliment (Picard et al., 2000). Le premier contact avec l'aliment est visuel, l'animal observe les particules alimentaires puis il utilise les récepteurs tactiles de son bec pour renforcer sa caractérisation sensorielle de cet aliment (Vilarino, 1997).

Le changement de couleur d'un aliment entraîne des réactions de néophobie de volaille vers cet aliment (Lecuelle et al., 2011). Un aliment inconnu peut cependant conserver des caractéristiques de couleur identiques à celles de l'aliment familier et réduit ainsi cette

néophobie (Marples et Roper, 1996). Donc la conservation de la couleur lors d'un changement d'aliment peut légèrement faciliter un changement de forme (Lecuelle et al., 2011).

### **I-6) La formulation:**

En aviculture, l'alimentation affecte plus la rentabilité économique de l'exploitation que n'importe quel facteur pris individuellement. L'aliment peut représenter 70% des charges variables de production d'œufs ou de chair (Oladokun et Johnson, 2012). Pour maintenir un niveau de profit satisfaisant, la maîtrise des matières premières et des méthodes de formulation sont nécessaires (Afolayan et Afolayan, 2008).

#### **I-6-1) Définition de formulation:**

La formulation d'aliments consiste à rassembler plusieurs matières premières disponibles, quantifier leur taux d'incorporation, et les mettre ensemble pour former un mélange uniforme (Almasad et al., 2011) en vue de satisfaire tous les besoins nutritionnels de la volaille en accord avec les objectifs de production (Pratishka, 2011).

#### **I-6-2) Les étapes de formulation d'aliment de volaille:**

##### **I-6-2-1) Connaissance de l'animal et détermination des besoins nutritionnels:**

Les besoins nutritionnels sont influencés par la génétique, le sexe, le poids vif, le stade physiologique, l'appétit et les facteurs environnementaux (température, densité.. etc.) (NRC, 1981). De ce fait il importe de bien identifier la catégorie de volaille à nourrir.

Les besoins nutritionnels peuvent être définis comme étant la quantité de nutriments nécessaires pour optimiser un facteur de production, tel que la vitesse de croissance ou la conversion alimentaire (Pomar et al., 2009). Pour la réussite de la formulation, la détermination des besoins en plusieurs éléments nutritifs essentiels est donc primordiale. Au nombre de ces éléments, il y a l'énergie métabolisable, les protéines brutes, les acides aminés, le calcium et le phosphore ...etc.

**I-6-2-2) Détermination des valeurs nutritives des ingrédients disponibles:**

Pour le besoin de formulation d'aliments, la réalisation d'une base de données sur la composition chimique, les caractéristiques physiques et la digestibilité des ingrédients utilisables en alimentation des animaux est nécessaire (Kaushik, 2000).

**I-6-2-3) Seuil d'incorporation des ingrédients et facteurs antinutritionnels:**

Des connaissances sur le seuil d'incorporation de chaque ingrédient et les facteurs de variation de la valeur nutritive sont déterminantes pour la réussite de la formulation d'aliment. Les limites maximale et minimale de chaque ingrédient doivent être connues afin d'éviter la toxicité, le déséquilibre alimentaire, les interférences avec d'autres éléments nutritifs, la sous consommation liée à l'inappétence ou même la pollution de l'environnement après excrétion par l'urine et les fientes (Moughan et al., 2000).

**I-6-2-4) Formulation proprement dite:**

Cette étape consiste à réaliser des calculs afin de déterminer la combinaison de différents ingrédients qui couvre au mieux les besoins recommandés pour la catégorie animale (Brah et al., 2015).

**I-7) Les matières premières utilisées dans l'alimentation du poulet de chair:****I-7-1) Sources d'énergie:****I-7-1-1) Les céréales:**

Les céréales constituent la principale source d'énergie dans les régimes alimentaires des poulets de chair. Les céréales les plus courantes pour la volaille sont le maïs, le blé, le sorgho, et l'orge (Liu et al., 2017).

**I-7-1-1-1) Maïs:**

Très apprécié, bien pourvu en amidon et en matières grasses, le maïs est la céréale la plus énergétique (3110 Kcal d'EMAn pour poulet), très digestible et sans facteurs antinutritionnels. En général, il est considéré comme source de pigment, il représente la céréale de choix pour les volailles d'autant plus que sa composition est régulière, ainsi il améliore la qualité de chair (Leborgne, 2013). Il est incorporé généralement de 50 à 70% dans

les rations des poulets de chair comme source d'énergie (Salami et Odunsi, 2003; Teguaia et al., 2004; Ukachukwu, 2005). Cependant, une des principales limites nutritionnelles du maïs normal est son pauvre profil nutritionnel dû au déficit en acides aminés essentiels, la lysine, le tryptophane et la méthionine (Mbuya et al., 2010).

**I-7-1-1-2) Blé:**

Le blé est une source d'énergie majeure dans l'alimentation des volailles. Commercialement, le blé peut représenter jusqu'à 70% de l'énergie métabolisable et 35% des besoins en protéines des poulets de chair. Par conséquent, la variation de la qualité du blé devrait avoir un impact majeur sur les performances de ces derniers (Gutierrez et al., 2008). Les caractéristiques physiques du blé sont également des critères importants qui peuvent influencer les performances de ces derniers (Rose et al., 2001; Peron et al., 2006; Carre et al., 2007).

**I-7-1-1-3) Sorgho:**

Les poulets de chair ont besoin d'une grande proportion de grains dans leur alimentation pour fournir des protéines brutes et de l'énergie métabolisable. Le sorgho est la cinquième culture la plus importante après le maïs jaune, le riz, le blé et l'orge (Bryden et al., 2009). Il a une valeur nutritive similaire à celle du maïs jaune (Hancock, 2000) et le blé (Mikkelsen et al., 2008). En comparaison avec le maïs jaune, les graines de sorgho ont des taux plus élevés de protéines, tandis que la teneur en énergie et en matières grasses du sorgho est relativement faible (Etuk et al., 2012). Le sorgho à une faible teneur en tanins. Il peut remplacer le maïs jaune comme ingrédient alternatif dans l'alimentation du poulet de chair. Plusieurs études, ont montré que lors de la substitution du maïs jaune par le sorgho à faible teneur en tanins chez la volaille, la croissance n'a pas été affectée négativement (Garcia et al., 2005; Campos, 2006).

**I-7-1-1-4) L'orge:**

Son utilisation pour la volaille a cependant été limitée car, il contient des quantités considérables de fibres et il est considéré comme non digestible par toutes les espèces de volaille (Sharifi et al., 2012). Des variétés d'orge sans coques sont cultivées avec succès à une échelle commerciale dans certains pays, et lorsqu'elles sont utilisées avec des enzymes, elles peuvent être très adaptées à l'alimentation des volailles (Leeson et Summers, 2008).

Les jeunes poulets de chair (âgés de moins de trois semaines) peuvent recevoir des régimes contenant jusqu'à 20% d'orge lorsqu'ils sont complétés par des enzymes appropriées. De trois à six semaines, les poulets de chair peuvent être nourris avec des régimes contenant jusqu'à 40% d'orge enrichie en enzymes. Ce niveau peut être porté à 50% du régime alimentaire de ces derniers de plus de six semaines (Jeroch et Danicke, 1995).

#### **I-7-1-1-5) Millet:**

Le millet est une alternative possible qui peut remplacer le maïs à 100% dans la ration du poulet de chair (Abubakar et al., 2006; Ojewola et Olugbemi, 2011; Abubakar et al., 2011; Ibitoye et al., 2012). Le millet contient (2881kcal/kg d'EM, 6,50 % de fibres brutes, 0,30 % de cendres, 11,50 % de protéines brutes, 3,60 % d'éther et 3,20 % des nutriments digestibles totaux). La teneur en protéines brutes du millet, est plus élevée que le maïs (Burton et al., 1972; Sullivan et al., 1990; Adeola et Rogler, 1994; Amato et Forester, 1995). Par conséquent, leur incorporation à la place du maïs peut réduire la dépendance de ce dernier et aussi réduire le coût de la production de volaille. Il a également une teneur en huile plus élevée que les autres céréales (Sullivan et al., 1990; Hill et Hanna, 1990; Adeola et Rogler, 1994).

#### **I-7-1-1-6) Triticale:**

Le triticale, qui allie potentiellement les caractéristiques nutritionnelles du blé et la rusticité du seigle, a été proposé comme une céréale intéressante dans l'alimentation des animaux (Gatel et al., 1985 ; vieira et al., 1995) . Est un aliment pour tous les animaux qui représentent une source élevée d'énergie (Đekić et al., 2011) . Le triticale peut être utilisé comme alternative au maïs dans l'alimentation des volailles, car il contient de grandes quantités de protéines et d'acides aminés essentiels, tels que la lysine et la méthionine, en plus du Ca et du P (Nourollahi et al., 2014). Le facteur limitant dans l'utilisation du triticale est son effet antinutritionnel en solution sur les polysaccharides non amylacés (PSNA) (Beski et Al-Sardary, 2015).

#### **I-7-1-1-7) Avoine:**

De nombreuses études ont montré que l'avoine nue peut remplacer d'autres grains dans les régimes du poulet de chair (Kamińska et al., 2003; Osek et al., 2003, Szymczyk et al., 2005). Sa composition peut modifier la qualité de la viande du poulet. Il a une

concentration relativement élevée de matières grasses, riche en acides gras polyinsaturés (Svihus et Gullord, 2002). Il contient également des vitamines (vitamines E, bêta-carotène), des oligo-éléments qui sont des composants des enzymes exerçant des fonctions antioxydantes (sélénium, cuivre, zinc et manganèse), phytoestrogènes, acides phénoliques et l'acide phytique (Szymczyk et al., 2007).

#### **I-7-1-2) Les issues de céréales:**

Les issues de céréales sont des matières premières très diverses, elles ont une valeur énergétique faible ce qui limite leur emploi, elles présentent cependant par rapport aux céréales dont elles proviennent une teneur accrue en protéine (+2 à 3%) et un meilleur équilibre en acides indispensables (Leborgne, 2013).

##### **I-7-1-2-1) Gluten de maïs :**

Le gluten de maïs est particulièrement intéressant pour les volailles, c'est un sous-produit de la mouture humide du maïs et, c'est une source de protéines végétales riche en protéines (60% minimum) et hautement digestible, mais ses teneurs en arginine, lysine et tryptophane sont plutôt faibles (Peter et al., 2000). Il a été utilisé dans l'alimentation des volailles en raison de sa teneur élevée en protéines (NRC, 1994), de sa teneur élevée en énergie et de sa teneur élevée en xanthophylles (Peter et al., 2000).

##### **I-7-1-2-2) Les drèches de blé et de maïs:**

Les drèches de blé et de maïs, sont aussi une source possible d'énergie et d'azote. Leur intérêt se trouve dans leur disponibilité, mais leur composition est variable selon les procédés d'obtention et il y a un risque d'accumulation de mycotoxines, il convient donc de limiter leur incorporation à 6% en phase de démarrage, puis 12 à 15 % en croissance et en finition. Les drèches de blé et de maïs issues de procédés de production d'éthanol, se différencient d'une usine à l'autre, ils présentent une variabilité de composition chimique et de valeur alimentaire importante (Bouvarel et al., 2014).

Les travaux de Cozannet et al. (2010) montrent une grande hétérogénéité des compositions et des valeurs de digestibilité des drèches de blé chez les volailles, les drèches claires ont une digestibilité forte, tandis que les drèches foncées ont une digestibilité faible. Une bonne caractérisation des drèches est un enjeu majeur pour leur utilisation dans l'alimentation des volailles.

**I-7-2) Sources de protéines:****I-7-2-1) Les tourteaux:**

L'intérêt essentiel des tourteaux réside dans leur teneur élevée en protéines, plus ou moins équilibrées. La plupart d'entre eux nécessitent des traitements technologiques spécifiques pour être valorisés par les volailles de façon satisfaisante (Leborgne, 2013).

**I-7-2-1-1) Tourteau de soja:**

Le tourteau de soja est la principale source de protéines pour les volailles, il est riche en matière azotée totale et surtout en lysine. Il renferme une grande quantité de protéines, de glucides, de lipides, de vitamines A et B, de phosphore, de potassium, de calcium, de magnésium, de zinc et de fer (Metayer et al., 2003 ).

Un excès de tourteau de soja dans la ration peut provoquer des excréments humides. Le principal problème du soja réside dans la présence de facteurs à activité antitrypsique (Okandza et al., 2017).

**I-7-2-1-2) Tourteau de colza:**

Le tourteau de colza contient des niveaux moyens de protéines, caractérisés par une teneur élevée en acides aminés sulfureux. Il a une faible teneur en lysine et en isoleucine et une faible digestibilité des acides aminés essentiels par rapport à celle de tourteau de soja. Le contenu énergétique du tourteau de colza est limité par ses niveaux élevés de fibres brutes associées à une faible digestibilité (Weindl et al., 2018).

**I-7-2-1-3) Tourteau de tournesol:**

Le tourteau de tournesol contient des protéines et de l'énergie qui peuvent fournir une partie des besoins nutritifs de l'alimentation animale (Santos et al., 2009). Cependant, selon Pereira et al. (2011) la variabilité de la teneur en éléments nutritifs est plus élevée pour les coproduits que pour les aliments conventionnels, de sorte qu'une analyse fréquente de sa composition chimique et de ses paramètres nutritionnels et productifs doit être effectuée.

L'inclusion du tourteau de tournesol dans l'alimentation des poulets de chair dépend principalement de la composition bromatologique et de sa composition nutritionnelle et de sa

valeur énergétique (Oliveira et al., 2012), et donc la connaissance de ces paramètres est importante.

### **I-7-2-2) Les protéagineux:**

#### **I-7-2-2-1) Pois et lupin:**

Le pois et lupin présentent une teneur en protéines plutôt moyenne (20 à 34 % selon les espèces). Leur concentration en méthionine et plus globalement en acides aminés soufrés est très faible, surtout pour le lupin, eu égard à sa richesse en protéines, malgré une teneur en lysine abondante. La concentration en méthionine est à peine supérieure à celle observée dans le blé, qui renferme pourtant deux fois moins de protéines. Il en est de même des teneurs en tryptophane, relativement limitées. La concentration énergétique (mesurée par sa teneur en énergie métabolisable) de ces derniers est moyenne et inférieure aux concentrations énergétiques d'un aliment destiné aux volailles, malgré leur teneur en amidon. Le lupin est dépourvu d'amidon mais contient environ 8 % d'huile, il est plus proche du tourteau de soja que d'une céréale en termes de concentration énergétique et protéique (Bouvarel et al., 2014).

#### **I-7-2-2-2) La féverole:**

Les graines de féverole sont relativement riches en énergie avec une valeur voisine de celle des céréales, elles sont également riches en protéines avec une teneur inférieur de près de 50% à celles du tourteau de soja (Catroux, 2010), donc elle peut substituer le tourteau de soja mais partiellement à cause de la présence de plusieurs facteurs antinutritionnels. Ces protéines sont riches en lysine, mais assez pauvres en acides aminés soufrés et tryptophanes.

Vadivel et Pugalenti (2010) ont utilisé plusieurs méthodes afin, de déterminer la composition de la féverole à l'aide de la méthode micro Kjeldahl et la méthode Soxhelt d'extraction, ils ont déterminé la teneur en protéines brutes et en lipide qui sont respectivement 265g et 65g /kg de MS. Ces valeurs sont relativement élevées par rapport à d'autres légumineuses ce qui contribue à utiliser la féverole comme une source protéique alternative dans l'alimentation du poulet de chair pour réduire l'indépendance à la protéine du tourteau de soja (Okandza et al., 2017).

**I-7-3) Les autres matières:****I-7-3-1) Les acides aminés de synthèse:**

Leur utilisation permet un plus grand choix dans les matières premières retenues en formulation. Il est plus rentable d'utiliser la lysine et la DL-méthionine en tant que compléments purs dans la production d'aliments mélangés pour la production de poulets de chair, plutôt qu'en tant que composants de protéines intactes (Mukhtar et al., 2007).

**I-7-3-2) Les mélasses:**

Dans l'alimentation de la volaille, la mélasse est couramment utilisée comme un liant dans les régimes alimentaires secs de volaille et comme source d'énergie. De même, son administration aux poulets dans l'eau potable a été signalée (Reddy et al., 1998; Ndelekwute et al., 2010).

**I-7-3-3) Les matières grasses:**

Les graisses alimentaires d'origine animale ou végétale, sont la source d'énergie la plus concentrée : de 7500 à plus de 9000kcal d'EM /KG. Leur valeur énergétique décroît rapidement lorsque la teneur en acides gras saturé dépasse 50%, tel est le cas du suif qui renferme environ 7500kcal d'EM /kg, en revanche les huiles végétales et les graisses de volaille, riches en acides gras insaturés, ont une valeur énergétique très élevée plus de 9000Kcal d'EM/kg (Leborgne, 2013).

