

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master académique en
Sciences agronomiques
Spécialité : Production et Nutrition Animale

Thème

Aliments Industriels en alimentation
animale : Caractérisation de ce secteur
dans la région centre de l'Algérie (ONAB)

Présenté par : Mlle Ouben Sonia

Devant le jury :

Président : Mr Mouhous A. Maitre de conférences A

Promotrice : Mme Hannachi R. Maitre de conférences B

Examineur : Mr Kadi S.A. Professeur à L'UMMTO

Promotion 2019/2020

Dédicaces

Je dédie ce travail à tous mes enseignants en Production et Nutrition Animale dont fait partie ma promotrice Mme Hannachi R.

A mes chers parents qui m'ont donné les moyens, la force et le courage d'avancer durant mon parcours universitaire en particulier et dans la vie en générale.

A mes chers sœurs et frère Linda, Katia et Tahar ainsi qu'à mes petits neveux Licia, Omar, Ghenima et Tounssia.

A mon cher fiancé qui m'a été d'un soutien indispensable.

Et enfin à toutes mes amies et étudiantes de la promotion Production et nutrition animale 2019/2020.

Remercîments

Je tiens à remercier, en premier lieu, Madame Hannachi R Maitre de conférences classe B au niveau de L'UMMTO pour la confiance qu'elle m'a accordée en acceptant de m'encadrer, pour ses précieux conseils tant au niveau scientifique que moral. Je la remercie vivement pour son sens de responsabilité, son temps, son énergie et sa motivation sans lesquels ce modeste travail n'aurait pas vu le jour. Sans oublier toute l'équipe d'enseignants de Production et Nutrition Animale que je remercie énormément pour leur dévouement au sein de leur travail, pour les efforts qu'ils ont fournis durant ces trois dernières années.

Je ne remercierai jamais assez mes parents pour la confiance qu'ils m'ont accordée, les enseignements et les valeurs qu'ils m'ont inculquées. Pour les moyens financiers mis en œuvre, leurs engagements sans précédent, leurs soutiens moraux indispensables, pour que je puisse réussir dans mes études et dans tout ce que j'entreprends. Je leur souhaite une longue et heureuse vie afin qu'ils soient témoins de nos succès.

Je remercie tout particulièrement mon cher fiancé Samir pour son soutien moral indéniable durant la réalisation de ce mémoire, sa compatie, sa compréhension, son écoute, son respect et sa bienveillance, et surtout pour la patience dont il a toujours fait preuve. Je te remercie chaleureusement et souhaite en faire autant pour toi et pour tout ce que notre merveilleuse union représente.

Je remercie mes frères et sœurs pour leurs encouragements, pour leurs enfants, ma source de motivation par excellence !

Je remercie aussi toutes mes amies, en particulier Zohra, pour tous ces moments de bonheur, de joie de solidarité d'entraide, de soutien, de travail, de révisions, Comme aussi, de faiblesse, d'angoisses, de doutes, d'attentes, partagés. Tous ces souvenirs qu'on gardera de ce qu'était un jour notre vie, une vie d'étudiantes !

Enfin, j'espère que les membres de jury trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance et gratitude pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Sommaire

Introduction

Chapitre I : Les Matières premières standards utilisées en alimentation animale

I.1 Les ressources fourragères

I.1.1 Les jachères

I.1.2 Les prairies

I.1.3 Les parcours

I.1.4 Les espèces fourragères principales en Algérie

I.2 Les céréales

I.2.1 Le Maïs

I.2.2 Le blé

I.2.3 L'orge

I.2.4 Le sorgho

I.2.5 Les autres céréales

I.3 Les tourteaux

I.3.1 Tourteaux de colza

I.3.2 Tourteaux de soja

I.3.3 Tourteaux de tournesol

Chapitre II : Les Sources alternatives les plus utilisées en alimentation animale

II.1 Les protéagineux

II.1.1 La fève

II.1.2 La féverole

II.1.3 Le pois

II.1.4 Le lupin blanc

II.2 Sous-produits des céréales

II.2.1 Son de blé

II.2.2 Drèche de brasserie

II.3 Sous-produits de la transformation sucrière

II.3.1 Les mélasses

II.3.2 Pulpes de betteraves

II.4 Arbres et arbuste fourragers

II.4.1 Feuilles de figuier

II.4.2 Le Sulla

II.4.3 Feuilles de frêne

II.5 Sous-produits de l'industrie laitière

II.5.1 Le lactosérum

II.6 Sous-produits de l'industrie agroalimentaire

II.6.1 Les sous-produits des agrumes

II.6.2 La pulpe de tomate

II.6.3 Le grignon d'olives

II.6.4 Le rebuts de dattes

Chapitre III : Les additifs alimentaires les plus utilisés en alimentation pour animaux d'élevage

III.1 Conditions d'autorisation

III.2 Origines des additifs

III.3 Présentation des différentes catégories d'additifs

III.3.1 Les additifs technologiques

III.3.1.1 Les colorants

III.3.1.2 Les substances aromatiques

III.3.1.3 Les conservateurs

III.3.1.4 Les antioxygènes

III.3.1.5 Les émulsifiants

III.3.1.6 Les gélifiants

III.3.1.7 Les liants

III.3.1.8 Les substances pour le contrôle de contamination de radionucléides

III.3.1.9 Les antiagglomérants

III.3.1.10 Les correcteurs d'acidité

III.3.1.11 Les additifs pour ensilage

III.3.1.12 Les dénaturants

III.3.1.13 Les enzymes

III.3.2 Les additifs zootechniques

III.3.2.1 Les vitamines, provitamines et substances à effet analogue chimiquement bien définies

III.3.2.2 Les oligoéléments et leurs composés

III.3.2.3 Les acides aminés, leurs sels et produits analogues

III.3.2.4 L'urée et ses dérivés

III.3.2.5 Les antibiotiques

III.3.2.6 Les probiotiques

III.3.2.7 Les prébiotiques

III.3.2.8 Les phytases

III.3.2.9 Les coccidiostatiques (ou anticoccidiens)

III.3.3 Les alternatives aux antibiotiques additifs

- III.3.3.1 Les enzymes
- III.3.3.2 Les symbiotiques
- III.3.3.3 Epices et extraits des plantes
- III.3.3.4 Oligo-éléments
- III.3.3.5 Acides organiques
- III.3.3.6 Argiles
- III.3.3.7 Les blocs multinationnels

Chapitre IV : Aliments industriels pour animaux d'élevage

- IV.1 Formulation des aliments pour animaux d'élevage
- IV.2 Matières premières les plus utilisées dans la formulation des aliments industriels
- IV.3 Processus de fabrication d'aliments composés pour animaux d'élevage
 - IV.3.1 Réception de matières premières
 - IV.3.2 Fabrication d'aliments industriels
 - IV.3.2.1 Stockage
 - IV.3.2.2 Nettoyage
 - IV.3.2.3 Dosage et pré-mélange
 - IV.3.2.4 Broyage
 - IV.3.2.5 Mélange
 - IV.3.2.6 Distribution
 - IV.3.2.7 Malaxage et pressage
 - IV.3.2.8 Refroidissement
 - IV.3.2.9 Emiettage
 - IV.3.2.10 Tamisage
 - IV.2.3 Expédition
- IV.4 Unité de fabrication d'aliments pour animaux d'élevage
 - IV.4.1 Les locaux
 - IV.4.2 L'équipement
 - IV.4.3 Le personnel

IV.4.4 L'HACCP

IV.4.5 Contrôle qualité

IV.4.6 Etiquetage

IV.4.7 Entreposage

IV.5 Les entreprises en région

L'ONAB

IV.5.1 Nutrition animale

IV.5.1.1 Prémix

IV.5.1.2 Les aliments

IV.5.1.3 CMV

IV.5.2 Elevage

IV.5.2.1 Filière chair

IV.5.2.2 Filière ponte

IV.5.3 Produits issus de l'abattage et transformations

IV.5.4 Laboratoire et analyses physico-chimiques

Conclusion

Résumé

En Algérie l'industrie des aliments de bétail fonctionne sur la base des matières premières en majeure partie importées à cause de la faiblesse de la production locale (Luzerne, maïs, tourteaux,...) qui constituent l'essentiel de la structure des aliments.

L'amélioration du niveau d'adéquation entre les besoins nutritionnels des animaux et les disponibilités fourragères locales passe impérativement par l'intensification de la production fourragère, la recherche de ressources fourragères alternatives (Sulla, luzerne, atriplex), protéagineux et la valorisation des sous-produits agricoles et agro-industriels (sons de blé, drèches de brasseries, déchets d'agrumes et tomates, pulpes de betteraves, grignons d'olives et rebuts de dattes).

La nécessité de recenser ces sources alternatives fait l'objet de notre travail, afin qu'elles soient d'avantage utilisées et incorporées par les éleveurs à des taux optimum pour des rations alimentaires équilibrées chez différentes espèces d'élevages. Quelques résultats que nous avons trouvés concernant les taux d'incorporations et sources alternatives potentielles se présentent ainsi :

- 30% de pois dans l'aliment des poules pondeuses, 37% pour la féverole.
- 30% de fève dans l'alimentation de vaches laitières.
- 40% de luzerne dans un aliment pour lapins en croissance, permet à ces derniers de fixer suffisamment de d'acides gras oméga 3 pour couvrir près de 25% des besoins de l'homme par la consommation de 100 g de viande de lapin.
- L'association de drêche de brasserie à (27%) et du son de blé à (72%), sous forme de formule alimentaire simplifiée, minimise les coûts de revient, a permis d'atteindre des performances de croissance convenables, car comparativement au grain entier de blé, le son renferme 20% de protéines en plus, 2 fois plus de matières grasses, 4 fois plus de minéraux et 3 à 5 fois plus de vitamines.
- 20 et 30% d'incorporation de drêche de brasserie chez le lapin a permis de maintenir la vitesse de croissance (31g/j) et l'indice de consommation au même niveau que celui de l'aliment formulé à base du tourteau de soja.
- Un essai réalisé sur l'engraissement des taurillons avec des rations à base de foin de vesce avoine avec des compléments contenant de la mélasse, résulte des gains de poids vif remarquables, 1,009 Kg/tête/jour pour la ration mélasse urée contre 0,885Kg/tête/jour pour la ration témoin.
- La pulpe de betterave déshydratée est une source de fibres digestibles, la plus couramment incorporée dans l'alimentation du lapin. Le taux d'incorporation moyen de l'ordre de 12%.
- Les teneurs en MG et en PB du lait de chèvres produit à partir d'une ration à laquelle on a incorporé du grignon d'olive sont significativement plus élevées à celles obtenues par le lot auquel se dernier n'a pas été incorporer (4,23 % vs 3,10% et 36,0 vs 34,6 g / kg MS).
- Les rebuts de dattes peuvent être classés parmi les aliments concentrés énergétiques pouvant même se substituer aux céréales.

Les sources alternatives permettent une autonomie alimentaire, d'autant plus que les résultats zootechniques des performances sont équivalents et parfois meilleurs que celles obtenues avec les produits d'importations, tant au point de vue nutritionnel qu'économique en allégeant les factures d'importations, Les matières premières locales méritent donc d'être étudiées plus précisément.