**II) La croissance chez le poulet de chair:**

Le poids vif du poussin double au cours des cinq premiers jours de la vie. La vitesse de croissance des poussins exprimée proportionnellement au poids vif (g/j/100 g de poids vif) atteint son maximum entre 3 et 5 jours d'âge (Murakami et al., 1992). Leur consommation journalière augmente linéairement avec l'âge. A l'âge de deux jours, le poussin consomme quotidiennement environ 10 g d'aliment contre 35 g cinq jours plus tard (Bigot et al., 2001).

**II-1) Les facteurs influençant la croissance du poulet de chair:****II-1-1) Les facteurs intrinsèques :****II-1-1-1) L'âge:**

L'âge, ainsi que les espèces et les conditions environnementales, font partie des facteurs clés affectant le taux de croissance des oiseaux, il a également un effet significatif sur la composition des tissus de la carcasse. Les changements les plus profonds, qualitatifs et quantitatifs, se produisent aux premiers stades de la vie qui sont relativement courts (par rapport à la durée de vie) et caractérisés par une croissance rapide. Une période d'élevage prolongée contribue à un poids corporel final plus élevé et à un rendement musculaire plus élevé, mais les coûts de production globaux augmentent car les oiseaux plus âgés se caractérisent par un taux de croissance plus lent et une consommation alimentaire plus élevée par kg de gain de poids corporel. Ces facteurs doivent être pris en compte lors de la détermination de l'âge optimal d'abattage (Murawska, 2017).

**II-1-1-2) Le sexe et la souche:**

Deeb et Lamont (2002), ont prouvé qu'il existe des différences génétiques dans le taux de croissance entre les souches. La souche affecte le poids corporel moyen et le gain à différents âges (Leeson et al., 1997). En outre, le sexe a un effet sur certains traits de performance des poulets, notamment le poids corporel, le taux de croissance, la consommation alimentaire et le taux de conversion alimentaire (Balogun et al., 1997 ; Ajayi et Ejiofor, 2009).

Barbato et Vasilatos-Younken (1991) ont montré que la croissance était affectée dans une proportion de 5 à 10 % par les effets liés au sexe de l'animal. La vitesse de maturation est plus élevée chez les femelles, celles-ci ont une croissance plus précoce et atteignent le stade adulte plus rapidement que les mâles (Barbato, 1991 ; Hancock et al., 1995).

Les poulets de chair mâles et femelles ont des potentiels de croissance différents, qui peuvent être améliorés par la gestion. Meijerhof (1988) a signalé que les poulets de chair mâles utilisent l'alimentation plus efficacement que les femelles, par contre ces dernières utilisent l'énergie alimentaire plus efficacement que les mâles entre la semaine 5 et 8 de la période de croissance.

Les effets de la souche et du sexe sur les paramètres de la carcasse ont également été évalués par de nombreux auteurs (Ahn et al., 1995; Cherian et al., 1996; Musa et al., 2006; Jaturasitha et al., 2008; Ojedapo et al., 2008 et Zhao et al., 2009), Il y avait de grandes variations dans leurs résultats concernant les mensurations corporelles et la qualité des carcasses.

### **II-1-1-3) La sélection génétique:**

Les performances de croissance et les caractères de carcasse sont des caractères économiques très importants dans la production de poulets de chair et sont contrôlés par des ensembles de gènes complexes. La croissance est une procédure compliquée, régulée par une grande variété de voies neuroendocrines. Pour cette raison, il est très difficile de progresser rapidement en utilisant des méthodes conventionnelles de sélection génétique au sein des souches (Zhang et al., 2008).

Les récents progrès de la technologie moléculaire ont fourni de nouvelles opportunités pour évaluer la variabilité génétique au niveau de l'ADN (Kaya et Yildiz, 2008). Par conséquent, l'approche du gène candidat est devenue une technique puissante pour l'amélioration génétique dans le programme d'élevage de poulets. L'application d'un gène candidat peut entraîner une plus grande efficacité dans la détection des caractères souhaités et nécessaires pour améliorer les performances de production. Les gènes de l'hormone de croissance du poulet (GH) et du facteur de croissance analogue à l'insuline-I (IGF-I) sont parmi les gènes candidats les plus prometteurs pour les performances de croissance et les caractéristiques de qualité de la carcasse chez les poulets (Anh et al., 2015).

### **II-1-2) Les facteurs extrinsèques:**

#### **II-1-2-1) Le stress:**

Le stress physiologique peut avoir des effets néfastes sur la performance globale et la croissance corporelle des volailles de type viande (Sams, 1997; Mashaly et al., 2004), et c'est toujours un sujet difficile pour les producteurs de volaille. Bien qu'il existe de nombreux types de facteurs de stress, leurs effets globaux sont souvent similaires. Les facteurs de ce dernier activent les axes sympathiques adrénomoédullaire et hypothalamo-hypophysio-surrénalien, entraînant respectivement la libération de catécholamines et de glucocorticoïdes (Belda et al., 2015).

**II-1-2-2) Les facteurs environnementaux:**

Un environnement chaud est l'un des facteurs de stress important dans la production de volaille. le stress thermique qui en résulte provient des interactions entre la température de l'air ,l'humidité ,la chaleur rayonnante et la vitesse de l'air ,ou cette dernière joue un rôle majeur.la température optimale pour la performance est probablement de 19 à 22 c° pour les poules pondeuses et 18 à 22 c° pour les poulets de chair en croissance (Charles, 2002).le stress thermique entraîne une diminution de la consommation d'aliments, et un faible gain de poids corporel et une mauvaise qualité de la viande chez les poulets de chair(examinés par Horwlider et Rose,1987 ,Mardsen et Moriss, 1987 ; Shane ,1988 ;Yahav,2000).

**II-1-2-2-1) La lumière:**

Il a été connu pendant des siècles que la lumière (durée, intensité et longueur d'onde) est peut-être le stimulus environnemental majeur affectant la physiologie, le comportement, l'immunité, et le taux de croissance des oiseaux (Kim et al., 2013).

Les premières études sur l'impact de la variation de l'intensité lumineuse et de la longueur d'onde a montré des effets profonds sur la performance de croissance des poulets de chair (Barott et Pringle, 1951; Cherry et Barwick, 1962; Classen et Riddell, 1989; Buyse et al., 1996; Manser, 1996). La croissance des poulets de chair est affectée par les spectres lumineux, la lumière bleu-vert stimule la croissance des poulets (Rozenboim et al., 1999a ; Rozenboim et al., 1999 b ; Rozenboim et al., 2004).

Olanrewaju et al. (2006) ont observé que pendant la période de croissance précoce, les courtes longueurs d'onde (bleu-vert) augmentent la croissance. Cependant, lorsque l'oiseau approche de la maturité sexuelle, les longues longueurs d'onde (orange-rouge) augmentent la croissance et sont efficaces pour stimuler les voies hormonales sexuelles.

**II-1-2-2-2) Les fluctuations saisonnières:**

Les fluctuations saisonnières diminuent le taux de croissance et la production en raison d'un ralentissement de la consommation volontaire d'aliments chez les oiseaux. Il est évident que l'inhibition de la croissance et de la production chez les oiseaux de chair stressés par la chaleur est médiée par les hormones de stress, spécialement le corticostéroïde (Okonkwo et Ahaotu, 2019).

**II-1-2-3) Les facteurs alimentaires:****II-1-2-3-1) Granulation:**

Afin de maximiser la croissance, l'aliment granulé est le plus largement utilisé dans les régimes de poulets de chair (Dozier et al., 2010). Certains avantages de ce dernier comprennent la réduction de la ségrégation des ingrédients, la facilité de manipulation, un meilleur débit d'aliments dans l'équipement, et permet de réduire les coûts de formulation en incluant d'autres ingrédients (Behnke, 1994; Fairfield, 2003) et la diminution de l'énergie alimentaire (Skinner et al., 1992; Lecznieski et al., 2001).

Il est bien établi que les poulets de chair nourris aux régimes à granulés ont de meilleures performances (Corzo et al., 2011; Chewning et al., 2012; Abdollahi et al., 2013; Mingbin et al., 2015; Massuquetto et al., 2018).

**II-1-2-3-2) La teneur en protéines:**

La protéine est l'un des macronutriments diététiques les plus importants pour les animaux, elle est considérée comme composant clé des cellules, joue un rôle important dans le processus de vie. Le taux de croissance et l'efficacité alimentaire des poulets de chair s'améliorent avec l'augmentation des protéines alimentaires (Jackson et al., 1982; MacLeod, 1990; Buyse et al., 1992; Collin et al., 2003; Swennen et al., 2005; Niu et al., 2009; Miu et al., 2012). En outre, ils jouent un rôle crucial dans les tissus structurels et protecteurs dans le corps et sont également importantes dans les enzymes et la fonction tissulaire (NRC, 1994).

La disponibilité d'AA synthétisés et un concept d'AA digestibles permettent une performance de croissance maximale des poulets de chair à des niveaux de protéines brutes plus faibles et des coûts d'alimentation réduits associés (Emmert et Baker, 1997).

De plus, la diminution des niveaux de protéines pourrait réduire la pollution de l'environnement en réduisant l'excrétion d'azote (Hernandez et al., 2012). L'insuffisance des protéines et des acides aminés dans l'alimentation de volaille peut nuire à leur croissance et développement optimaux (awad et al., 2016).

**II-1-2-4-3) La teneur en énergie:**

L'énergie est un nutriment important qui constitue la plus grande composante du régime alimentaire et affecte ainsi les performances de croissance potentielles, le coût des

aliments et la rentabilité. La majorité de l'énergie contenue dans les régimes de volaille provient des glucides, tandis que les graisses et les protéines peuvent également produire de l'énergie (Leeson et Summers, 2005).

Les huiles végétales telles que l'huile de soja sont fréquemment incluses dans les régimes alimentaires pour augmenter la densité énergétique de l'alimentation, améliorer l'efficacité et augmenter la digestibilité des nutriments chez les poulets de chair (Monfaredi et al., 2011).

## **Chapitre 2**

# **La restriction alimentaire généralités et méthodes**

Les performances de croissance du poulet de chair ont augmenté de façon spectaculaire au cours des 30 dernières années, principalement en raison des progrès génétiques, des améliorations de la nutrition et de l'environnement contrôlé, de sorte qu'il ne faut que 33 jours pour atteindre un poids corporel final d'environ 2Kg (Wilson, 2005).

Lorsque les poulets sont nourris *ad libitum*, le taux de croissance s'accompagne d'un dépôt de graisse corporelle, en raison que les poulets de chair consomment de l'énergie qui dépasse leurs besoins d'entretien et de production, et puis ils déposent cet excédent sous forme de gras (Summers et spratt, 1990 ; cuddinton, 2004) dont ils sont la principale source des déchets dans l'abattoir, ce qui affecte le rendement des carcasses (Shawkat et Rashid, 2019). La graisse est un produit indésirable qui augmente non seulement l'apparition des maladies métaboliques et déformation du squelette, mais provoque également des problèmes d'efficacité alimentaire, et cause des difficultés de transformation de la viande (Urdaneta-rincon et leeson, 2002). Selon Medugu et al., (2010), les poulets de chair avec de gros dépôts de graisse abdominale indiquent une mauvaise finition.

Les préférences des consommateurs pour la viande maigre ont augmenté en raison de corrélation entre les maladies cardiovasculaires et la consommation humaine de certaines graisses, cela a stimulé l'intérêt pour réduire des dépôts de graisse abdominale chez les poulets de chair et la tendance à produire des carcasses plus maigres. (cabel et Waldroup, 1990).

Un autre problème que la production avicole confronte, est le coût de l'alimentation qui représente environ 70% du coût de production de poulet de chair, et en outre la concurrence entre l'homme et la volaille pour l'énergie (céréales) à créer un problème de pénurie de ces ingrédients en nourrissant le poulet *ad libitum* (sahraei et shariatmadari ,2007). Cela également a suscité les nutritionnistes à trouver des méthodes plus adaptées pour contrôler l'alimentation des volailles. Des programmes de restriction alors ont été utilisés pour résoudre ces problèmes (Leeson et al.,1992; Lee et Leeson, 2001; Lippens et al., 2002; Tumova et al., 2002; Urdaneta-Rincon et Leeson, 2002; Saleh et al., 2005). Selon Khurshid et al. (2019) l'alimentation restreinte empêche le gaspillage d'aliments et minimise les coûts de production. Ces programmes dépendent d'un phénomène appelé croissance compensatoire ou la croissance rattrapée pour produire un poids corporel commerciale similaire à groupes témoins.

**I-Définition de la restriction alimentaire :**

La restriction alimentaire signifie de nourrir les poussins avec un régime alimentaire qui ne répond pas aux besoins nutritionnels pour une croissance normale. Elle est réalisée en limitant le temps d'alimentation, ou en réduisant la quantité de nourriture offerte aux oiseaux, ou en modifiant la qualité des aliments, ou en réduisant les protéines ou l'énergie ou bien les deux (Alkhair, 2019). Elle est catégorisée en restriction alimentaire quantitative et qualitative.

En restriction quantitative, les poulets sont privés d'accès à l'alimentation et à l'eau à certaines heures de la journée. tandis que la restriction qualitative, les poulets sont entièrement privés d'accès à certains nutriments grâce à la fourniture d'un régime dilué principalement avec des fibres inertes (Hocking et al., 2002 ;Giachetto et al.,2003 ; lesson et summers, 2005).

Le meilleur âge pour la restriction alimentaire se situe entre la deuxième et la troisième semaine, car avant l'âge de 7 jours, la restriction peut entraîner un sous-développement du tractus gastro-intestinal et une diminution de la performance productive des poulets de chair. Si la restriction survient après le 21ème jour, ces derniers n'auront pas assez de temps pour récupérer la perte de poids (Rosa et al., 2000).

**II) L'objectif de la restriction alimentaire :**

La restriction alimentaire est utilisée en élevage pour diverses raisons: diminution du taux de graisse de la carcasse, amélioration de l'efficacité alimentaire, réduire la fréquence des pathologies associées à une vitesse de croissance élevée telles que l'ascite (Crouch, 2000; Saleh et al., 2005; Rezaei et al., 2006).

Une restriction alimentaire précoce est pratiquée chez les poulets de chair afin d'induire une croissance compensatrice et une amélioration et l'efficacité de l'utilisation des aliments (Subilla et al., 2003) cependant, une restriction alimentaire prolongée diminue le potentiel de croissance compensatrice (Gous et Cherry, 2004).

Plusieurs programmes de restriction alimentaire ont été essayés pour réduire la mortalité totale, les maladies métaboliques, les anomalies intestinales et osseuses des jambes (Gonzales et al., 1998; Zulkifli et al., 2001; Sahraei, 2012; Tsiouris et al., 2014). La restriction alimentaire quantitative a également été utilisée pour limiter la croissance précoce, réduire la

consommation alimentaire, améliorer l'utilisation des nutriments avec une croissance compensatrice et réduire la graisse abdominale (Benyi et al., 2009).

### **III-Méthodes de restriction alimentaire:**

Sahraei (2012) a décrit certaines formes de restriction alimentaire, telles que la restriction physique de l'alimentation, les programmes d'éclairage, la dilution du régime alimentaire, l'utilisation de régimes pauvres en protéines ou en énergie et les méthodes chimiques.

#### **III-1) Restriction alimentaire quantitative:**

La restriction alimentaire quantitative est définie comme étant une réduction de l'apport en éléments nutritifs en réduisant la quantité d'aliments consommés (Van der Klein et al., 2017). Cette technique a été proposée pour améliorer l'efficacité alimentaire, réduire le coût de production et le taux de mortalité avec la production d'une carcasse moins grasse (Zubair et Leeson, 1996 ; Mahmood et al., 2007).

##### **III-1-1) la restriction alimentaire physique:**

Cette méthode est l'une des procédures courantes utilisées pour contrôler la consommation d'aliment chez la volaille. La restriction alimentaire physique fournit une quantité d'aliment calculée par oiseau, qui est souvent juste assez pour répondre aux besoins d'entretien (Plavnik et Hurwitz, 1988). Dans cette méthode il est nécessaire de prévoir un espace d'alimentation suffisant afin d'empêcher la concurrence entre les oiseaux restreints et d'empêcher une croissance inégale des oiseaux dans un troupeau, aussi il devrait porter attention pour que les oiseaux consomment des micronutriments et les coccidioses (Sahraei, 2012).

Les programmes de la restriction alimentaire physique pour les poulets de chair ont été largement étudiés (Scheideler et Baughmam, 1993 ; Santoso et al., 1995). (Naji et al., 2003 ) ont suggéré que la restriction alimentaire physique à un âge précoce pendant une courte période stimule la croissance compensatrice de sorte qu'à l'âge du marché, les oiseaux soumis à des restrictions alimentaires ont des performances similaires à ceux des groupes nourris ad – libitum.