Mots clés : Algérie, alimentation animale, matières premières, sources alternatives, rations alimentaires, additifs alimentaires, aliment industriel.

Abstract

In Algeria the feed industry operates on the basis of raw materials mostly imported because of the weakness of local production (alfalfa, corn...) which constitute the bulk of the structure of food.

Improving the level of adequacy between the nutritional needs of animals and the local fodder availability requires the intensification of fodder production, the search for alternative fodder resources (Sulla, alfalfa, atriplex), protein crops and the valorization of agricultural and agro-industrial by-products (wheat bran, brewery grains, citrus and tomato waste, beet pulp, olive pomace and date scraps).

The need to identify its alternative sources is the subject of our work, so that they are more used and incorporated by breeders at optimum rates for balanced feed rations to different farmed species. Some of the results we have found regarding incorporation rates and potential alternative sources is as follows:

- 30% peas in the feed for laying hens, 37% for faba beans.
- 30% of fava beans in the feed of dairy cows.
- 40% of alfalfa in a feed for growing rabbits, allows the latter to fix enough omega 3 fatty acids to cover nearly 25% of human needs by consuming 100 g of rabbit meat.
- The combination of brewers' grains at (27%) and wheat bran at (72%), in a simplified feed formula, minimizes costs, has made it possible to achieve suitable growth performance, because compared to whole wheat grain, bran contains 20% more protein, 2 times more fat, 4 times more minerals and 3 to 5 times more vitamins.
- 20 and 30% incorporation of brewers' grains in rabbits helped maintain the growth rate (31g/d) and feed conversion rate at the same level as that of the soybean meal-based formulated feed.
- A trial carried out on the fattening of bull calves with rations based on vetch oat hay with molasses-containing supplements resulted in remarkable live weight gains, 1.009 Kg/head/day for the molasses urea ration versus 0.885 Kg/head/day for the control ration.
- Dehydrated beet pulp is a source of digestible fiber, the most commonly incorporated in rabbit feed. The average incorporation rate is around 12%.
- The fat and protein content of goat's milk produced from a ration to which olive pomace has been incorporated is significantly higher than that obtained by the batch to which it was last not incorporated (4.23% vs. 3.10% and 36.0 vs. 34.6 g/kg DM).
- Date scraps can be classified as concentrated energy foods that can even be used as a substitute for cereals.

Alternative sources allow food autonomy, especially since the zootechnical results of performances are equivalent and sometimes better than those obtained with imported products, both from a nutritional and economic point of view by reducing import bills. Local raw materials therefore deserve to be studied more precisely.

Key words: Algeria, animal feed, raw materials, alternative sources, food rations, food additives, industrial food.

ملخص

في الجزائر ، تعمل صناعة الأعلاف الحيوانية على أساس المواد الخام ، ومعظمها مستورد بسبب ضعف الإنتاج المحلي (البرسيم ، والذرة ، إلخ) التي تشكل الجزء الأكبر من هيكل العلف.

يتطلب تحسين مستوى الكفاية بين الاحتياجات الغذائية للحيوانات وتوافر الأعلاف المحلية تكثيف إنتاج الأعلاف ، والبحث عن موارد علفية بديلة (سولا ، البرسيم ، أتريليكس) ، والمحاصيل البروتينية وتقييم المحاصيل الفرعية - المنتجات الزراعية والصناعية الزراعية (نخالة القمح ، حبوب البيرة المستهلكة ، مخلفات الحمضيات والطماطم ، لب البنجر ، ثفل الزيتون وفضلات التمر)

إن الحاجة إلى تحديد مصادرها البديلة هو موضوع عملنا ، بحيث يتم استخدامها بشكل أكبر وإدماجها من قبل المربين بمعدلات مثالية للحصول على حصص غذائية متوازنة لأنواع مختلفة من الماشية. فيما يلي بعض النتائج التي وجدناها فيما يتعلق بمعدلات التأسيس والموارد البديلة المحتملة:

- 30٪ بازلاء في أعلاف الدجاج البياض ، 37٪ لحبوب البقول.
- 30٪ فول في غذاء أبقار الألبان.
- 40٪ من البرسيم في علف الأرانب النامية ، يسمح لهم بإصلاح ما يكفي من أحماض أوميغا 3 الدهنية لتغطية ما يقرب من 25٪ من احتياجات الإنسان عن طريق استهلاك 100 غرام من لحم الأرانب.
- الجمع بين الحبوب المستهلكة للبيرة (27٪) ونخالة القمح (72٪) ، في شكل صيغة علف مبسطة ، يقلل من تكاليف الإنتاج ، ويسمح بتحقيق أداء نمو مناسب ، لأنه نسيبًا حبوب القمح الكاملة ، النخالة تحتوي على 20٪ بروتين أكثر ، ضعف كمية الدهون ، 4 أضعاف المعادن و 3 إلى 5 أضعاف الفيتامينات.
- أدى إدراج 20 و 30٪ من حبوب البيرة المستهلكة في الأرانب إلى الحفاظ على معدل النمو (31 جم / يوم) ومؤشر الاستهلاك عند نفس مستوى العلف المصنوع من مسحوق فول الصويا.
- اختبار تم إجراؤه على تسمين صغار الثيران بالحصص المعتمدة على قش الشوفان مع مكملات تحتوي على دبس السكر ، مما أدى إلى زيادة ملحوظة في وزن الجسم ، 1.009 كجم / رأس / يوم لحصة دبس السكر مقابل 0.885 كجم / رأس / يوم لحصة التحكم.
- لب البنجر المجفف هو مصدر للألياف القابلة للهضم ، وغالبًا ما يتم دمجها في علف الأرانب. يبلغ متوسط معدل التأسيس حوالي 12٪.
- محتوى الدهن في حليب الماعز المنتج من الحصة التي تم دمج ثفل الزيتون فيها أعلى بكثير من تلك التي تم الحصول عليها بواسطة الدفعة التي لم يتم دمج هذا الأخير فيها (4 ، 23٪ مقابل 3.10٪ و 36.0 مقابل 34.6 جم / كجم).
- يمكن تصنيف قصاصات التمر على أنها مركبات للطاقة يمكن أن تحل محل الحبوب.

سمح المصادر البديلة بالاستقلالية الغذائية ، خاصة وأن نتائج الأداء في تربية الحيوانات تكون متكافئة وأحيانًا أفضل من تلك التي تم الحصول عليها من المنتجات المستوردة ، سواء من وجهة نظر غذائية أو اقتصادية عن طريق تقليل فواتير الاستيراد ، لذلك فإن المواد الخام المحلية تستحق الدراسة بدقة أكبر.

الكلمات المفتاحية: الجزائر ، أعلاف حيوانات ، مواد خام ، مصادر بديلة ، حصص غذائية ، إضافات غذائية ، أغذية صناعية.

Liste des abréviations

Ca : Calcium.

Cl : Chlore.

CMV : Complément Minéral Vitaminé.

Co : Cobalt.

Cu : Cuivre.

Fe : Fer.

I : Iode.

K : potassium.

DSA : Direction des Services Agricole.

FAO : Organisation des nations unis pour l'Agriculture et l'Alimentation

MADRP : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la pêche

INRAA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

ITELV : Instituts Techniques des Elevages

INRA : Institut National Agronomique

ONAB : Office National des Aliments du Bétail

DA : Dinars Algérien.

FAB : Fabrication d'Aliment de Bétail.

HCDS : Haut Commissariat du Développement de la Steppe.

EM : Energie Métabolisable.

MAT : Matière azotée totale

MAD : Matière azotée digestible

PDI : Protéines digestibles dans l'intestin

PDIA : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire

PDIM : Protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire d'origine microbienne

MS : Matière Sèche

MG : Matière Grasse

MA : Matière Azotée

MO : Matière Organique

MM : Matière minérale

CB: Cellulose brute

ADL: Acide Detergent Lignin

ADF: Acid Detergent Fiber

NDF : Neutral Detergent Fiber

UFL : Unité Fourragère Lait

UFV : Unité Fourragère Viande

Liste des tableaux

Tableau 1 : Superficies, productions et rendements 2016

Tableau 2 : Les importations de maïs destinées à l'alimentation avicole en millions de quintaux (MQT)

Tableau 3 : Composition chimique approchée des principales parties du grain de maïs

Tableau 4 : Recommandations pour l'alimentation du bétail

Tableau 5 : Composition chimique du grain de blé

Tableau 6 : La valeur énergétique de l'orge

Tableau 7 : La valeur azotée de l'orge

Tableau 8 : Composition chimique de l'orge en (%)

Tableau 9 : Composition chimique du sorgho

Tableau 10 : Composition chimique et valeur énergétique de l'avoine

Tableau 11 : Composition chimique du colza

Tableau 12 : Les valeurs alimentaires du tourteau de soja

Tableau 13 : Valeurs nutritives et alimentaires du tourteau de tournesol destiné aux ruminants

Tableau 14 : Composition chimique et valeur nutritive estimée des aliments expérimentaux

Tableau 15 : Composition chimique de la féverole à fleurs blanches

Tableau 16 : Composition chimique du pois

Tableau 17 : Valeur énergétique moyenne du lupin

Tableau 18 : Composition chimique du lupin blanc

Tableau 19 : Composition chimique (%MS) du grain de blé et de ses différentes fractions

Tableau 20 : Taux d'incorporation du son de blé dans le régime alimentaire de différentes espèces animales

Tableau 21 : La valeur énergétique des drèches de brasserie

Tableau 22 : La valeur azotée des drèches de brasserie

Tableau 23 : Composition chimique de la drèche de brasserie

Tableau 24 : Niveau de distribution de la mélasse en alimentation des ruminants

Tableau 25 : Composition chimique de la mélasse de canne

Tableau 26 : Composition chimique de la pulpe de betterave

Tableau 27 : Taux d'incorporation des pulpes de betterave dans l'aliment composé chez différentes espèces

Tableau 28 : Composition chimique (g/Kg MS) des feuilles de figuier

Tableau 29 : Composition chimique (g/Kg MS) des foins de Sulla

Tableau 30 : Composition chimique des lactosérums

Tableau 31 : Composition chimique des pulpes d'agrumes

Tableau 32 : Composition chimique moyenne de la pulpe de tomate fraîche

Tableau 33 : Composition chimique indicative des différents types de grignons

Tableau 34 : Composition chimique et valeurs énergétiques des rebuts de dattes

Tableau 35 : Additions recommandées d'oligo-éléments pour poulet de chair

Tableau 36 : Unités de fabrications d'aliments de bétail

Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la production de fourrage en Algérie entre 2016 et 2017, par type de fourrage (en milliers de quintaux)

Figure 2 : Production mondiale du maïs 2018-2019

Figure 3 : Prix mensuel du maïs en Dinars Algérien / Tonne métrique

Figure 4 : Prix de l'orge en Dollars américains / Tonne métrique

Figure 5 : Prix du sorgho en Dollars américains / Tonne métrique

Figure 6 : Prix du tourteau de soja en Dinars algérien / Tonne métrique

Figure 7 : Prix du tourteau de tournesol en Dinars Algérien / Tonne métrique

Liste des images

Image 1 : Grains et épis de maïs (*Zea mays*)

Image 2 : Grains de blé (*Triticum*)

Image 3 : Grains et épis d'Orge (*Hordeum vulgare*)