**III-1-2) Sauter une journée d'alimentation ou retrait de l'aliment :**

L'alimentation sautée par jour est une technique permettant de limiter la croissance précoce et n'a pas été largement étudiée pour les poulets de chair (Dozier et al., 2002). Retirer l'alimentation pendant des périodes de 8 à 24 heures pendant la période de démarrage réduit la croissance rapide précoce et le rendement en viande des poulets de chair (Sahraei, 2012). Il a été signalé dans d'autres études que l'élimination de la nourriture par saut d'une journée ralentit la croissance précoce et réduit l'incidence d'ascite sans affecter le poids corporel final (Arce et al., 1992; Ballay et al., 1992).

Oyedeji et al. (2003) et Oyedeji et Atteh (2005) ont signalé une réduction de la prise alimentaire après avoir exposé les oiseaux à jeûner tous les deux jours. Oyedeji et Atteh (2005) ont montré aussi qu'une alimentation sautée par jour pendant 3 semaines à partir du premier jour, a amélioré la qualité de la carcasse et avait réduit le syndrome de mort subite qui est souvent associé à une alimentation ad libitum.

**III-2) Restriction alimentaire qualitative:**

La restriction alimentaire qualitative consiste à diluer le régime avec des ingrédients inertes ou avec des ingrédients alimentaires de faibles valeurs nutritionnelles (Rezaei et Hajati, 2016; Atapattu et Silva, 2016; Xu et al., 2017). Cette méthode réduit les effets néfastes de la faim chronique sur le bien-être des poulets de chair associés à la méthode de restriction quantitative (Oikeh et al., 2019). Elle peut être également pratiquée au démarrage avec une réduction uniquement de la teneur énergétique de l'aliment au démarrage (Magnin et Bouvarel, 2011). Lippens et al. (2002) indiquent une tendance à la réduction de la mortalité due au syndrome de mort subite, sans effet sur le poids à l'abattage.

**III-2-1) Dilution de régime alimentaire :**

La dilution des niveaux de nutriments alimentaires est une pratique courante dans les stratégies précoces de restriction alimentaire (Moradi et al., 2013). Charbon de bois (Rezaei et al., 2006), riz cosses (Rezaei et Hajati, 2016; Incharoen, 2013), coques d'avoine (Qaisrani et al., 2013) et le sable (Sellers et al., 1980; Farjo et al., 1986; Rowland et al., 1980), ont été étudiés comme des diluants dans les régimes alimentaires des volailles. Cependant, dans les programmes de restriction alimentaire conventionnels, la dilution du régime est suivie d'une période d'alimentation à volonté, au cours de laquelle les oiseaux présentent un comportement

alimentaire compensatoire, ce qui se traduit par une prise alimentaire totale comparable à celle des oiseaux témoins. Certaines études (Leeson et al., 1992 ; Qaisrani et al., 2013) ont révélé qu'à certains niveaux de dilution, les poulets de chair n'étaient pas en mesure d'ajuster leur consommation alimentaire pour maintenir le même apport énergétique que celui des oiseaux témoins. Qaisrani et al. (2013) ont rapporté que des niveaux élevés de dilution du régime avec des coques d'avoine ont entraîné un stress à long terme, tel que déterminé par un rapport hétérophile / lymphocyte élevé.

Atapattu et Silva (2016) dans leur étude ont conclu que nourrir les poulets de chair avec des régimes progressivement dilués avec du son de riz ou du sable donnent des performances de croissance comparables à ceux qui sont nourris avec un régime témoin et réduit le coût de l'alimentation. Une dilution graduelle des aliments peut être appliquée comme alternative aux stratégies conventionnelles d'alimentation en phase. Parmi les matières testées, le son de riz est recommandé comme meilleur candidat pour un tel programme de dilution progressive des aliments.

### **III-2-2) Utilisation des régimes à faible teneur en protéines ou en énergie:**

Pour les retards de croissance chez les poulets de chair, on peut utiliser des régimes à faible teneur en énergie et en protéines. Cette méthode présente un avantage en ce qu'elle ne nécessite aucun travail supplémentaire de pesage de l'aliment et elle est accompli en abaissant le niveau de protéine ou d'énergie. Dans des conditions normales, les poulets de chair reçoivent respectivement 22%, 20% et 18% de protéines brutes pendant les périodes de démarrage, de production et de finition, et un régime de 3200 kcal ME kg (NRC, 1994).

L'étude de Plavnik et Hurwitz (1990) a montré que les poulets de chair nourris ad libitum avec un régime de 9,4% de protéines brutes de 8 à 14 jours ont considérablement réduit leur consommation alimentaire et leur gain de poids d'environ 57% et 41% respectivement.

Xu et al. (2017) dans leur étude ont suggéré que les protéines alimentaires et l'énergie réduites de 10% de 8 à 14 jours d'âge pourraient améliorer la croissance des oiseaux et n'ont aucune influence secondaire sur d'autres indices chez les poulets de chair. Ils ont prouvé que les protéines alimentaires et l'énergie réduites de 10% est un programme d'alimentation approprié, peut être impliqué dans la production des poulets de chair.

**III-2-3) Méthodes chimiques:**

Autre méthode qui a été utilisée pour réduire la consommation d'aliments chez les poulets de chair est l'utilisation de produits chimiques ou d'agents pharmacologiques. Cette méthode présente l'avantage de répartir uniformément la nourriture entre les troupeaux et réduire ainsi les variations de croissance qui peuvent avoir lieu avec une restriction alimentaire physique (Sahraei, 2012).

La restriction alimentaire des poulets de chair par méthodes chimiques a été suggérée par Fancher et Jensen (1988). Pınchasov et Jensen (1989) ont utilisé 1,5 ou 3% d'acide glycolique comme agent anorexique de 7 à 14 jours afin de supprimer la prise alimentaire des poussins. La consommation alimentaire était sévèrement réduite, une réduction de poids de 22% et 50% a été enregistré avec une inclusion de 1,5% ou 3,0% d'acide glycolique respectivement. Savory et al. (1996) ont utilisé 50 g / kg de propionate de calcium comme coupe-faim, ont montré que les gains de poids des oiseaux soumis à des restrictions chimiques étaient proches de ceux obtenus dans le cadre d'un programme recommandé de restriction alimentaire quantitative pour les poulets de chair âgés de 2 à 6 semaines.

**IV) Restriction non nutritionnelle:****IV-1) Programme d'éclairage:**

La lumière artificielle est largement utilisée dans l'élevage de volailles (Wang et al., 2014). Des régimes d'éclairage appropriés peuvent augmenter le poids corporel et améliorer le taux de conversion alimentaire des poulets de chair (Mahmud et al., 2011). La lumière permet aux oiseaux d'établir leur rythme et de synchroniser de nombreuses fonctions essentielles, y compris la température corporelle et diverses étapes métaboliques qui facilitent l'alimentation et la digestion (Olanrenwaju et al., 2006). Des recherches récentes se sont concentrées sur les régimes d'alimentation et d'éclairage intermittents (flashes) qui peuvent être appliqués aux problèmes d'éclairage continu et d'alimentation à volonté (Svihus et al., 2013; Farghly et al., 2016).

**IV-2) Texture d'aliment:**

Les formes d'aliments comme le granulé, l'émiettement, la masse et la taille des particules influent également sur la croissance et le développement du poulet de chair (Reece

et al., 1986; Jones et al., 1995). Andrew (1991) suggère que l'amélioration du taux de croissance attribuable à la consommation de granulés est liée dans une certaine mesure à l'augmentation de la densité nutritive de ces derniers, ce qui dans certaines situations, augmente l'apport en éléments nutritifs.

#### **V) La restriction minérale:**

Un apport de phosphore (P) adéquat est essentiel pour assurer le maintien des performances de croissance et du statut minéral osseux. Les rejets de P peuvent engendrer des phénomènes d'eutrophisation, et ce dernier est une ressource non-renouvelable et coûteuse, Il est donc important d'améliorer l'efficacité de son utilisation pour améliorer la durabilité de l'élevage (Valable Anne-Sophie et al., 2017). Une des stratégies repose sur l'application d'une restriction minérale précoce qui a pour effet d'améliorer l'efficacité

d'utilisation de P sur le long terme (Rousseau et al., 2016). Cette restriction a un impact limité sur les rejets et le coût de l'aliment. Toutefois, il apparaît que la fenêtre optimale pour augmenter cette efficacité, et pouvoir réduire les apports en finition sans impacts négatifs, correspondent aux premiers jours de vie (Yan et al., 2005).

Plusieurs auteurs comme Yan et al., 2005, ont observé qu'il était possible de diminuer la teneur en P des aliments en parallèle d'une diminution de la teneur en calcium (Ca) sans modifier les performances de croissance des animaux. Toutefois, cette modification des apports phosphocalciques peut engendrer une moindre minéralisation osseuse (Létourneau-Montminy et al., 2008).

#### **VI) La croissance compensatrice:**

La technique de la restriction alimentaire se base sur un consensus général indiquant qu'un retard de croissance à l'âge jeune induit par la suite une croissance accélérée, connue sous le nom de croissance compensatrice, qui a comme conséquence des poids corporels finaux égaux ou même dépassant le poids des poulets alimentés ad libitum (Plavnik et Hurwitz, 1991).

Les facteurs influençant la capacité de la croissance compensatrice au cours de la période de réalimentation incluent la nature, la sévérité et la durée de sous-alimentation aussi bien que l'âge au début de la restriction. Le temps entre l'âge au début de la restriction et

l'âge à l'abattage détermine évidemment la capacité de la volaille à réaliser la croissance compensatrice.

### **VI-1) Définition :**

La croissance compensatrice, est un phénomène observé chez les animaux bénéficiant d'un accès à l'alimentation ad libitum, après une période d'alimentation restreinte, qui se traduit par une croissance accrue. En général, bien que la restriction alimentaire réduit les performances de croissance, la croissance compensatrice en période de réalimentation sera accélérer pour atteindre le poids des animaux (Hornick et al., 2000; Pinheiro et al., 2004). Aussi, est définie comme une croissance anormalement rapide par rapport à l'âge d'un animal après un retard de croissance précoce. Les termes «rattrapage de croissance» et «croissance compensatrice» sont utilisés dans le même concept. Quand cela se produit, le rattrapage de la croissance fait suite à une nouvelle alimentation après une période de sous-alimentation ou de guérison après une maladie (Sahraei, 2012).

### **VI-2) Les facteurs qui influencent la croissance compensatrice :**

La réponse à la restriction alimentaire dépend de plusieurs facteurs. Par exemple, il a été démontré qu'une restriction alimentaire prolongée réduisait le potentiel de croissance compensatrice (Urdaneta-Rincon et Leeson, 2002). Des études chez les poulets de chair ont démontré une incohérence dans la croissance compensatrice due à des facteurs génétiques, à la période de restriction alimentaire et à la réalimentation. (Saleh et al., 1996; Butzen et al., 2015).

#### **VI-2-1) Une restriction alimentaire sévère :**

Pendant une période de restriction, les oiseaux peuvent consommer des aliments énergétiques supérieurs ou inférieurs à ceux de l'entretien (Yu et Robinson, 1990). Plus la restriction est sévère, plus la croissance initiale du rattrapage est importante, moins l'oiseau peut se rétablir complètement Plavnik et Hurwitz (1985). Le niveau de restriction des aliments que ces recherches ont estimé juste pour répondre aux besoins énergétiques d'entretien est équivalent à environ 167 KJ EM/oiseau/jour au cours de la période de 6 à 12 jours (environ 35 % de l'apport alimentaire normal). Ce niveau d'énergie de maintien, cependant été surestimé parce que les oiseaux à alimentation restreinte ont gagné 2-4g de poids corporel chaque jour pendant la période de restriction (Zubair et Leeson, 1994).

**VI-2-2) La durée de la restriction alimentaire :**

En général, plus la période de dénutrition est longue, plus il est difficile pour l'oiseau de récupérer et de compenser sa croissance. Une restriction alimentaire à 167,4 KJ EM / jour à partir de l'âge de 5 jours, pendant 3 ou 5 jours n'a entraîné aucune dépression de gain de poids à 54 jours, alors qu'une légère dépression s'est produite lorsque cette restriction a été maintenue pendant 7 jours (Plavnik et Hurwitz, 1988). Ces résultats concordent avec les résultats de nombreux autres chercheurs (Rosebrough et al., 1986; Plavnik et Hurwitz, 1990; Ballay et al., 1992; Madrigal et al., 1995; Lee et Leeson, 2001). Même avec des restrictions légères, prolongées les périodes de restriction induisent une réduction significative des poids corporels infinis. Mollison et al. (1984) ont limité la consommation alimentaire à 90% de celle des oiseaux témoins âgés de 7 à 49 jours, en vue de réduire les dépôts de graisse et les pertes dues aux pertes métaboliques, et ont signalé un poids corporel final nettement inférieur (49 jours). Même avec une restriction de 95% de l'apport à volonté de 5 à 42 jours d'âge, Urdaneta-Rincon et Leeson (2002) ont trouvé un poids corporel final significativement plus faible (42 jours)

**VI-2-3) Les conditions de réalimentation :**

Il existe actuellement très peu d'informations sur les besoins en énergie et en protéines pendant la période de réalimentation (Zubair et Leeson, 1996). Plavnik et Hurwitz (1988) ont réévalué les besoins en acides aminés des poulets de chair au cours de cette période. Selon le taux de croissance prévu et la composition corporelle, les calculs de leurs modèles ont révélé des besoins plus élevés pour la plupart des acides aminés essentiels, en particulier pendant les deux premières semaines de réfection (Zubair et Leeson, 1996).

**VI-2-4) Facteurs génétiques: sexe, souche ou lignée d'oiseaux :**

Comme les mâles et les femelles diffèrent par leur taux de croissance et leur teneur en graisse corporelle (Fisher, 1984; Leenstra, 1986), il a été également affirmé que les poulets de chair mâles et femelles réagissent différemment aux restrictions alimentaires. En effet, selon Plavnik et Hurwitz (1988, 1990, 1991), les poulets de chair mâles ont une plus grande capacité à établir une croissance compensatrice que les femelles. Dans la recherche de Deaton (1995), cependant, les mâles et les femelles pourraient surmonter une perte de poids de 27 et 31% (restriction alimentaire à 60% de la consommation ad libitum) introduite entre 8 et 16 jours à l'âge de 48 et 49 jours. Souvent, l'absence d'effets constants de retard de croissance a

été attribuée aux différences entre les souches d'oiseaux utilisées. Cherry et al. (1978) ont déclaré que les lignées à croissance plus rapide ne présentaient qu'une faible croissance compensatrice, tandis que les lignées à croissance relativement plus lente présentaient un «rattrapage» considérable.

## **VII) Effets de la restriction alimentaire**

### **VII-1) Sur la carcasse :**

Certains rapports ont montré que les poulets de chair qui ont subi une restriction alimentaire à un âge précoce compensaient le retard de croissance initial et réduisaient la graisse de la carcasse (Plavnik et Hurwitz, 1985; Leeson et Zubair, 1997; Molapo et Webb, 2014). Santoso (2001) a nourri les poulets de chair avec 25, 55 et 75% de la ration habituelle; par rapport à un groupe témoin, ces oiseaux ont compensé le retard de croissance initial. Les poulets de chair restreints présentaient des taux inférieurs de triglycérides et de graisse abdominale à l'âge de finition (Jahanpour et al., 2015). Mirshamsollahi (2013) a mené une étude pour étudier les effets de la restriction alimentaire sur les performances des poulets de chair et les caractéristiques de la carcasse au cours de la deuxième / troisième semaine d'âge et a signalé que la sévérité et la durée de la restriction affecte significativement ( $P < 0,05$ ) le poids de la carcasse, de la poitrine, et de la cuisse.

### **VII-2) Sur l'efficacité alimentaire:**

Deaton (1995) a déclaré que la restriction quantitative de l'alimentation améliorait le taux de conversion alimentaire, ce qui permettait une récupération complète du poids corporel. La restriction alimentaire améliore l'efficacité alimentaire chez les poulets de chair, ce qui pourrait être attribué à une réduction des besoins d'entretien global, provoquée par une diminution transitoire du taux métabolique basal. Mais, elle peut également être liée à une consommation alimentaire plus élevée et à l'hypertrophie du tractus gastro-intestinal qui se produit après la restriction (Adeyemo et al., 2017).