Image 4 : Grains de Sorgho (*Sorghum bicolor*)

Image 5 : Grains d'avoine (*Avena sativa*)

Image 6 : Grains et épis de seigle (*Secale cereale*)

Image 7 : Bouchons de tourteaux de colza (*Brassica napus*)

Image 8 : Bouchons et farine de tourteaux de soja (*Glycine max*)

Image 9 : Bouchons de tourteaux de tournesol (*Helianthus annuus*)

Image 10 : Fève (*Vicia faba*)

Image 11 : Féverole (*Vicia faba L minor*)

Image 12 : Pois fourrager (*Pisum sativum L*)

Image 13 : Lupin blanc (*Lupinus albus*)

Image 14 : Son de blé

Image 15 : Drèche de brasserie

Image 16 : Composition de différentes formes de pulpes de betterave

Image 17 : Feuilles de figuiers (*Ficus carica L*)

Image 18 : Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*)

Image 19 : Feuilles de Frêne (*Fraxinus angustifolia*)

Image 20 : Le grignon d'olives

Image 21 : Rebuts de dattes

Introduction

L'alimentation animale joue un rôle déterminant dans l'industrie alimentaire mondiale et permet de produire, partout dans le monde, des denrées alimentaires d'origine animale d'une manière économiquement viable.

Les aliments pour bétail sont fabriqués soit par des entreprises industrielles soit par simple mélange sur le lieu de production. Il existe différents termes pour désigner ces aliments que l'on peut qualifier « d'aliments industriels », « d'aliments formulés », « d'aliments en mélange » ou encore « d'aliments composés ».

Une fois fabriqués de manière industrielle suite à l'avancé de la science en terme aliment, par la connaissance de sa composition chimique et sa valeur nutritionnel, en terme animal, par la bonne connaissance de ses besoin en énergie, protéines, fibres, vitamines et minéraux qui diffèrent selon la race, l'âge, conditions d'élevages très diverses, stade physiologique,

L'aliment industriel est distribué à l'animal pour permettre donc l'amélioration voir la perfection dans les activités d'élevage à travers la couverture des besoins nutritionnels impliquant une meilleure rentabilité puisque ce dernier a pour but l'assurance d'une croissance rapide de l'animal et l'enchérissement excessif des produits bruts et finaux (viande, lait et dérivés,...)

En Algérie, l'industrie des aliments du bétail fonctionne sur la base des matières premières en majeure partie importées à cause de la faiblesse des ressources locales pouvant contribuer à l'amélioration qualitative de la ration animale (Blé, maïs, tourteaux,...) qui constituent l'essentiel de la structure des aliments.

A titre d'exemple, la production locale de tourteaux, source protéique indispensable pour l'alimentation animale est très faible pour l'alimentation animale, cela est dû essentiellement aux conditions climatiques de notre pays, au fait que cet oléagineux soit encore à l'échelle expérimentale en Algérie, mais aussi 90% des besoins algériens en huiles alimentaires (hors huile d'olive) sont couverts par l'importation d'huiles brutes (essentiellement de soja) qui sont raffinées sur place (Djamel, 2015).

Cela entraîne des importations massives de graines oléagineuses, huiles et tourteaux pour l'alimentation animale, qui entre janvier et fin août 2018, ont augmenté pour atteindre 476,4 millions de dollars (ministère du commerce, 2018).

La dépendance algérienne pour les céréales importées (principales sources énergétiques) étant 30% pour l'alimentation animale, dont des quantités très importantes de maïs sont importées pour combler le déficit fourrager, selon le Conseil international des céréales qui classe l'Algérie parmi les principaux pays importateurs de maïs, cette céréale est un principal intrant pour la fabrication d'aliments de bétail et de volaille, En janvier de l'année 2020 l'office national des aliments de bétail (ONAB), aurait acheté 15 000 tonnes de maïs (Litamine, 2020).

En élevage à un niveau rationnel du lapin, l'alimentation représente le poste des dépenses le plus élevé, 60% à 70% (Maertens et Gidenne, 2016). Le prix élevé de l'aliment demeure l'un des obstacles majeurs au développement de cette filière. En grande partie, les matières premières importées reviennent excessivement chères, c'est le cas de celle indiquée précédemment. À titre indicatif, le prix de l'aliment unique (mixte), le seul disponible sur le marché, a été de 4000 DA le quintal en juin 2012 (Kadi, 2012), actuellement estimé entre 3500 et 5500 DA/qt, cela dépend essentiellement de la composition de chaque aliments et de l'espèce concerné.

La nécessité de valoriser ces sous-produits agro-industriels en alimentation animale serait donc à l'ordre du jour, cela permettrait de comblé une bonne partie des besoins en fourrages et d'autre part, la généralisation de l'utilisation des sous-produits de l'agro-industriels tels que les déchets d'agrumes, tomates, maïs, rebuts de dattes, grignons d'olives etc... En alimentation animale.

L'objectif de se présent travail est de recenser le maximum des matières premières utilisées en alimentation animale tant standards qu'alternatives, la manière dont elles sont associées, si ses dernières sont équivalentes à leur égaux importées à coûts de devise au point de vue nutritionnel, et enfin si leurs mise en place est réellement une politique de substitutions de produits importés. Pour cela on a établi le plan suivant :

En chapitre 1 : recensement et présentation des matières premières les plus utilisées tels que les céréales, principales sources d'énergie à savoir (le blé, maïs, orge sorgho, etc.), les tourteaux sources protéiques pas excellence (tourteaux de colza, soja et tournesol). En notant les taux de productions et d'importations, la composition chimique de chacune de ces matières mais aussi leurs utilisations pour certaines espèces animales.