### **VII-3) Sur la santé animale :**

#### **VII-3-1) Effets positifs :**

La restriction alimentaire visant à améliorer la santé animale, elle réduit l'incidence de l'ascite (Tottori et al., 1997; Julian, 2000 ; Kalmar et al., 2013; Wideman et al., 2013) qui s'est identifiée par l'accumulation excessive de liquide dans la cavité abdominale, il a déjà été

reconnu comme un problème chez les volailles élevées en haute altitude (Acar et al., 1995). Réduit aussi le syndrome de mort subite (SDS) (Govaerts et al. , 2000; Oyedeji et Atteh, 2005) et améliore le taux de conversion des aliments (Deaton, 1995 ; Lee et Lesson, 2001) et ainsi permettre une récupération complète du poids corporel si le degré de restriction n'était pas trop sévère et que les âges d'abattage étaient prolongés au-delà de 6 semaines (Plavnik et Hurtwiz, 1988 ; Deaton, 1995 ).Elle améliore leur santé squelettique et cardio-vasculaire, leur fertilité et leur capacité de survie globale, et elle est généralement considérée comme améliorante de bien-être à long terme de ces animaux par rapport à l'accès aux aliments ad libitum (Renema et Robinson, 2004 ; D'eath et al. , 2009).

### **VII-3-2) Effets négatifs:**

La restriction pourrait parfois entraîner la suppression du système immunitaire systémique (Cook, 1991), et susciter des problèmes de bien-être induits par des comportements anormaux tel que la compétition sévère, picage de nourriture, marche inconfortable, frustration, etc. (de Jong et al., 2003).

Arnould et al. (2011) ont observé une augmentation du nombre d'agressions chez les animaux restreints par rapport aux animaux non restreints. Ces agressions surviennent entre les mâles et les femelles aux abords de mangeoires. Par ailleurs, il est très important de veiller à ce que les mâles n'atteignent pas leur maturité sexuelle avant les femelles, ce qui pourrait conduire à des agressions de la part des mâles et à une augmentation du nombre de blessures chez les femelles.

### **VII-4) Effet de la restriction alimentaire sur les maladies métaboliques :**

Une croissance rapide et précoce chez les poulets de chair modernes est associée à un stress accru et peut entraîner des maladies métaboliques et des troubles osseuses qui entraînent des pertes économiques en raison de la baisse des performances des animaux, des taux de mortalité élevés et de la condamnation des carcasses dans les abattoirs (Cuddington, 2004). Les avantages d'une restriction alimentaire précoce, sont les économies monétaires obtenues par une meilleure conversion alimentaire, une réduction du syndrome de mort subite (Bhatt et Banday, 2000), une réduction des décès, des ascites (Arce et al., 1992) et une réduction des maladies osseuses (Robinson et al. , 1992).

**VII-4-1) Effet de la restriction alimentaire sur ascites :**

Il a été démontré que le taux de croissance ou le gain de poids corporel des poulets de chair est corrélé positivement avec l'incidence de l'ascite. Les poulets de chair génétiquement sélectionnés pour une croissance musculaire rapide semblent plus sensibles à l'ascite que les souches à croissance lente. La manipulation du cycle de croissance précoce des poulets de chair, avec un gain compensatoire ultérieur, semble une méthode pratique et viable pour minimiser les pertes causées par l'ascite (Sahraei, 2012). Dans ce contexte, divers programmes de restriction alimentaire ont été testés.

Acar et al. (1995) ont étudié l'effet de la restriction alimentaire du jeune âge sur la croissance ultérieure et l'incidence de l'ascite chez les poulets de chair. Un régime de restriction alimentaire a été utilisé à partir de l'âge de 4 à 11 jours ou de 7 à 14 jours, consistant à limiter l'apport quotidien des oiseaux à 75% de l'EM requise pour une croissance normale. Bien que la mortalité par ascite puisse être considérablement réduite chez les oiseaux à alimentation restreinte, il y a eu une diminution du poids corporel et du rendement en viande de poitrine chez les oiseaux avec restriction par rapport aux oiseaux nourris à plein régime. L'augmentation de l'incidence de l'ascite chez les poulets de chair coïncide avec des améliorations génétiques et nutritionnelles continues dans l'amélioration de l'efficacité alimentaire et du taux de croissance (Sahraei, 2012).

**VII-4-2) Effet de la restriction alimentaire sur les Syndromes de mort subite (SDS) :**

Les maladies importantes qui, dans les recherches sur la restriction alimentaire, ont été intéressées, est SDS, ce problème est un propre facteur coûteux dans l'industrie de la production de poulets de chair. Il est plus fréquent chez les mâles lorsque leur taux de croissance est maximum. La mortalité peut commencer dès 3 à 4 jours, mais culmine le plus souvent vers l'âge de 3 à 4 semaines. La mortalité peut être entre 1,5 et 2,0% dans les troupeaux mixtes et jusqu'à 4% dans les troupeaux mâles seulement (George, 2007) cité par sahraei (2012).

Dans les expériences de Bowes et al. (1998) avec une restriction alimentaire, environ 25% de la consommation alimentaire à volonté ont montré que la présence de SDS dans les groupes restreints est de 0% et dans les groupes à consommation alimentaire à volonté a été de 3,33%.

**VII-4-3) Effet de la restriction alimentaire sur Troubles des jambes :**

Chez les oiseaux en croissance de souches de type viande, qui ont été sélectionnées depuis 50 ans pour une croissance rapide, les défauts squelettiques les plus courants se produisent dans les os des jambes et les articulations. Robinson et al. (1992) ont démontré qu'une restriction alimentaire sévère la deuxième semaine de croissance a considérablement réduit l'incidence des maladies osseuses chez les poulets de chair. Ces chercheurs ont rapporté dans trois expériences distinctes que, l'incidence des maladies du squelette était trois fois plus élevée chez les oiseaux nourris ad libitum que chez les oiseaux dont l'alimentation était restreinte.

Une réduction de l'incidence des troubles des jambes et un syndrome de mort subite a également été observé chez des poulets de chair exposés à lumière intermittente ou régime d'éclairage intensif (Ononiwu et al., 1979 ; Wilson et al., 1984).

# **Chapitre3**

## **Etat de connaissances et utilisation**

Les programmes de restriction sont l’une des principales techniques pour manipuler la courbe de croissance pour poulet de chair. La restriction alimentaire quantitative et qualitative sont des procédures qui peuvent être utilisés pour améliorer l’efficacité alimentaire et réduire l’incidence de certains métabolismes tels que : l’ascite, les syndromes de mort subite ainsi pour réduire le dépôt de graisse pour répondre à la demande de consommateur (Sahrai, 2012).

Plusieurs auteurs ont mené des recherches pour étudier les effets de différentes méthodes de restriction, parmi les principales recherches effectuées nous avons cité quelques-unes.

**1) La restriction alimentaire quantitative :**

Une expérience a été menée par Bouallegue et Aschi (2015) pour étudier l’effet d’une phase de restriction alimentaire quantitative sur le poids vif du poulet de chair et évaluer les performances de croissance compensatrice.

Des poulets ont subi une restriction alimentaire de 8 jours successives (16-23 jours), à des niveaux différents (10% , 20%, 30%) ,après avoir été réparti en un lot témoin alimenté ad libitum et trois lots restreints, puis à partir de 23 jours tous les poulets ont été alimenté ad libitum jusqu’à la fin de l’expérimentation (42 jours d’âge). Les résultats de cette expérience sont présentés dans le (Tableau 06) :

**Tableau 06) :** Les résultats d’une restriction alimentaire quantitative sur les performances du poulet de chair.

| Source                     | Type de restriction                  | Taux de restriction                     | Conclusion  |
|----------------------------|--------------------------------------|---|---|
| Bouallegue et Aschi (2015) | Restriction alimentaire quantitative | Lot 1 :10%<br>Lot 2 : 20%<br>Lot 3 :30% | Avec une restriction intermédiaire de 20% durant huit jours a donné les résultats les plus favorables. Elle a induit une croissance compensatrice suffisante pour atteindre un poids corporel final acceptable avec une réduction de la quantité d’aliment consommée. |

## 2) La restriction alimentaire physique :

Une expérience a été menée par Alkhair (2019) pour étudier l'effet de la restriction alimentaire physique sur les performances du poulet de chair pendant la période de démarrage.

24 poussins d'un jour, de souche (Hubbard) ont été répartis au hasard en six groupes, un groupe témoin nourri ad libitum et 5 groupes restreints ont été soumis à un programme de restriction de 8 à 28j, les poussins ont été limités à certains pourcentage de l'apport ad libitum (90%, 80%, 60%, 50%), une période de réalimentation a duré 14 j. Les résultats de cette expérience sont résumés dans le (Tableau 07) :

**Tableau 07)** : Effet de la restriction physique de l'alimentation pendant la période de démarrage sur les performances des poulets de chair.

| Source         | Type de restriction              | Taux de restriction    | Conclusion   |
|----------------|----------------------------------|------------------------|--|
| Alkhair (2019) | Restriction alimentaire physique | 90%,80%,70%<br>60%,50% | Les résultats de cette étude ont rapporté que les oiseaux restreints à 50% avaient un poids corporel inférieur à ceux de témoins.<br><br>La gravité et la durée du programme de restriction alimentaire appliqué dans cette étude nécessite une période de réalimentation plus longue pour permettre une croissance compensatrice. |

3) La dilution du régime :

Atappattu et silva (2016) ont mené une étude pour étudier les effets de la dilution des régimes alimentaire avec des matières inertes ou moins nutritive sur les performances du poulet de chair.

Les régimes ont été dilués avec le son du blé, le sable, la farine de feuilles de moniac, la farine de feuilles de goliricidia, la farine d’herbe.

147 poussins ont été répartis en un groupe témoin nourri ad libitum et six groupes nourris avec des régimes dilués. Les régimes ont été administrés du 27 au 40ème jour.

Les résultats de cette étude sont résumés dans le (Tableau 08) :

**Tableau 8)** : Effet de la dilution graduelle de l'alimentation avec des matières nutritives inertes ou moins nutritives sur les performances de croissance, et le coût de l'alimentation.

| Source                    | Type de restriction | Taux de dilution des régimes   | Conclusion   |
|---------------------------|---------------------|--|--|
| Atappattu et silva (2016) | Dilution de régime  | 2% de la farine des feuilles de manioc<br>4% de la farine de feuilles de gliricidia<br>6% la farine de l’herbe<br>8% son de riz<br>10% sable<br>10% sciure | Atappattu et silva ont conclu que nourrir les poulets de chair avec des régimes progressivement dilués avec du son de riz ou du sable donne des performances de croissance comparables à ceux nourris avec un régime témoin et réduit le coût de l'alimentation.<br><br>Parmi les matériaux testés, le son de riz est recommandé comme meilleur candidat pour un tel programme de dilution progressive des aliments. |

**4) Utilisation des régimes à faible teneur en protéines ou en énergie :**

Xu et al. (2017) ont mené une expérience pour étudier les effets de la restriction alimentaire sur les performances du poulet de chair en utilisant des régimes de 8 à 14j dont les niveaux d'énergie et de protéines ont été dilués à 10% .

L'expérience a compté 180 poulets de chair (Arbor acres) séparés en 2 groupes, un groupe témoin et un groupe restreint nourri avec un régime à 10% de niveau d'énergie et de protéine. Les résultats de cette étude sont résumés dans le (Tableau 09) :

**Tableau 9) :** Effet d'une restriction alimentaire précoce sur les performances de croissance du poulet de chair.

| Source           | Type de restriction   | Taux de restriction                                | Conclusion  |
|------------------|---|--|---|
| Xu et al. (2017) | Utilisation des régimes à faible teneur en énergie et en protéine | Réduction de niveau d'énergie et de protéine à 10% | La réduction des protéines et d'énergie à 10% de 8 à 14j a amélioré la croissance du poulet de chair et n'a pas d'influence secondaire.<br><br>Les protéines alimentaire et l'énergie réduites à 10% est un programme d'alimentation approprié qui peut impliquer dans la production de poulet de chair |

**5) Sauter une journée d'alimentation :**

Alkhair et al. (2017) ont mené une expérience pour étudier l'effet de limiter le temps d'alimentation de 3h à 6h par jour pendant la période de démarrage sur les performances du poulet de chair

120 poussins ont subi une restriction alimentaire de 8 à 28j, ces poussins ont été répartis en 3 groupes, un groupe témoin : 24h d'alimentation, 2ème groupe : retrait d'aliment de 9h à 12h (3h de jeûne), 3ème groupe : retrait d'aliment de 9h à 15h (6h de jeûne).

L'expérience à durée de 8 à 37j. Les résultats de cette étude sont résumés dans le (Tableau 10) :

**Tableau 10) :** L'effet de la limitation du temps d'alimentation de trois à six heures par jour pendant la période de démarrage sur les performances des poulets de chair.

| Source                | Type de restriction | Taux de restriction   | Conclusion  |
|-----------------------|---------------------|---|---|
| Alkhair et al. (2017) | Retrait d'aliment   | Retrait d'aliment de 9h à 12h (3h jeûne)<br>Retrait d'aliment de 9h à 15h (6h de jeûne) | Les poulets dont le temps d'alimentation a été retrait de 3h ou 6h pendant 8-28j ont pu compenser la perte de poids durant la période de restriction et ont le même poids que ceux nourris ad libitum |

**6) Programmes d'éclairage :**

Mahmud et al. (2011) ont mené une expérience pour étudier l'effet de différents programmes d'éclairage sur la consommation alimentaire du poulet de chair, l'efficacité alimentaire, ainsi sur le poids corporel.

La présente étude a été menée sur des poulets de chair commerciaux âgés de 200 jours. Tous les poussins ont été initialement pesés et incubés à une température de 32 à 35 °C et sous une lumière continue jusqu'à 2 semaines d'âge. L'alimentation et l'eau étaient fournies ad libitum. Au début du 3<sup>ème</sup> semaine ,180 poussins sains ont été sélectionnés et ont été répartis au hasard en trois groupes de 60 poussins. Chaque groupe a été subdivisé en 3 répétitions de 20 poussins, chacun de ces trois groupes a été maintenu dans des lots distincts du même bâtiment et ont été exposés à différents régimes d'éclairage : groupe A : comme contrôle (lumière continue), Groupe B : lumière d'une heure, 2 heures d'obscurité avec lumière du jour

continue, et Groupe C : lumière d'une heure ,3 heures d'obscurité avec lumière du jour continue. Les résultats de cette expérience sont résumés dans le (Tableau 11) :

**Tableau 11):** Effet de différents régimes d'éclairage sur les performances des poulets de chair.

| Source               | type de restriction   | Taux de restriction   | Conclusion   |
|----------------------|-----------------------|---|--|
| Mahmud et al. (2011) | Programme d'éclairage | <p>Groupe A : témoin : lumière continue</p> <p>Groupe B : lumière d'une heure, 2 heures d'obscurité avec lumière du jour continue.</p> <p>Groupe C : lumière d'une heure ,3 heures d'obscurité avec lumière du jour continue.</p> | <p>Le système d'éclairage intermittent a provoqué une augmentation significative du gain de poids moyen par rapport au système d'éclairage continue.</p> <p>Le gain de poids en éclairage intermittent de 1 heure de lumière et 3 heures d'obscurité était significativement meilleur que ceux de la lumière continue et intermittente de 1 heure de lumière et 2 heures d'obscurité.</p> <p>La consommation alimentaire chez les groupes 2 et 3 était inférieure par rapport au groupe avec lumière continue.</p> <p>Le rapport de conversion d'alimentation avec la lumière intermittente des groupes 2 et 3 était significativement meilleur que ceux avec la lumière continue.</p> |

### 7) La restriction minérale :

Une étude a été effectuée pour confirmer et mieux comprendre les mécanismes sous-jacentes de la capacité d'adaptation et d'identifier la fenêtre optimale d'application d'une restriction minérale chez le poulet en croissance.

Un total de 2400 poulets cobb 500 mâles ont été utilisé pour étudier différentes séquences alimentaires constituées de périodes successives de restriction en phosphore (p) et calcium (ca). Sur chaque phase (P1 :0-4j ; P2 :5-8j ; P3 :9-18j), les animaux ont reçu un aliment contrôle (C) ou un aliment restreint (R) avec des teneurs réduites en p et ca (P1 et P2 :-30% ; P3 :-15% par rapport à un aliment contrôle. Cinq séquences alimentaires ont été étudiées : CCC, RRC, RCC, CRC et RCR.

Les résultats de cette expérience sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 12) :** Effets d'une restriction minérale sur la croissance du poulet de chair.

| Source                    | Type de restriction  | Taux de restriction   | Conclusion  |
|---------------------------|----------------------|---|---|
| Anne-Sophie et al. (2017) | Restriction minérale | -Phase 1 et 2 : -30% par rapport à un aliment contrôle<br><br>-Phase 3 : -15% par rapport à un aliment contrôle | Les animaux qui ont reçu le régime alimentaire RCR en ont été plus efficaces à utiliser le calcium ingéré.<br><br>Le régime RCR a amélioré la digestibilité iléale du calcium et de phosphore à j 18.<br><br>La restriction minérale engendre des diminutions de minéralisation osseuse et le poulet réagit en augmentant son efficacité de dépôt de phosphore et calcium |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  |  |  | <p>Cette étude montre que quelle que soit la période et la durée de la restriction initiale entre 0 et 8 J, le retard de minéralisation des poulets sera rattrapé à 18 J.</p> <p>Et montre aussi que le conditionnement des oiseaux pour optimiser leur efficacité d'utilisation fait partie des stratégies de baisse de P pour augmenter la durabilité de la production.</p> |
|--|--|--|---|

# Conclusion

## Conclusion

---

D'après les recherches effectuées, nous avons constaté que la technique de restriction alimentaire dans l'élevage des poulets de chair :

Se pratique avec de nombreuses méthodes :

- La restriction alimentaire physique
- Sauter une journée d'alimentation ou retrait de l'aliment
- Dilution de régime alimentaire
- Utilisation des régimes à faible teneur en protéines ou en énergie
- Méthodes chimiques
- Programme d'éclairage
- Texture d'aliment
- La restriction minérale

A pour objectifs :

- Améliorer l'efficacité énergétique de l'utilisation de l'alimentation par le poulet de chair.
- Produire une carcasse plus maigre
- Réduire le coût de production
- Diminuer la fréquence de pathologies associées à une vitesse de croissance élevée
- Réduire la mortalité totale, les maladies métaboliques, les anomalies intestinales et osseuses des jambes.

La technique de restriction alimentaire se base sur un consensus général indiquant qu'un retard de croissance à l'âge jeune induit par la suite une croissance accélérée, connue sous le nom de croissance compensatrice pour produire un poids corporel commerciale similaire à ceux de groupes témoins. Plusieurs facteurs qui peuvent influencer cette croissance au cours de la période de réalimentation, tel que la sévérité et la durée de sous-alimentation aussi bien que l'âge au début de la restriction. Le temps entre l'âge au début de la restriction et l'âge à l'abattage détermine évidemment la capacité de la volaille à réaliser la croissance compensatrice.

# Références bibliographiques

## *Références bibliographiques*

---

**Abdollahi M. R., Ravindran V., Svihus B. 2013.** Influence of grain type and feed form on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of nitrogen, starch, fat, calcium and phosphorus in broiler starters. *Animal Feed Science and Technology*, 186(3-4), 193-203.

**Abubakar A., Bashar Y. A., Eguke, B. O. C. 2006.** Pearl millet as substitute for maize in the diets of broiler chickens in Sokoto, Nigeria. *Tropical Journal of Animal Science*, 9(2), 53-61.

**Abubakar A., Bello A., Tukur M., Bashar Y. A. 2011.** Whole millet in the diet of broiler starter in a semi-arid environment of Nigeria. *Value Re-orientation in Animal Production: A Key to National Food Security and sustainable Economy*, 481-483.

**Acar N., Sizemore F. G., Leach G. R., Wideman R. F., Owen R. L., Barbato G. F. 1995.** Growth of broiler chickens in response to feed restriction regimens to reduce ascites. *Poultry science*, 74(5), 833-843.

**Adeola O., Rogler J. C., Sullivan T. W. 1994.** Pearl millet in diets of White Pekin ducks. *Poultry science*, 73(3), 425-435.

**Adeyemo G. O., Badmus R. T., Longe O. G., Ologhobo A. D. 2017.** Effect of Ad-libitum, split and restricted feeding on performance, digestibility and welfare of broiler chicken. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria, page 1-7.

**Adjou K., Kaboudi K. 2013.** Démarrage du poulet de chair : une étape clé pour la conduite de la bande. *Semaine vétérinaire* n°1552 du 20/9/2013.

**Afolayan M. O., Afolayan M. 2008.** Nigeria oriented poultry feed formulation software requirements. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(11), 1596-1602.

**Ahn D.U., Sunwoo H.H., Wolfe F.H., Sim J.S. 1995.** Effects of dietary alpha-linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition, storage stability and flavor characteristics chicken egg. *Poult Sci*, 74, 1540-1547.

## *Références bibliographiques*

---

**Ajayi F.O, Ejiofor O. 2009.** Effects of genotype X sex interaction on growth and some development characteristics of Ross and Anak broiler strains in the high rainforest zone of Nigeria. *Asian J Poult Sci*, 3, 51-56.

**Albuquerque R., de Faria D. E., Junqueira O. M., Salvador D., de Faria Filho D. E., Rizzo M. F. 2003.** Effects of energy level in finisher diets and slaughter age of on the performance and carcass yield in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 5(2), 99-104.

**Alkhair S. M. 2019.** The effect of physical feed restriction during the starter period on broilers performance. *International Journal of Livestock Production*, 10(1), 1-8.

**Alkhair S. M., Musharaf N. A., Hamid I. I., Alkurdi O. I. 2017.** The effect of limiting feeding time by three and six hours per day during the starter period on broiler performance. *International Journal of Livestock Production*, 8(8), 125-130.

**Alloui N. 2011.** Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie. Service des Sciences Avicoles, Département Vétérinaire, Université Hadj Lakhdar de Batna, Algérie, 1.

**Almasad M., Altahat E., Al-Sharafat A. 2011.** Applying linear programming technique to formulate least cost balanced ration for white eggs layers in Jordan. *International Journal of Empirical Research*, 1(1), 112-120.

**Amato S. V., Forrester R. R. 1995.** Evaluation of pearl millet as a feed ingredient for broiler rations. In *Proceedings*.

**Andrews J. 1991.** Pelleting: a review of why, how, value and standards. *Poultry Digest*, 50(8), 64-71.

**Anh N. T. L., Kunhareang S., Duangjinda M. 2015.** Association of chicken growth hormones and insulin-like growth factor gene polymorphisms with growth performance and carcass traits in Thai broilers. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 28(12), 1686.

**Arce J., Berger M., Coello C. L. 1992.** Control of ascites syndrome by feed restriction techniques. *Journal of Applied Poultry Research*, 1(1), 1-5.

## *Références bibliographiques*

---

**Arnould C., Michel V., Duval E. 2011.** Sélection génétique et bien-être des poulets de chair et des reproducteurs. *INRA Productions Animales*, 24(2), 165-170.

**Atapattu N. S. B. M., Silva L. M. S. 2016.** Effects of gradual feed dilution with inert or less nutritive materials on growth performance, feed cost and meat organoleptic properties of broiler chicken. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(3), 427-434.

**Awad E. A., Zulkifli I., Farjam A. S., Chwen L. T., Hossain M. A., Aljuobori A. 2016.** Effect of low-protein diet, gender and age on the apparent ileal amino acid digestibility in broiler chickens raised under hot-humid tropical condition. *Indian Journal of Animal Sciences*, 86(6), 696-701.

**Ballay M., Dunnington E. A., Gross W. B. 1992.** Restricted feeding and broiler performance: age at initiation and length of restriction. *Poultry science*, 71(3), 440-447.

**Balog J. M., Millar R. I. 1989.** Influence of the sense of taste on broiler chick feed consumption. *Poultry science*, 68(11), 1519-1526.

**Balogun T.F., Bawa G.S., Adewumi I., Olumeyan D.B. 1997.** Effect of age and sex of egg strain chickens and of two stocking densities of broilers on voluntary water intake and performance in a sub-humid environment. *Trop. Anim. Health Prod.*, 29 (2), 117-23.

**Balogun T.F., Bawa G.S., Adewumi I., Olumeyan D.B. 1997.** Effect of age and sex of egg strain chickens and of two stocking densities of broilers on voluntary water intake and performance in a sub-humid environment. *Trop. Anim. Health Prod.*, 29 (2), 117-23.

**Barbato F., Vasilatos-Younken R. 1991.** Sex-linked and maternal effects on growth in chickens. *Poult. Sci.*, 70, 709-718.

**Barbato G.F. 1991.** Genetic architecture of growth curve parameters in chickens. *Theor. Appl. Genet.*, 83, 24-32.

**Barbé F., Sacy A., Bertaud B., Chevaux E., Castex M. 2017.** Optimization of starter period in broilers by supplying a novel association of specific yeast fractions [Conference poster]. 12e Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras (JRA-JRPFPG 2017), 5 & 6 avril 2017, Tours, France, 597-601.

## *Références bibliographiques*

---

**Barot H. G., E. M. Pringle. 1951.** The effect of environment on growth and feed sand water consumption of chickens. 4. The effect of light on early growth. *J. Nutr.* 45,265–274.

**Bastianelli D., Rudeaux F. 2003.** L'alimentation du poulet de chair en climat chaud In: la production de poulets de chair en climat chaud. Paris: ITAVI. Page 70-76.

**Behnke K. C. 1994.** Factors affecting pellet quality. Maryland Nutrition Conference. Dept. of Poultry Science and animal Science, collage of Agricultural, University of Maryland, collage Park.

**Beker A., Teeter R. G. 1994.** Drinking water temperature and potassium chloride supplementation effects on broiler body temperature and performance during heat stress. *Journal of Applied Poultry Research*, 3(1), 87-92.

**Belda X., Fuentes S., Daviu N., Nadal R., Armario A. 2015.** Stress-induced sensitization: the hypothalamic–pituitary–adrenal axis and beyond. *Stress*, 18(3), 269-279.

**Benyi K., Acheampong -Boateng O., Norris D., Mathoho M., Mikasi M.S. 2009.** The response of Ross 308 and Hybro broiler chickens to early and late skip-a-day feed restriction. *Trop. Anim. Health Prod.*, 41, 1707–1713.

**Beski S.S.M., Al-Sardary S.Y.T. 2015.** Effects of dietary supplementation of probiotic and symbiotic on broiler chickens hematology and intestinal integrity. *Int. J. Poult. Sci.* 14, 31-36.

**Bhat G.A., Banday M.T. 2000.**Effect of feed restriction on the performance of broiler chickens during the winter season. *Indian J. of Poult. Sci.* 35,112-114.

**Bigot K., Tesseraud S., Taouis M., Picard M. 2001.**Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair. *Productions Animales* 4 (14), 219-230.

**Bouvarel I., Lessire M., Narcy A., Duval E., Grasteau,S., Quinsac,A. Peyronnet C.,Tran G. , Heuze, V. 2014.** Des sources de protéines locales pour l'alimentation des volailles: quelles voies de progrès?. *OCL*, 21(4), D405.

**Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Larroude P., Boutten B., Leterrier C., Merlet F.,Vilarino M., Roffidal L., tesseraud S., Castaing J., Picard M. 2004.** Sequential feeding programs for broiler chickens: twenty-four-and forty-eight-hour cycles. *Poultry Science*, 83(1), 49-60.

## *Références bibliographiques*

---

**Bouvarel I., Tesseraud S., Leterrier C. 2010.** L'ingestion chez le poulet de chair: n'oublions pas les régulations à court terme. *INRAE Productions Animales*, 23(5), 391-404.

**Bowes V. A., Julian R. J., Leeson S., Stirtzinger T. 1988.** Research note: effect of feed restriction on feed efficiency and incidence of sudden death syndrome in broiler chickens. *Poultry Science*, 67(7), 1102-1104.

**Brah N., Houndonougbo M. F., Issa S. 2015.** Etapes et méthodes de formulation d'aliment de volaille: Une synthèse bibliographique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(6), 2924-2931.

**Bregendahl K., Sell J.L., Zimmerman D.R., 2002.** Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks. *Poult. Sci.*, 81, 1156-1167.

**Bryden W.L., Selle P.H., Cadogan D.J., Li X, Muller N.D., Jordan D.R. 2009.** A review of the nutritive value of sorghum in broilers. Kingston, Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.

**Buldgen A., Parent R., Steyart P., Legrand D. 1996.** Aviculture semi industrielle en climat tropical guide pratique Gembloux: les presses agronomiques de Gembloux, 122p.

**Burton G. W., Wallace A. T., Rachie K. O. 1972.** Chemical composition and nutritive value of pearl millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Stapf and EC Hubbard) grain 1. *Crop Science*, 12(2), 187-188.

**Butzen F. M., Vieira M. M., Kessler A. M., Aristimunha P. C., Mar F. R., Bockor L., Ribeiro A. M. L. 2015.** Early feed restriction in broilers. II: Body composition and nutrient gain. *Journal of Applied Poultry Research*, 24(2), 198-205.

**Buyse J., Decuypere E., Berghman L., Kuhn E. R., Vandesande F. 1992.** Effect of dietary protein content on episodic growth hormone secretion and on heat production of male broiler chickens. *British Poultry Science*, 33(5), 1101-1109.

**Buyse J., Kühn E. R., Decuypere E. 1996.** The Use of Intermittent Lighting in Broiler Raising.: 1. Effect on Broiler Performance and Efficiency of Nitrogen Retention. *Poultry Science*, 75(5), 589-594.

## *Références bibliographiques*

---

**Cabel M. C., Waldroup P.W. 1990.** Effect of different nutrient-restriction programs early in life on broiler performance and abdominal fat content. *Poultry Science*, 69(4), 652-660.

**Campos D. 2006.** Sorghum effect on performance, carcass characteristics and mucosal development of broilers .Msci Diss. Faculdade De Ciências Agrarias Eveterinarias/Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Sao Paulo, Brazil.

**Carre B., Mignon-Grasteau S., Peron A., Juin A.H., Bastianelli D. 2007.** Wheat value: improvements by feed technology, plant breeding and animal genetics. *World's Poult. Sci. J.*, 63, 585–596.

**Cartoux P., 2010.** Alimentation des bovins viande : Distribuer des pois ou des féveroles. Normondie.

**Chagneau A. M., Bessonneau D., Bouchot C., Lescoat P., Picard, M., Lessire M. 2006.** Broiler short-term feed preferences measured with SRAbox, a new feed choice procedure. *Poultry science*, 85(4), 808-815.

**Chagneau A. M., Lecuelle S., Lescoat P., Guillaumin J. M., Quentin M., Bouvarel I. 2009.** Influence of feed distribution and form on fast-growing type chickens. *World Poultry Science Association (WPSA), Proceedings of the 8th Avian French Research Days*, 25-26 March 2009, St Malo, France.

**Chamblee T.N., Brake J.D., Schultz C.D., Thaxton J.P. 1992.** Yolk sac absorption and initiation of growth in broiler. *Poult. Sci.*, 71, 1811-1816.

**Charles D.R. 2002.** Responses to the thermal environment. In.: *Poultry environment problems, A guide to solutions* (Charles, D.A. and Walker, A.W. Eds.), Nottingham University Press, Nottingham, United Kingdom, 1-16.

**Cherian G., Wolfe F.W., Sim J.S .1996.** Dietary oils with added tocopherols: effects on eggs or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. *Poult.Sci.*, 75, 423-431.

**Cherry J. A., Siegel P. B., Beane W. L. 1978.** Genetic-nutritional relationships in growth and carcass characteristics of broiler chickens. *Poultry Science*, 57(6), 1482-1487.

## *Références bibliographiques*

---

**Cherry P., Barwick M. W. 1962.** The effect of light on broiler growth: II. Light patterns. *British Poultry Science*, 3(1), 41-50.

**Chewning C. G., Stark C. R., Brake J. 2012.** Effects of particle size and feed form on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, 21(4), 830-837.

**Classen H. L., Riddell C. 1989.** Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poultry Science*, 68(7), 873-879.

**Clavé H., Tusek J. L., Quentin, M. 2011.** Use of feed presentation (pellet or mash) to optimize growth performance of slow growing chickens [Conference poster]. Actes des 9èmes Journées de la Recherche Avicole, 29 et 30 mars 2011, Tours, France, 408-411.

**Collier G., Johnson D. F. 2004.** The paradox of satiation. *Physiology & behavior*, 82(1), 149-153.

**Collin A., Malheiros R. D., Moraes V. M., Van As P., Darras V. M., Taouis M., Decuypere E., Buyse, J. 2003.** Effects of dietary macronutrient content on energy metabolism and uncoupling protein mRNA expression in broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, 90(2), 261-269.

**Cook M. E. 1991.** Nutrition and the immune response of the domestic fowl. *Critic reviews in poultry biology*, 3(3), 167-189.

**Corzo A., Mejia L., Loar II R. E. 2011.** Effect of pellet quality on various broiler production parameters. *Journal of Applied Poultry Research*, 20(1), 68-74.

**Cozannet P., Lessire M., Gady C., Primot Y., Geraert P. A., Le Tutour L., Skiba F., Noblet J. 2010.** Valeur nutritive des drêches de blé et de maïs pour les volailles. *INRA Productions Animales*, 23(5), 405-414.

**Crouch A. N. 2000.** The effects of physical feed restriction on economic impact. PhD thesis, North Carolina State University, U.S.A.