En chapitre 2 : recensement et présentation de quelques matières alternatives (co-produits) disponibles en Algérie, leurs taux de production au niveau national, valeurs nutritionnelles et niveau de substitutions aux matières premières standards.

En chapitre 3 : recensement et classification des différents additifs utilisées en alimentation animale, importance et objectifs de chacun, et la manière dont elles sont associées et incorporées à une ration alimentaire animale.

En chapitre 4 : présentation de l'aliment industriel pour animaux d'élevage, du processus de formulation de celui-ci, des différents éléments que compose la filière tant au niveau du personnel, des infrastructures que de l'hygiène. Et pour terminer recensement de quelques entreprises national de fabrication d'aliments pour animaux, et présentation de l'une d'elle publique, qui est l'ONAB (Office National des Aliments pour Bétail).

Chapitre I
Les Matières premières
standards
Utilisées en alimentation
Animale

I.1 Les ressources fourragères

L'Algérie, par la diversité de ses milieux et de ses terroirs, constitue un immense réservoir de plantes diverses en particulier d'intérêt pastoral et fourrager.

Depuis des millénaires, la production animale a été associée à toutes les pratiques agricoles. La valorisation des sous-produits de la céréaliculture, de l'arboriculture et des cultures maraîchères constitue un élément déterminant dans l'alimentation du cheptel (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

D'une manière générale, les cultures fourragères classiques ont augmenté et évolué en même temps que l'accroissement du cheptel (Figure 1) mais de façon moins rapide. La vesce-avoine (légumineuse associée à une graminée), l'avoine (*Avena sativa*), l'orge (*Hordeum vulgare*) sont cultivées, récoltées et conservées de façon telle qu'il s'agit le plus souvent de fourrages grossiers.

Le choix, la conduite et l'exploitation des cultures fourragères sont souvent peu maîtrisés. La diversification des cultures fourragères et des méthodes de conservation reste très limitée (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

Les graminées fourragères comme l'orge, l'avoine et parfois le triticale (hybride entre le blé dur ou tendre et le seigle) constituent des ressources très importantes utilisées en vert (pâturage et/ou fauche) ou en conserve (foin rarement ensilage). Ces graminées et leurs associations avec les légumineuses (vesce, pois, gesse) sont les cultures fourragères dominantes. Il faut souligner que l'orge sous toutes ses formes (pâturage en vert -gsil-, fauchée, en grain) constitue l'un des éléments clés des systèmes fourragers de l'Afrique du Nord (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

En hiver et au printemps, le bersim ou trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum*) constitue souvent la seule ressource fourragère verte pour le cheptel bovin laitier. Il est relayé en été par la luzerne pérenne et le sorgho ou le sudan-grass dans certaines régions. Le maïs fourrager est rarement utilisé, surtout dans les rares endroits où l'eau ne constitue pas un facteur limitant. Le sorgho est la culture estivale la plus pratiquée compte tenu de sa résistance à la sécheresse. La luzerne pérenne joue aussi un rôle non négligeable particulièrement dans les oasis (Abdelguerfi et Laouar, 1999).

I.1.1 Les jachères

Bien d'avantage que les prairies naturelles, la jachère qui est une terre nonensemencée, subissant des labours de printemps et d'été pour préparer les semailles d'automne, non cultivée temporairement pour permettre la reconstitution de la fertilité du sol, constitue l'un des principaux pâturages dans le Maghreb.

Plus récemment, en Algérie, l'apport des jachères a été estimé à 1 444 millions d'UF, soit 9,3% de l'offre fourragère totale (Houmani, 1999) ceci montre leur importance en tant que ressource fourragère et alimentaire malgré leur très bas niveau de production, estimé à 360 UF/ha (Abbas et Abdelguerfi, 2005).

I.1.2 Les prairies

En Algérie, les prairies naturelles ont fortement régressé durant la période coloniale. Les prairies, de bas-fonds et des bords d'oued, ont été défrichées et utilisées par la céréaliculture, la viticulture et/ou l'arboriculture, les cultures maraîchères, certaines prairies ont été loties pour la construction d'habitations. La régression de la superficie des prairies naturelles s'est poursuivie depuis l'indépendance à nos jours (Abbas et *al*, 2005).

Tout le Nord et particulièrement le Nord-Est de l'Algérie (El Tarf, Annaba, Skikda, Jijel, Béjaïa...) (Belair et *al*, 1988), compte tenu de la forte pluviosité, renferme des superficies importantes de terres à vocation prairiale qui sont en train de régresser sous l'effet du défrichement et leur mise en culture (Abbas et *al*, 2005).

En effet, l'absence d'une approche globale du développement agricole et la volonté d'intensification trop spécifique de certaines spéculations (céréaliculture) ont induit une continue destruction des espaces prairiaux (Abbas et *al*, 2005).

I.1.3 Les parcours

L'importance des parcours et de la production du bétail en Algérie est relativement grande à la fois sur les plans de la superficie utilisée, de la valeur ajoutée agricole et de l'emploi.

Les intérêts économiques en jeu sont considérables au plan interne et cela peut, partiellement, expliquer pourquoi les réformes en ces domaines sont si prudentes et délicates à réaliser (Abdelguerfi et *al*, 2008).

I.1.4 Les espèces fourragères principales cultivées en Algérie

A. L'orge

L'orge occupe une place importante parmi les espèces. Par sa production en vert, en foin (en association avec d'autres espèces), en ensilage et par son grain et sa paille, il est l'élément clé de toute la production fourragère en Algérie. Dans toute les régions, du nord au sud cette espèce reste la plus importante les variétés Saida et Tichedrett sont les plus utilisées toutes les autres variétés introduites n'ont pu la détrôner (INRAA, 2006).