**Cuddington S. 2004.** High energy diets affect broiler chicken welfare. Accessed on, 10.

**De Jong I. C., van Voorst A. S., Blokhuis H. J. 2003.** Parameters for quantification of hunger in broiler breeders. *Physiology & behavior*, 78(4-5), 773-783.

## *Références bibliographiques*

---

**Dean D. W., Bidner T. D., Southern L. L. 2006.** Glycine supplementation to low protein, amino acid-supplemented diets supports optimal performance of broiler chicks. *Poultry Science*, 85(2), 288-296.

**D'Eath R. B., Tolkamp B. J., Kyriazakis I., Lawrence A. B. 2009.** Freedom from hunger and preventing obesity: the animal welfare implications of reducing food quantity or quality. *Animal Behaviour*, 77(2), 275-288.

**Deaton J. W. 1995.** The effect of early feed restriction on broiler performance. *Poultry science*, 74(8), 1280-1286.

**Deeb N., Lamont S .J .2002.** Genetic Architecture of growth and body composition in unique chicken population. *J Heredity*, 93, 107-118.

**Dibner J.J., Knight C.D., Ivey F.J. 1998.** The feeding of the neonatal poultry. *World Poult. Sci.*, vol. 17, 5, 36-40.

**Djekic V., Mitrovic S., Milovanovic M., Djuric N., Kresovic B., Tapanarova A., Djermanovic V., Mitrovic M. 2011.** Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant animals. *African Journal of Biotechnology*, 10(30), 5697-5704.

**Dozier III W. A., Behnke K. C., Gehring C. K., Branton S. L. 2010.** Effects of feed form on growth performance and processing yields of broiler chickens during a 42-day production period. *Journal of Applied Poultry Research*, 19(3), 219-226.

**Dozier III W. A., Lien R. J., Hess J. B., Bilgili S. E., Gordon R. W., Laster C. P., Vieira S. L. 2002.** Effects of early skip-a-day feed removal on broiler live performance and carcass yield. *Journal of Applied Poultry Research*, 11(3), 297-303.

**Dvorin A., Zoref Z. I. P. O. R. A., Mokady S. H. O. S. H. A. N. A., Nitsan, Z. A. F. R. I. R. A. 1998.** Nutritional aspects of hydrogenated and regular soybean oil added to diets of broiler chickens. *Poultry science*, 77(6), 820-825.

**Emmert J. L., Baker D. H. 1997.** Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 6(4), 462-470.

## *Références bibliographiques*

---

**Erdaw M. M., Beyene W. T. 2018.** Anti-nutrients reduce poultry productivity: influence of trypsin inhibitors on pancreas. *Asian J Pouls Sci*, 12(1), 1-12.

**Esmail S. H. 2013.** Factors affecting feed intake of chickens. *World Poultry*, 29(1), 15-17.

**Etuk E. B., Ifeduba A. V., Okata U. E., Chiaka I., Okoli I. C., Okeudo N. J., Esonu B.O., Udedibie A.B.I., Moreki, J. C. 2012.** Nutrient composition and feeding value of sorghum for livestock and poultry: a review. *J. Anim. Sci. Adv*, 2(6), 510-524.

**Fairchild . D., Ritz C. W. 2009.** Poultry drinking water primer. Cooperative Extension. The University of Georgia, Athens. Bulletin 1301.

**Fairfield D. A. 2003.** Pelleting for Profit - Feed and Feeding Digest.Natl. Grain Feed Assoc. Part 1. 54:1-5.

**Fancher B. I., Jensen L. S. 1988.** Induction of voluntary feed intake restriction in broiler chicks by dietary glycolic acid supplementation. *Poultry Science*, 67(10), 1469-1482.

**Fancher B. I., Jensen L. S. 1989.** Dietary protein level and essential amino acid content: Influence upon female broiler performance during the grower period. *Poultry science*, 68(7), 897-908.

**Farghly M. F. A., Metwally M. A., Ali R. M., Ghonime M. E. 2016.** Effects of light flash and vitamin D3 levels and their interaction on productive and reproductive performance of Dandrawi chickens. In *Egyptian Anim. Prod.*, 7th International Animal Conference (pp. 10-13).

**Farjo G. Y., Al-Saigh A. S., Ibrahim I. K. 1986.** Effects of dietary dilution with sand on broiler performance to 8 weeks of age. *British Poultry Science*, 27(3), 385-390.

**Ferket P. R., Gernat A. G. 2006.** Factors that affect feed intake of meat birds: A review. *Int. J. Poult. Sci.*, 5(10), 905-911.

**Fisher C. 1984.** Fat deposition in broilers. In: *Fats in Animal Nutrition*. Eds.: Wiseman, Butterworths, London, Boston, 437-470.

**Garcia R. G., Mendes A. A., Costa C., Paz I. C. L. A., Takahashi S. E., Pelícia K. P., Komiyama C.M., Quinteiro, R. R. 2005.** Effects on performance and meat quality of

## *Références bibliographiques*

---

replacing corn with sorghum in a broiler diet. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57(5), 634-643.

**Gatel F., Lavorel O., Fekete J., Grosjean F., Castaing J. 1985.** In: *Genetics and breeding of triticale* (Bernard M., Bernard S., eds), INRA, Paris, France, 659-670.

**Gentle M.J., Breward J., 1986.** The bill tip organ of the chicken. *J. Anat.*, 145, 79-85.

**Giachetto P. F., Guerreiro E. N., Ferro J. A., Ferro M. I. T., Furlan R. L., Macari M. 2003.** Performance and hormonal profile in broiler chickens fed with different energy levels during post restriction period. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(6), 697-702.

**Giachetto P. F., Guerreiro E. N., Ferro J. A., Ferro M. I. T., Furlan R. L., Macari M. 2003.** Performance and hormonal profile in broiler chickens fed with different energy levels during post restriction period. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(6), 697-702.

**Gonzales E., Byuse J., Loddi M.M., Takita S., Buys N., Decuypere E. 1998.** Performance, incidence of metabolic disturbances and endocrine variables of food-restricted male broiler chickens. *Brit. Poultry Sci.*, 39, 671–678.

**Gous R. M., Cherry P. 2004.** Effects of body weight at, and lighting regimen and growth curve to, 20 weeks on laying performance in broiler breeders. *British Poultry Science*, 45(4), 445-452.

**Govaerts T., Room G., Buyse J., Lippens M., De Groote G., Decuypere E. 2000.** Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 2. Effects on allometric growth and growth hormone secretion. *British poultry science*, 41(3), 355-362.

**Gutierrez del Alamo A., Verstegen M. W. A., Den Hartog L. A., De Ayala P. P., Villamide M. J. 2008.** Effect of wheat cultivar and enzyme addition to broiler chicken diets on nutrient digestibility, performance, and apparent metabolizable energy content. *Poultry science*, 87(4), 759-767.

**Hancock E., Bradford G.D., Emmans G.C. Gous R.M. 1995.** The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 36, 247-264.

## *Références bibliographiques*

---

**Hancock J.D. 2000.** Value of sorghum and sorghum co-products in diets for livestock. In: Sorghum Origin, History, Technology and Production. Wiley Series Crop Sci. Smith and R. A.Fredericksen (ed.), 731–751.

**Haskell M. J., Vilarino M., Savina M., Atamna J., Picard M. 2001.** Do broiler chicks have a cognitive representation of food quality?: Appetitive, behavioural and ingestive responses to a change in diet quality. Applied animal behaviour science, 72(1), 63-77.

**Hernandez F., López M., Martínez S., Megias M. D., Catala P., Madrid J. 2012.** Effect of low-protein diets and single sex on production performance, plasma metabolites, digestibility, and nitrogen excretion in 1-to 48-day-old broilers. Poultry Science, 91(3), 683-692.

**Hill G.M. Hanna, W.W. 1990.** Nutritive characteristics of pearl millet grain in beef cattle diets. Journal of Animal Science. 68, 2061–2066.

**Hocking P. M., Bernard R., Robertson G. W. 2002.** Effects of low dietary protein and different allocations of food during rearing and restricted feeding after peak rate of lay on egg production, fertility and hatchability in female broiler breeders. British Poultry Science, 43(1), 94-103.

**Homick J. L., Van Eenaeme C., Dufrasne, O. G. I., Istasse L. 2000.** Mechanisms of reduced and compensatory gain. Domest. Anim. Endocrinol, 19, 121-132.

**Howlider M.A.R., Rose S.P. 1987.** Temperature and the growth of broilers. World's Poultry Science Journal, 43, 228-237.

**Huart A. 2004.** Alimentation : les besoins du poulet de chair. Eco-Congo-agriculture, 5p.

**Ibitoye E. B., Olorede B. R., Jimoh A. A., Abubakar H. 2012.** Comparative performance and organ relative weight of broiler chickens fed three sources of energy diet. J. Anim. Prod, 2(5), 233-238.

**Incharoen T. 2013.** Histological adaptations of the gastrointestinal tract of broilers fed diets containing insoluble fiber from rice hull meal. American Journal of Animal and Veterinary Sciences, 8(2), 79-88.

## *Références bibliographiques*

---

**Iqbal J., Hussain M. M. 2009.** Intestinal lipid absorption. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 296(6), E1183-E1194.

**ITAVI, 2007.** Eau de boisson en élevage avicole, un levier majeur de réussite. Document Technique ,12p.

**Jackson S., Summers J. D., Leeson S. 1982.** Effect of dietary protein and energy on broiler carcass composition and efficiency of nutrient utilization. Poultry Science, 61(11), 2224-2231.

**Jahanpour H., Seidavi A., Qotbi A. A. A., Van Den Hoven R., Rocha e Silva S., Laudadio V., Tufarelli V. 2015.** Effects of the level and duration of feeding restriction on carcass components of broilers. Archives Animal Breeding, 58(1), 99-105.

**Jaturasitha S., Srikanchai T., Kreuzer M., Wicke M .2008.** Differences in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (black-boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). Poult Sci, 87, 160-169.

**Jeroch C., Danicke S. 1995.** Barley in poultry feeding: a review. World's Poultry Sci. J. 51, 271-291.

**Johnson R. 2019.** Water utilisation in broilers. The poultry site. <https://www.thepoultrysite.com/articles/water-utilisation-in-broilers-1?fbclid=IwAR1KCQ6prveymWS9AsnZLkoBWfhWlGx5fTa9Kk-4bUzRGoewtDeKjG1QWbs>.

**Jones F. T., Anderson K. E., Ferket P. R. 1995.** Effect of extrusion on feed characteristics and broiler chicken performance. Journal of Applied Poultry Research, 4(3), 300-309.

**Julian R. J. 2000.** Physiological, management and environmental triggers of the ascites syndrome: A review. Avian pathology, 29(6), 519-527.

**Kalmar I. D., Vanrompay D., Janssens G. P. 2013.** Broiler ascites syndrome: collateral damage from efficient feed to meat conversion. The Veterinary Journal, 197(2), 169-174.

**Kaminska B. Z. 2003.** The effect of various grains in grower diet on broiler performance and dietetic value of carcass. Annals of Animal Science. Supplement, (2).

## *Références bibliographiques*

---

**Kaushik S. J. 2000.** Feed formulation, diet development and feed technology. Cahiers Options Méditerranéennes, 47, 43-51.

**Kaya M., Yıldız M.A. 2008.** Genetic diversity among Turkish native chickens, Denizli and Gerze, estimated by microsatellite markers. Biochem Genet 46,480–491.

**Khurshid A., Khan A. A., Bandy M. T., Ganai A. M., Khan H. M., Choudhary A. R., AshaqManzoor I. A. 2019.** Effect of feed restriction on performance of broiler chicken. Journal of Entomology and Zoology Studies ,7(2), 1054-1056.

**Kim M. J., Parvin,R., Mushtaq M. M. H., Hwangbo J., Kim J. H., Na J. C., Kim D.W.,Kang H.K.,Kim C.D.,Cho K.O.,Yang C. B.,Choi H.C. 2013.** Growth performance and hematological traits of broiler chickens reared under assorted monochromatic light sources. Poultry Science, 92(6), 1461-1466.

**Kirkpatrick K., Fleming E.2008.** La qualité de l'eau. RossTech. Page 4-5.[http://tmea.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/French\\_TechDocs/Ross-Tech-La-qualit-de-l-eau.pdf](http://tmea.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/French_TechDocs/Ross-Tech-La-qualit-de-l-eau.pdf)

**Krogdahl A.1985.** Digestion and absorption of lipids in poultry. J. Nutr., 115(5), 675-685.

**Lachapelle G., 1995.** Manuel d'aviculture moderne. A l'intention des futurs entrepreneurs en aviculture.-Thiès ENSA.-105p.

**Larbier M., Leclercq B.1992.** Nutrition et alimentation des volailles.-Paris : Ed INRA.-355p.

**Larbier M., Leclercq B. 1991.** Nutrition et alimentation des volailles. INRA Editions, Paris, 335 pages.

**Leborgne M. C. 2013.** Nutrition et alimentation des animaux d'élevage-tome 2: L'alimentation des monogastriques et des polygastriques. Educagri éditions (édition 2013). Vol. 2. Page 29-52.

**Leclercq B., Beaumont C. 2000.** Etude par stimulation de la réponse des troupeaux de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. Productions animales, 13(1), 47-59.

## *Références bibliographiques*

---

**Lecuelle S., Bouvarel I., Chagneau A.M., Laviron F., Lescoat P., Leterrier C., 2011.** Early visual experience of food does not appear to reduce subsequent feed neophobia in turkey. *Poultry science*, 90(1), 1-9.

**Lecuelle S., Chagneau A. M., Bouvarel I., Lescoat P., Leterrier C. 2009.** Comment étudier le comportement alimentaire de dindonneaux au moment des transitions alimentaires?. In 8. Journées de la Recherche Avicole. March 2009, ITAVI-Institut Technique de l'Aviculture.

**Leczneski J. L., Ribeiro A. M. L., Kessler A. M., Penz Jr A. M. 2001.** Influência da forma física e do nível de energia da ração no desempenho e na composição de frangos de corte. *Archivos latinoamericanos de producción animal*, 9(1), 6-11.

**Lee K. H., Leeson S. 2001.** Performance of broilers fed limited quantities of feed or nutrients during seven to fourteen days of age. *Poultry science*, 80(4), 446-454.

**Leenstra F. R. 1986.** Effect of age, sex, genotype and environment on fat deposition in broiler chickens—a review. *World's Poultry Science Journal*, 42(1), 12-25.

**Leeson S. J., Summers D. 2008.** *Commercial Poultry Nutrition*. Nottingham University Press.

**Leeson S., Summers J. D. 2005.** Feeding programs for broiler chickens: growth restriction. *Commercial poultry production*. University Books, Guelph, Ontario, Canada. ISBN, 969560052, 63-64.

**Leeson S., Summers, J. D. 2000.** Feeding system for poultry. *Feeding Systems and Feed Evaluation Models*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 211-237.

**Leeson S., Caston L., Summers J. D. 1996.** Broiler response to diet energy. *Poultry Science*, 75(4), 529-535.

**Leeson S., Caston L., Summers J.D. 1997.** Layer performance of four strains of Leghorn pullets summers subjected to various rearing programs. *Poult Sci*, 76, 1-5.

**Leeson S., Summers J. D., Caston L. J. 1992.** Response of broilers to feed restriction or diet dilution in the finisher period. *Poultry science*, 71(12), 2056-2064.

## *Références bibliographiques*

---

**Leeson S., Zubair A. K. 1997.** Nutrition of the broiler chicken around the period of compensatory growth. *Poultry science*, 76(7), 992-999.

**Letourneau-Montminy M. P., Lescoat P., Narcy A., Sauvant D., Bernier J. F., Magnin M., Pomar C., Nys Y., Jondreville, C. 2008.** Effects of reduced dietary calcium and phytase supplementation on calcium and phosphorus utilisation in broilers with modified mineral status. *British poultry science*, 49(6), 705-715.

**Linares L., Huang K. 2010.** Effects of energy levels and different feed processing methods on performance of broilers. In XIIIth Eur. Poult. Conf., Aug (pp. 24-26).

**Lippens M., Huyghebaert G., Van Tuyl O., De Grootel G., 2002.** Early and temporary qualitative, autonomous feed restriction of broiler chickens. Effects on performance characteristics, mortality, carcass and meat quality. *Arch. Geflugelk.*, 67, 49-56.

**Liu S. K., Niu Z. Y., Min Y. N., Wang Z. P., Zhang J., He Z. F., Li H.L., Su T.T. Liu F. Z. 2015.** Effects of dietary crude protein on the growth performance, carcass characteristics and serum biochemical indexes of Lueyang black-boned chickens from seven to twelve weeks of age. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 17(1), 103-108.

**MacLeod M. G. 1990.** Energy and nitrogen intake, expenditure and retention at 20 in growing fowl given diets with a wide range of energy and protein contents. *British Journal of Nutrition*, 64(3), 625-637.

**Madrigal S. A., Watkins S. E., Adams M. H., Waldroup P. W. 1995.** Defatted rice bran to restrict growth rate in broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 4(2), 170-181.

**Magnin M., Bouvarel I. 2011.** Gérer l'alimentation pour contribuer au bien-être des poulets de chair. *INRA Productions Animales*, 24(2), 181-190.

**Mahmood S., Mehmood S., Ahmad F., Masood A., Kausar R. 2007.** Effects of feed restriction during starter phase on subsequent growth performance, dressing percentage, relative organ weights and immune response of broilers. *Pakistan Veterinary Journal*, 27(3), 137.

## *Références bibliographiques*

---

**Mahmud A., Khattak F. M., Ali Z., Pasha T. 2008.** Effect of early feed restriction on broiler performance meal feeding on performance carcass characters and blood constituents of broiler chickens. *J. Anim. Vet. Adv.*, 8, 2069-2074.

**Mahmud A., Saima R., Ali I. 2011.** Effect of different light regimens on performance of broilers. *J. Anim. Plant Sci.* 21, 104-106.

**Malpotra K., Singh U., Sethi A. P. S. 2017.** Effects of feed restriction and additional fat supplementation on chemical composition and sensory evaluation of broiler's meat. *Indian Journal of Poultry Science*, 52(3), 327-331.

**Manser C. E. 1996.** Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: a review. *Animal Welfare*, 5(4), 341-360.

**Marples N. M., Roper T. J. 1996.** Effects of novel colour and smell on the response of naive chicks towards food and water. *Animal Behaviour*, 51(6), 1417-1424.

**Marsden A., Morris T.R. 1987.** Quantitative review of the effects of environmental temperature on feed intake, egg output and energy balance in laying pullet. *British Poultry Science*, 28, 693-704.

**Martaresche M., Le Fur C., Magnusson M., Faure J. M., Picard M. 2000.** Time structure of behavioral patterns related to feed pecking in chicks. *Physiology&behavior*, 70(5), 443-451.

**Mashaly M. M., Hendricks 3rd G. L., Kalama M. A., Gehad A. E., Abbas A. O., Patterson P. H. 2004.** Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry science*, 83(6), 889-894.

**Massuquetto A., Durau J. F., Schramm V. G., Netto, M. T., Krabbe E. L., Maiorka A. 2018.** Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 27(1), 51-58.

**Mbuya K., Nkongolo K. K., Kalonji-Mbuyi A., Kizungu R. 2010.** Participatory selection and characterization of quality protein maize (QPM) varieties in Savanna agroecological region of DR-Congo. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 2(11), 325-332.

## *Références bibliographiques*

---

- McCreery D. H. 2015.** Water Consumption Behavior in Broilers. University of Arkansas.
- Medugu C. I., Kwari I. D., Igwebuike J., Nkama I., Mohammed I. D., Hamaker B. 2010.** Performance and economics of production of broiler chickens fed sorghum or millet as replacement for maize in the semi-arid zone of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(3), 321-325.
- Meijerhof R. 1988.** Separate sex feeding at the Dutch regional experimental poultry farms. In Fourth International Poultry Breeders' Conference, Ayr (UK), 27 Apr 1988. West of Scotland College.
- Metayer J., Barrier-Guillot B., Skiba F., Crepon K., Bouvarel I., Marget P., Duc G., Lessire M., 2003.** Valeur alimentaire et utilisation de différents types de féveroles chez le poulet et le coq adulte. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, 26 et 27 mars 2003, Tours, France.
- Michard J., Rouxel L. 2013.** Interest in the presentation of 2 mm micropellets in the starter diet of breeders. Actes des 10èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras du 26 au 28 mars, 2013, La Rochelle, France, 566-570.
- Mikkelsen L. L., Yan S., Goopy J. P., Iji P. A. 2008.** Effect of grain type and particle size on growth performance and intestinal microbial populations in broiler chickens. In Proceedings of the XXIII World's Poultry Congress (p. 126).
- Mingbin L. V., Lei Y., Zhengguo W., Sha A., Miaomiao W., Zunzhou L.V. 2015.** Effects of feed form and feed particle size on growth performance, carcass characteristics and digestive tract development of broilers. *Anim. Nutr.* 1,252–256.
- Mirshamsollahi A. 2013.** Effect of different food restriction on performance and carcass characteristics of Arian and Ross broiler chicks. *International Journal of Agriculture*, 3(3), 495.
- Miu Y. N., Shi J. S., Wei F. X., Wang H. Y., Hou X. F., Niu Z. Y., Liu F. Z. 2012.** Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during finishing phase. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(19), 3652-3657.

## *Références bibliographiques*

---

**Molapo S. M., Webb E. C. 2014.** Effect of restricted feeding on carcass characteristics of Koekoek chickens. National University of Lesotho Institutional.

**Mollison B., Guenter W., Boycott B. R. 1984.** Abdominal fat deposition and sudden death syndrome in broilers: the effects of restricted intake, early life caloric (fat) restriction, and calorie: protein ratio. *Poultry science*, 63(6), 1190-1200.

**Monfaredi A., Rezaei M., Sayyahzadeh H. 2011.** Effect of supplemental fat in low energy diets on some blood parameters and carcass characteristics of broiler chicks. *South African Journal of Animal Science*, 41(1).

**Montiel A. 2007.** Qualité de l'eau en élevage avicole. 7èmes Journ. Rech. Avicole, Tours, France, 455-459.

**Moradi S., Zaghari M., Shivazad M., Osfoori R., Mardi, M. 2013.** Response of female broiler breeders to qualitative feed restriction with inclusion of soluble and insoluble fiber sources. *Journal of Applied Poultry Research*, 22(3), 370-381.

**Moreki J. C. 2008.** Feeding strategies in poultry in hot climate. Non-Ruminants Division. Department of Animal Production: Gaborone, Botswana. *Poultry today*, 601, 1-5.

**Morris T. R., Njuru D. M. 1990.** Protein requirement of fast and slow growing chicks. *British Poultry Science*, 31(4), 803-809.

**Moughan P. J., Verstegen M. W. A., Visser-Reyneveld M. I. 2000.** Feed evaluation. Principles and practice. Wageningen Press: Wageningen, Netherlands.

**Mukhtar A. M., Mekkawi A., ELTigani M. 2007.** The effect of feeding increasing levels of synthetic lysine and methionine in broiler chicks. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 2, 18-20.

**Murakami H., Akiba Y., Horiguchi M. 1992.** Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chick with or without removal of residual yolk. Growth, development, and aging: *GDA*, 56(2), 75-84.

**Murawska D. 2017.** The Effect of Age on Growth Performance and Carcass Quality Parameters in Different Poultry Species. In *Poultry Science*. IntechOpen.

## *Références bibliographiques*

---

**Musa H.H., Chen G.H., Cheng J.H., Shuiep E.S. Bao W.B .2006.** Breed and sex effect on meat quality of chicken. *Int J Poult Sci.*, 5 (6), 566-568.

**Naji S. A., Al-Ani I. A., Manati J. K., Mukhlis S. A. 2003.** Effect of early feed restriction on growth, feed conversion and mortality in broiler chickens. *Proc. 5th Con. Agric. Res.*, Feb.

**Narcy A., Baeza E., Nys Y. 2017.** Les oligo-éléments: du «feed» au «food» et de l'ajustement des apports chez les volailles à la valorisation des produits en alimentation humaine. 12. Journées de la recherche avicole et palmipèdes à foie gras, April 2017, Tours, France.

**National Research council. 1994.** Nutrient requirements of poultry. National academy press. Washington, D.C.

**National Research Council.1981.** Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academies Press.

**Navidshad B., Shivzad M., Zare A., Rahim G.2006.**Effect of feed restriction and dietary fat saturation on performance and serum thyroid hormones in broiler chickens.*Int.J.Poult.sci.*5, 436-440.

**Ndelekwute E. K., Uzegbu H. O., Igwe I. R., Nosike R. J., Odoemelam V. U., Inyang U. O. 2010.** Effects of Administration of Molasses through Drinking Water on Growth and Conformation Parameters of Meat-Type Chicken. *Animal Production Research Advances*, 6(1), 30-34.

**Nir I., Hillel R., Shefet G., Nitsan Z. 1994.** Effect of grain particle size on performance: 2. grain texture interactions. *Poultry science*, 73(6), 781-791.

**Nir I., Nitsan Z., Mahagna M.1993.** Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *Br. Poult. Sci.*, 34, 523-532.

**Niu Z., Shi J., Liu F., Wang X., Gao C., Yao L. 2009.** Effects of dietary energy and protein on growth performance and carcass quality of broilers during starter phase. *International Journal of Poultry Science*, 8(5), 508-511.

## *Références bibliographiques*

---

**Noirot V., Bouvarel I., Barrier-Guillot B., Castaing J., Zwick J. L., Picard M. 1998.** Céréales entières pour les poulets de chair: le retour? *Productions animales*, 11(5), 349-357.

**Nourollahi H., Solhjoui A., Agah M.J., Ilami B., Hashemi M.R. Hashemi M. 2014.** The effect of replacing two new varieties of triticale instead of corn in diets on broiler performance. *Proceedings of the 6th Iranian Congress on Animal Science*, Tabriz, Iran. 26-30.

**Noy Y., Sklan D. 2002.** Nutrient use in chicks during the first week posthatch. *Poultry Science*, 81(3), 391-399.

**Odey M. A., Ahaotu E.O., Patricio D. L., Anonya F.F. 2019.** Effect of Supplemental Moringa Oleifera Leaf Meal on Performance of Starter Broiler Birds. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 6 (4), 1-9

**Oikeh I., Sakkas P., Taylor J., Giannenas I., Blake D. P., Kyriazakis I. 2019.** Effects of reducing growth rate via diet dilution on bone mineralization, performance and carcass yield of coccidia-infected broilers. *Poultry science*, 98(11), 5477-5487.

**Ojedapo L.O, Akinokun O., Adedeji T.A., Olayeni T.B., Ameen S.A., Amao S.R. 2008.** Effect of strain and sex on carcass characteristics of three commercial broilers reared in deep litter system in the derived savannah area of Nigeria. *World J. Agric.Sci.*, 4 (4), 487-491.

**Ojewola G. S., Olugbemi F. 2011.** Millet meal: a possible alternative dietary energy sources for broiler chickens. *Value Re-orientation in Animal Production: A Key to National Food Security and sustainable Economy*, 481-483.

**Okandza Y., Mopoundza P., Ngatse S. D., Halbouche M., Akouango P. 2017.** Influence de la substitution graduelle de tourteau de soja par la féverole sur la croissance et la conformation de la carcasse chez les poulets de chair. *Journal of Applied Biosciences*, 110(1), 10714-10720.

**Okonkwo S., Ahaotu E.O. 2019.** “Management of Laying Birds in Deep Litter and Battery Cage Systems In Orlu Local Government Area of Imo State, Nigeria: A Comparative Study.” *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Sciences*, 6 : 20-27.

## *Références bibliographiques*

---

**Oladokun V. O., Johnson A. 2012.** Feed formulation problem in Nigerian poultry farms: a mathematical programming approach. *American journal of scientific and industrial research*, 3(1), 14-20.

**Olanrewaju H. A., Thaxton J. P., Dozier W. A., Purswell J., Roush W. B., Branton S. L. 2006.** A review of lighting programs for broiler production. *International journal of poultry science*, 5(4), 301-308.

**Oliveira D. D., Pinheiro J. W., Fonseca N. A. N., Ob, A., Silveira D., Stivaletti E. 2012.** Desempenho de frangos de corte alimentados com torta de girassol. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(5), 1979-1990.

**Ononiwu J. C., Thomson R. G., Carlson H. C., Julian R. J. 1979.** Studies on effect of lighting on “sudden death syndrome” in broiler chickens. *The Canadian Veterinary Journal*, 20(3), 74.

**Osek M., Janocha A., Klocek B., Wasilowski Z., Milczarek A. 2003.** The influence of different content of naked oat in plant feed on performance and post-slaughter value of broiler chickens. *Annals of Animal Science. Supplement*, (2).

**Oyedeji J. O., Atteh J. O. 2005.** Response of broilers to feeding manipulations. *International Journal of Poultry Science*, 4(2), 91-95.

**Oyedeji J. O., Atteh J. O., Adedeji S. A. 2003.** Response of broiler to Skip a Day (SAD) feeding. *Nigerian Journal of Animal Production*, 30(2), 163-168.

**Pereira E. S., Pimentel P. G., Bomfim M. A. D., de Souza Carneiro M. S., Cândido M. J. D. 2011.** Torta de girassol em rações de vacas em lactação: produção microbiana, produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 33(4), 387-394.

**Péron A., Bastianelli D., Oury F. X., Gomez J., Carré B. 2005.** Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed on a pelleted diet. *British poultry science*, 46(2), 223-230.

**Pesti G. M., Fletcher D. L. 1983.** The response of male broiler chickens to diets with various protein and energy contents during the growing phase. *British Poultry Science*, 24(1), 91-99.

## *Références bibliographiques*

---

**Pesti G.M. 2009.** Impact des niveaux d'acides aminés alimentaires et de protéines brutes dans les aliments de chair sur les performances biologiques. *Journal of Applied Poultry Research* , 18 (3), 477-486.

**Peter C. M., Han Y., Boling-Frankenbach S. D., Parsons C. M., Baker D. H. 2000.** Limiting order of amino acids and the effects of phytase on protein quality in corn gluten meal fed to young chicks. *Journal of animal science*, 78(8), 2150-2156.

**Picard M., Le Fur C., Melcion J. P., Bouchot C. 2000.** Caractéristiques granulométriques de l'aliment: le "point de vue"(et de toucher) des volailles. *Productions animales*, 13(2), 117-130.

**Picard M., Melcion J.P., Bertrand D., Faure J.M. 2002.** Visual and tactile cues perceived by chickens. In: *Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value*. Mc Nab and Boorman (Eds), 279-298.

**Picard M., Plouzeau M., Faure J. M. 1999.**A behavioural approach to feeding broilers. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 48 (4), pp.233-245.

**Pinchasov Y., Jensen L. S. 1989.** Comparison of physical and chemical means of feed restriction in broiler chicks. *Poultry Science*, 68(1), 61-69.

**Pinheiro D. F., Cruz V. C., Sartori J. R., Paulino M. V. 2004.** Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers. *Poultry science*, 83(9), 1544-1550.

**Plavnik I., Hurwitz S. 1985.** The performance of broiler chicks during and following a severe feed restriction at an early age. *Poultry Science*, 64(2), 348-355.

**Plavnik I., Hurwitz S. 1988.** Early feed restriction in chicks: Effects of age, duration and Sex. *Poultry Sc.* 67, 1407-1413.

**Plavnik I., Hurwitz S. 1990.** Performance of broiler chickens and turkey poults subjected to feed restriction or to feeding of low-protein or low-sodium diets at an early age. *Poultry Science*, 69(6), 945-952.

## *Références bibliographiques*

---

**Plavnik I., Hurwitz, S. 1991.** Response of broiler chickens and turkey poults to food restriction of varied severity during early life. *British Poultry Science*, 32(2), 343-352.

**Pomar C., Dubeau F., Van Milgen J. 2009.** La détermination des besoins nutritionnels, la formulation multicritère et l'ajustement progressif des apports de nutriments aux besoins des porcs: des outils pour maîtriser les rejets d'azote et de phosphore. *INRA Productions animales*, 22(1), 49-54.

**Pratiksha S. 2011.** Comparaison of Linear and Nonlinear Programming Techniques for Animal Diet. *Applied Mathematics*, 1(2): 106-108. DOI: 10.5923/j.am.

**Prescott N. B., Wathes C. M., Jarvis J. R. 2003.** Light, vision and the welfare of poultry. *Animal welfare*, 12(2), 269-288.

**Qaisrani S. N., Van Krimpen M. M., Kwakkel R. P. 2013.** Effects of dietary dilution source and dilution level on feather damage, performance, behavior, and litter condition in pullets. *Poultry Science*, 92(3), 591-602.

**Quentin M., Bouvarel I., Berri C., Le Bihan-Duval E., Baéza E., Jégo Y., Picard M. 2003.** Growth, carcass composition and meat quality response to dietary concentrations in fast-, medium-and slow-growing commercial broilers. *Animal Research*, 52(1), 65-77.

**Quentin M., Bouvarel I., Bastianelli D., Picard, M. 2004.** Quels besoins du poulet de chair en acides aminés essentiels? Une analyse critique de leur détermination et de quelques outils pratiques de modélisation. *INRA Prod. Anim.*, 2004, 17 (1), 19-34.