B. L'avoine

Le genre *Avena* est représenté en Algérie par une douzaine d'espèces spontanées dont la plus connue est *A.sterilis* (ssp.*macrocarpa* et *Ludoviciana*). Elle est utilisée en vert, foin et ensilage. Plusieurs variétés locales ont été sélectionnées avant l'indépendance. Depuis, plusieurs variétés ont été introduites.

En fourrage, lorsque la plante récoltée avant l'épiaison, elle constitue un bon aliment pour les ruminants.

Le grain, peut être utilisé en alimentation animale mais il est moins bien apprécié que le blé, présence d'ergot (toxine troubles nerveux, ...) d'alcaloïdes (résorcinol, goût amer moins dans les nouvelles variétés, beaucoup de NSP et les pétoüanes. Bon piège à nitrate, comme la moutarde il gèle en hiver (Hamadache, 2000). On distingue deux grandes catégories de fourrages : les fourrages verts et les fourrages secs. Dans la totalité des exploitations, quelle que soit leur S.A.U, l'avoine est dominante car utilisée comme ration de base, elle est suivie de l'orge et de l'association vesce avoine (en sec et en vert) dans respectivement 77% et 34%, 21% et 30% des unités. La plus part des éleveurs (87%) exploitent les prairies naturelles. Ce pourcentage élevé coïncide avec la période de sa disponibilité durant la période de notre étude (hiver-printemps) (Devun et Legarto, 2011).

C. Le maïs

Actuellement, il est important de mentionner qu'il existe quelques populations de maïs (taille très réduite, cycle relative très court, épis très réduit) qui font l'objet d'une culture (sur les bords des séguias) assez réduite au niveau des oasis. Le maïs commun (*Zea mays* L. var.vulgaris K.) qui comprend plusieurs variétés cultivés : le maïs blanc, le maïs rouge, le maïs perlé souvent mélangées et hybridées (INRAA, 2006).

D. Le sorgho

Il existe deux espèces en Algérie *Sorghum halepense* (L.) pers. Et *S.annuum* trab. Les sorghos cultivés sont de deux sortes : le sorgho blanc ou bechna et le sorgho noir ou dra. Ils forment un groupe de variétés que l'on distingue par leur panicule compacte (*sorghum vulgare* L. var.*contractus* Korn.). On trouve dans les cultures, du sorgho à panicule lâche étalée, dont les graines ne diffèrent pas sensiblement de ceux de la bechna (INRAA, 2006).

E. La luzerne

La luzerne constitue l'espèce fourragère la plus cultivée au niveau des régions sahariennes. Elle s'adapte à toutes les conditions pédoclimatiques du sud. Elle domine le groupe des légumineuses dans les oasis, elle représente la part la plus importante dans le calendrier fourrager grâce à son potentiel productif, sa valeur nutritive et son action bénéfique sur la structure du sol.

Une luzerne déshydratée couvre de 150 à 200% des besoins en cellulose ou en lignine, éléments essentiels pour la santé digestive des lapins. Elle est donc un atout santé pour les lapins. Et elle couvre aussi très largement (de 2,5 à plus de 10 fois) les besoins pour toutes les vitamines A, D, E et K. C'est un atout de sécurité pour les lapins.

L'incorporation de 40% de luzerne dans un aliment pour lapins en croissance permet à ces derniers de fixer suffisamment de d'acides gras oméga 3 pour couvrir près de 25% des besoins de l'homme par la consommation de 100 g de viande de lapin (SAYESSE M. ITELV).

La luzerne pérenne

Les variétés locales connues sont toujours disponibles dans le sud (Oasis). La variété Témacine est la plus connue. Il semble qu'il existe d'autres variétés ou populations locales utilisées dans certaines oasis. Les différentes introductions faites par les organismes étatiques n'ont jamais intéressé les agriculteurs locaux. Dans le nord du pays, les variétés cultivées sont toutes introduites (INRAA, 2006).

Les luzernes annuelles

Elles sont cultivées durant une période très courte. Les variétés cultivées proviennent d'Australie. Actuellement aucune variété n'est cultivée à grande échelle. Il existerait en Algérie près d'une vingtaine d'espèces du genre *Medicago* (INRAA, 2006).

F. La luzerne arbustive

Elle a souvent été utilisée comme plante ornementale dans le nord de l'Algérie. Cette espèce fourragère et mellifère a fait l'objet d'utilisation importante au niveau de certaines régions de mise en valeur et de restauration des parcours steppiques (INRAA, 2006).

G. Les atriplex

Sont les espèces les plus intéressantes et les plus importantes pour les régions sèches et salées. Certaines espèces sont spontanées en Algérie, d'autres ont été introduites durant la période coloniale : *Atriplex nummularia*, par la suite d'autres ont été introduites comme *Atriplex canariensis*, *A.leucoclada*, *A.polycarpa*. D'importantes plantations à base de ses dernières ont été réalisées par le Haut Commissariat du Développement de la Steppe (HCDS), dans le cadre d'une politique participative (INRAA, 2006).

H. Le frêne

Il est représenté en Algérie par deux espèces, le plus utilisé dans le nord et particulièrement en Kabylie est *Fraxinus augustifolia*. Cet arbre fait l'objet d'une exploitation rigoureuse et régulière en Kabylie (INRAA, 2006).

I. Les Cactus

Le cactus inerme a fait l'objet de plusieurs projets menés par la FAO en Algérie. Les vergers et les collections installés dans des régions comme Berrouagouia semblent avoir disparu. L'*Opuntia ficus indica*, particulièrement la forme *inermis*, fait l'objet d'une importante utilisation dans les régions steppiques et ce dans le cadre des programmes du HCDS. Après l'*Atriplex canariensis*, le cactus inerme est l'espèce la plus utilisée et la plus demandée (INRAA, 2006).