**Quentin M., Margetyal C., Laffitte E., Besson M., Amador O., Launay C. 2017.** Détermination des Besoins en « Protéines digestibles » de poulet à croissance rapide entre 0 et 34 jours d'âge. 12e Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras (JRA-JRPF 2017), Tours, France, 5 et 6 avril 2017, 89-94.

**Reddy J. S., Yadav K. R., Mandal A. B. 1998.** Performance of broilers fed molasses through mash or drinking water. *Indian Journal of Poultry Science*, 33(1), 31-35.

**Reece F. N., Lott B. D., Deaton J. W., Branton S. L. 1986.** Meal feeding and broiler performance. *Poultry Science*, 65(8), 1497-1501.

## *Références bibliographiques*

---

**Rekhis J. 2002.** Nutrition avicole en Afrique du sud. SPESFEED (Pty) Ltd, 1994-2002;

Version française produite en coopération avec American Soybean Association (ASA) et United Soybean Board (USB), Rivonia, Afrique du Sud, 342 p.

**Renema R. A., Robinson F. E. 2004.** Defining normal: comparison of feed restriction and full feeding of female broiler breeders. *World's Poultry Science Journal*, 60(4): 508-522.

**Rezaei M., Hajati H. 2016.** Effect of diet dilution at early age on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks. *Italian Journal of Animal Science*.

**Rezaei M., Teimouri A., Pourreza J., Sayyahzadeh H., Waldroup W. 2006.** Effect of diet dilution in the starter period on performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Journal of Central European Agriculture*.

**Robinson F. E., Classen H. L., Hanson J. A., Onderka D. K. 1992.** Growth performance, feed efficiency and the incidence of skeletal and metabolic disease in full-fed and feed restricted broiler and roaster chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 1(1), 33-41.

**Rogers L. J. 1995.** The development of brain and behaviour in the chicken. CAB International. Wallingford, UK.

**Rosa P. S., Faria Filho D. E., Dahlke F., Vieira B. S., Macari M., Furlan R. L. 2007.** Effect of energy intake on performance and carcass composition of broiler chickens from two different genetic groups. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 9(2), 117-122.

**Rosa S. P., Avila V. S., Jaenisch V. 2000.** Feed restriction in broilers: how explore your potential. Technical Statement.

**Rose S.P., Tucker L.A., Kettlewell P.S., Collier J.D.A. 2001.** Rapid tests of wheat nutritive value for growing chickens. *J. Cereal Sci.* 34, 181–190.

**Rosebrough R. W., Steele N. C. 1985.** Energy and protein relationships in the broiler: 1. Effect of protein levels and feeding regimens on growth, body composition, and in vitro lipogenesis of broiler chicks. *Poultry Science*, 64(1), 119-126.

## *Références bibliographiques*

---

**Rosebrough R. W., Steele N. C., McMurtry J. P., Plavnik I. 1986.** Effect of early feed restriction in broilers. II. Lipid metabolism. *Growth*, 50(2), 217-227.

**Rousseau X., Valable A. S., Létourneau-Montminy M. P., Mème N., Godet E., Magnin M., Nys Y., Duclos M.J., Narcy A. 2016.** Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions. *Poultry Science*, 95(12), 2849-2860.

**Rowland Jr L. O., Hooge D. M. 1980.** Effect of dietary sand on the performance of young broiler chickens. *Poultry Science*, 59(8), 1907-1911.

**Rozenboim I., Biran I., Chaiseha Y., Yahav S., Rosenstrauch A., Sklan D., Halevy O. 2004.** The effect of a green and blue monochromatic light combination on broiler growth and development. *Poultry science*, 83(5), 842-845.

**Rozenboim I., Biran I., Uni Z. E. H. A. V. A., Robinzon B. O. A. Z., Halevy, O. R. N. A. 1999a.** The effect of monochromatic light on broiler growth and development. *Poultry science*, 78(1), 135-138.

**Rozenboim I., Robinzon, B., Rosenstrauch A. 1999b.** Effect of light source and regimen on growing broilers. *British Poultry Science*, 40(4), 452-457.

**Sahraei M. 2012.** Feed restriction in broiler chickens production. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 28(2), 333-352.

**Sahraei M. 2012.** Feed restriction in broiler chickens production: a review. *Global Veterinaria*, 8(5), 449-458.

**Sahraei M., Shariatmadari F. 2007.** Effect of different levels of diet dilution during finisher period on broiler chickens performance and carcass characteristics. *International Journal of Poultry Science*, 6(4), 280-282.

**Salami R. I., Odunsi A. A. 2003.** Evaluation of processed cassava peel meals as substitutes for maize in the diets of layers. *International Journal of Poultry Science*, 2(2), 112-116.

**Saleh E. A., Watkins S. E., Waldroup A. L., Waldroup P. W. 2005.** Effects of early quantitative feed restriction on live performance and carcass composition of male broilers grown for further processing. *Journal of Applied Poultry Research*, 14(1), 87-93.

## *Références bibliographiques*

---

**Saleh K., Attia Y. A., Younis H. 1996.** Effect of feed restriction and breed on compensatory growth, abdominal fat and some production traits of broiler chicks. Arch. Geflügelkd. 60,153–159.

**Sams A. 1997.** The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. Poultry Science, 76,1616-1620.

**Sanchez A., Plouzeau M., Rault P., Picard M. 2000.** Croissance musculaire et fonction cardio-respiratoire chez le poulet de chair. Productions Animales 1 (13), 37-45.

**Santos A.X., Oliveira A.A., Massaro Junior F.L., Lançanova A.C., Silva L.D.F., Leme M.C.J. 2009.** Torta de girassol na dieta de vacas em lactação. In: Reuniao anual da sociedade brasileira de zootecnia.

**Santoso U. 2001.** Effects of early feed restriction on growth, fat accumulation and meat composition in unsexed broiler chickens. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 14(11), 1585-1591.

**Santoso U., Tanaka K., Ohtani S. 1995.** Early skip-a-day feeding of female broiler chicks fed high-protein realimentation diets. Performance and body composition. Poultry science, 74(3), 494-501.

**Savory C. J. 1996.** Growth and behaviour of chicks fed on pellets or mash. British Poultry Science, 15(3), 281-286.

**Scheideler S. E., Baughman G. R. 1993.** Computerized early feed restriction programs for various strains of broilers. Poultry Science, 72(2), 236-242.

**Sellers R. S., Harris Jr G. C., Waldroup P. W. 1980.** The effects of various dietary clays and fillers on the performance of broilers and laying hens. Poultry Science, 59(8), 1901-1906.

Sex. Poultry Sc. 67, 1407-1413.

**Shabani S., Seidavi A., Asadpour L. Corazzin M. 2015.** Effects of physical form of diet and intensity and duration of feed restriction on the growth performance, blood variables, microbial flora, immunity, and carcass and organ characteristics of broiler chickens. Livest. Sci. 180, 150-157.

## *Références bibliographiques*

---

**Shalmany S.K. Shivazad M., 2007.** The effect of pellet and mash forms of common Iranian broiler diet on performance of hybrids of Arian broiler. *J. Res. Agri. Sci.* 13, 192-201.

**Shane S.M. 1988.** Factors influence health and performance of poultry in hot climates. *Poultry Biology*, 1, 247-269.

**Shariatmadari F. Mohiti-Asli M., 2009.** Additives in Animal Feed. Tarbiat Modares University Publication. 108-203.

**Sharifi S. D., Shariatmadari F., Yaghobfar A. 2012.** Effects of inclusion of hull-less barley and enzyme supplementation of broiler diets on growth performance, nutrient digestion and dietary metabolisable energy content. *Journal of Central European Agriculture*.

**Shawkat S. S., Rashid S. A. 2019.** Impact of different feeding programs on productive performance in broiler chicks. *Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences*, 10-18.

**Skinner J. T., Waldroup A. L., Waldroup P. W. 1992.** Effects of dietary nutrient density on performance and carcass quality of broilers 42 to 49 days of age. *Journal of Applied Poultry Research*, 1(4), 367-372.

**Smith E. R., Pesti G. M., Bakalli R. I., Ware G. O., Menten J. F. 1998.** Further studies on the influence of genotype and dietary protein on the performance of broilers. *Poultry Science*, 77(11), 1678-1687.

**Smith E. R., Pesti G. M., Bakalli R. I., Ware G. O., Menten J. F. 1998.** Further studies on the influence of genotype and dietary protein on the performance of broilers. *Poultry Science*, 77(11), 1678-1687.

**Sullivan T. W., Douglas J. H., Andrews D. J., Bond P. L., Hancock J. D., Bramel-Cox P. J., Stegmeir W.D., Brethour J. R. 1990.** Nutritional value of pearl millet for food and feed. Purdue University, Lafayette, Indiana, USA. 83-94.

**Summers J. D., Spratt D., Atkinson J. L. 1990.** Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Science*, 69(11), 1855-1861.

## *Références bibliographiques*

---

**Susbilla J. P., Tarvid I., Gow C. B., Frankel T. L. 2003.** Quantitative feed restriction or meal-feeding of broiler chicks alter functional development of enzymes for protein digestion. *British poultry science*, 44(5), 698-709.

**Svihus B., Gullord M. 2002.** Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 102(1-4), 71-92.

**Svihus B., Kløvstad KH Perez V., Zimonja O., Sahlström S., Schüller RB., Prestløkken E. 2004.** Effets physiques et nutritionnels de la granulation des régimes de poulet de chair à base de blé moulu à différentes grosseurs par l'utilisation d'un broyeur à cylindres et d'un broyeur à marteaux. *Science et technologie de l'alimentation animale*, 117 (3-4), 281-293.

**Svihus B., Lund V. B., Borjgen B., Bedford M. R., Bakken M. 2013.** Effect of intermittent feeding, structural components and phytase on performance and behaviour of broiler chickens. *British poultry science*, 54(2), 222-230.

**Swennen Q., Janssens G. P. J., Millet S., Vansant G., Decuyper E., Buyse J. 2005.** Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: Endocrine functioning and intermediary metabolism. *Poultry Science*, 84(7), 1051-1057.

**Szymczyk B., Hanczakowski P., Szczurek W. 2005.** Performance and intestinal viscosity in broilers fed diets containing dehulled or naked oats and enzymes. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 14, 491.

**Szymczyk B., Hanczakowski P., Szczurek W., Frys-Zurek M. 2007.** Effect of naked oat and enzymes in diets for broiler chickens on quality, fatty acid profile and oxidative stability of breast muscle. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(4C), 541-545.

**Teguia A., Beynen A. C. 2005.** Alternative feedstuffs for broilers in Cameroon. *Livestock Research for Rural Development*, 17, 3.

**Tesseraud S., Le Bihan-Duval E., Peresson R., Michel J., Chagneau, A. M. 1999.**

Response of chick lines selected on carcass quality to dietary lysine supply: live

## *Références bibliographiques*

---

Performance and muscle development. Poultry science, 78(1), 80-84.

**Tottori J., Yamaguchi R., Murakawa Y., Sato M., Uchida K., Tateyama S. 1997.** The use of feed restriction for mortality control of chickens in broiler farms. Avian diseases, 433-437.

**Travel A., Chevalier D., Merlet F., Fulbert L. 2007.** Facteurs de variation de la qualité bactériologique de l'eau en élevage de dindes. 7èmes Journ. Rech. Avicole, Tours, France, 536-540.

**Tsiouris V., Georgopoulou I., Batzios C., Pappaioannou N., Ducatelle R., Fortomaris P. 2014.** Temporary feed restriction partially protects broilers from necrotic enteritis. Avian Pathology, 43(2), 139-145.

**Tůmová E., Skřivan M., Skřivanová V., Kacerovska L. 2002.** Effect of early feed restriction on growth in broiler chickens, turkeys and rabbits. Czech J. Anim. Sci, 47(10), 418-428.

**Ukachukwu S. N. 2005.** Studies on the nutritive value of composite cassava pellets for poultry: chemical composition and metabolizable energy. Livestock Research for Rural Development, 17(1).

**Underwood E.J., 1997.** Trace elements in human and animal nutrition. Academic Press, New York, 545 p.

**Urdaneta-Rincon M., Leeson S. 2002.** Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broiler chickens. Poultry Science, 81(5), 679-688.

**Vadivel V., Pugalenti M. 2010.** Studies on the incorporation of velvet bean (*Mucuna pruriens* var. utilis) as an alternative protein source in poultry feed and its effect on growth performance of broiler chickens. Trop. Anim. Health Prod., 42 (7), 1367-1376.

**Valable A. S., Létourneau-Montminy M. P., Mème N., Klein, S., Page G., Zahid, N., Duclos M.J., Nancy A. 2017.** Evaluation of the optimal application window for mineral restriction in broilers. 12e Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras (JRA-JRPFG 2017), Tours, France, 5 & 6 avril 2017, 200-204.

## *Références bibliographiques*

---

**Van der Klein S. A. S., Silva F. A., Kwakkel R. P., Zuidhof M. J. 2017.** The effect of quantitative feed restriction on allometric growth in broilers. *Poultry science*, 96(1), 118-126.

**Vias F. S. G. 1995.** Contribution à l'étude comparée de la valeur nutritive du maïs (*Zea mays*) et des sorghos (*Sorghum vulgare*) dans la ration des poulets de chair en zone tropicale sèche. Ecole Inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires de Dakar.

**Vieira S. L., Penz Jr A. M., Kessler A. M., Catellan Jr E. V. 1995.** A nutritional evaluation of triticale in broiler diets. *Journal of Applied Poultry Research*, 4(4), 352-355.

**Vilarino M. M. 1997.** Identification de l'aliment par le jeune poulet de chair (*Gallus gallus domesticus*) (Doctoral dissertation, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes (1961-2004)).

**Wang T., Wang Z., Cao J., Dong Y., Chen Y. 2014.** Monochromatic light affects the development of chick embryo liver via an anti-oxidation pathway involving melatonin and the melatonin receptor Mel1c. *Canadian Journal of Animal Science*, 94(3), 391-400.

**Weeks C. A., Brooks C., Coe G., Danbury T. C. 1997.** Effect of food and feeder colour on food consumption of young layers and broilers. *British Poultry Science* (United Kingdom).

**Weindl P., Plesch P., Windisch W., Bellof G. 2018.** Effects of increasing levels of pea and rapeseed meal in broiler diets. *European Poultry Science*, 82.

**Wideman R. F., Rhoads D. D., Erf G. F., Anthony N. B. 2013.** Pulmonary arterial hypertension (ascites syndrome) in broilers: a review. *Poultry Science*, 92(1), 64-83.

**Wilson J. L., Weaver Jr W. D., Beane W. L., Cherry J. A. 1984.** Effects of light and feeding space on leg abnormalities in broilers. *Poultry science*, 63(3), 565-567.

**Wilson M. 2005.** Production focus (In; Balancing genetics, welfare and economics in broiler production). Publication of Cobb-Vantress, Inc, vol. 1.

**Xu C., Yang H., Wang Z., Wan Y., Hou B., Ling, C. 2017.** The effects of early feed restriction on growth performance, internal organs and blood biochemical indicators of broilers. *Animal and Veterinary Sciences*, 5(6), 121.

## *Références bibliographiques*

---

**Yahav S. 2000.** Domestic fowl – strategies of confront environmental conditions. *Avian and Poultry Biology Reviews* 11, 81-95.

**Yan F., Angel R., Ashwell C., Mitchell A., Christman M. 2005.** Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium. *Poultry Science*, 84(8), 1232-1241.

**Yo T., Siegel P.B., Gu.rin H., Picard M., 1997.** Self-selection of dietary protein and energy by broilers grown under a tropical climate: effect of feed particle size on the feed choice. *Poult. Sci.*, 76, 1467-1473.

**Yu M. W., Robinson F. E., Clandinin M. T., Bodnar L. 1990.** Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed restriction. *Poultry Science*, 69(12), 2074-2081.

**Zhang C., Zhang W., Luo H., Yue W., Gao, M., Jia Z. 2008.** A new single nucleotide polymorphism in the IGF-I gene and its association with growth traits in the Nanjiang Huang goat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 21(8), 1073-1079.

**Zhao J.P., Chen J.L., Zhao G.P., Zheng M.Q., Jiang R.R., Wen J. 2009.** Live performance, carcass composition, and blood metabolite responses to dietary nutrient density in two distinct broiler breeds of male chickens. *Poult. Sci.*, 88, 2575- 2584.

**Zubair A. K., Leeson S. 1994.** Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers. *Poultry Science*, 73(1), 129-136.

**Zubair A. K., Leeson S. 1996.** Changes in body composition and adipocyte cellularity of male broilers subjected to varying degrees of early-life feed restriction. *Poultry science*, 75(6), 719-728.

**Zulkifli I., Chenorma M.T., Israf D.A., Omar A.R. 2001.** The effect of early age feed restriction on subsequent response to high environmental temperature in female broiler chickens. *Poultry Sci.*, 79, 1401–140.