J. Le Sulla

Pour ce genre les introductions sont inexistantes. Durant les différentes prospections, l'espèce *Hedysarum humile*, mentionnée comme rare dans les flores, n'a jamais été rencontrée. Certaines espèces endémiques risquent de subir une érosion génétique si leurs biotope n'est pas préservé.

Les espèces les plus fréquentes sont : *Hedysarum spinosissimum* ssp. *capitatum* (ou *H. glomeratum*), *H. flexuosum* dans le centre nord, *H. coronarium* dans le nord-est (INRAA, 2006).

K. Le Ray Gras

Le genre *Lolium* est représenté en Algérie par six espèces et sous-espèces (Quezel et Santa, 1962). Les espèces fourragères les plus intéressantes sont *Lolium perenne* L., *Lolium rigidum* Grand et *Lolium multiforum* Lamk ssp. *italicum* (A. Br.) Schinz et Keller. Cette dernière, très cultivée en Europe, est considérée comme une mauvaise herbe dans les régions humide de l'Algérie, très récemment avec l'événement du 'programme lait' quelques lots de semences sont introduits (INRAA, 2006).

Les ressources fourragères étudiées sont riches en minéraux puisque 75% dépassent les 8% et 25% dépassent même 21%. Selon (Leng, 1997), les richesses en éléments minéraux et en vitamines sont des qualités très importantes des fourrages arbustifs et arborés.

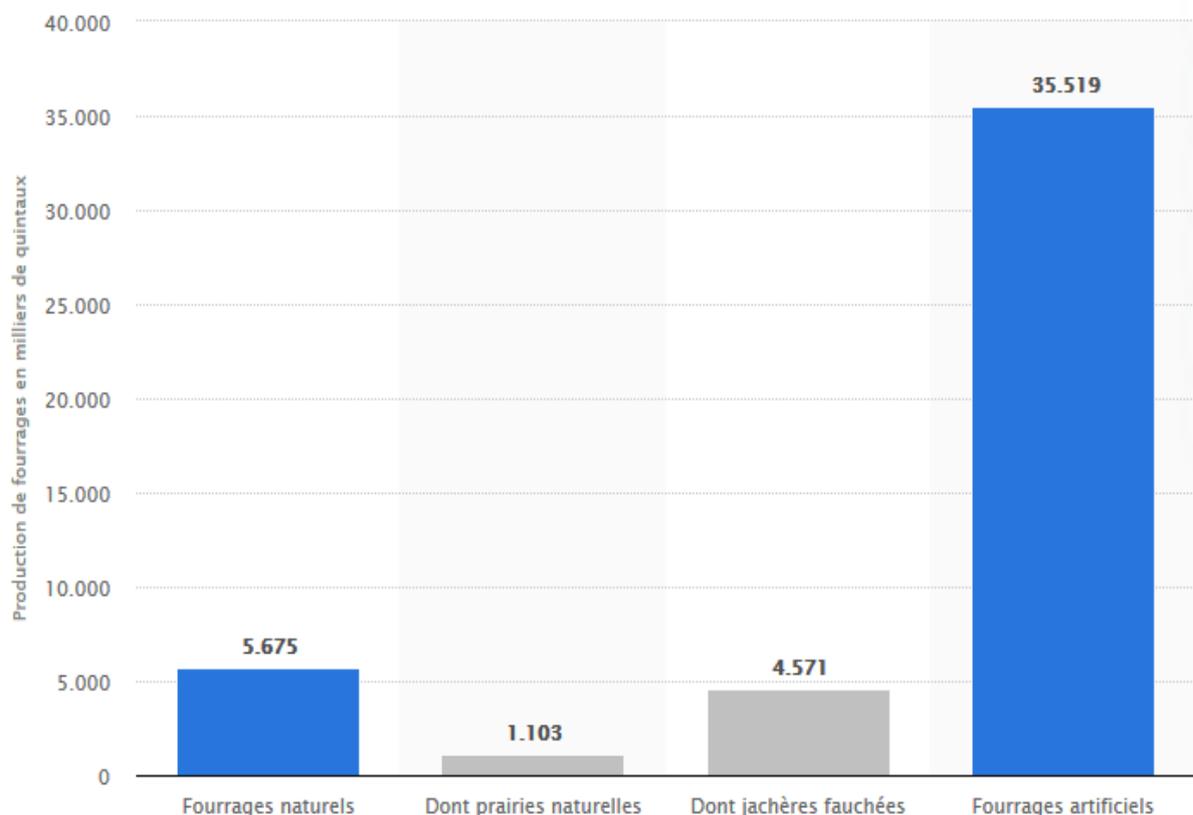
Globalement, les fourrages étudiés sont aussi riches en fibres puisque les teneurs moyennes en NDF dépassent 45% alors que celles en ligno-cellulose (ADF) sont de 30%. De plus, les quartiles montrent que 25 % de ces ressources fourragères ont une teneur en NDF égale ou supérieure à 52 % et que 25% ont une teneur en ligno-cellulose égale ou supérieure à 35 %. Les palmes de *P. dactylifera* enregistrent le maximum de fibres (NDF > 89 % et ADF > 65%) alors que le taux minimum de NDF est représenté par les feuilles de grenadier (22%) et celui d'ADF par *Acacia julibrissin* (9%). Pour ce qui est du taux de lignine (ADF), la moyenne est de 12,3% et l'étude des quartiles montre que 75% des ressources répertoriées dans le tableau 2 ont une teneur en ADL > 8,5%. Ceci est attendu car ce type de sources fourragères sont, justement, désignées par fourrages ligneux.

- *Salsola foetida* atteint 34% en minéraux.
- *Calobota saharae* récoltée en été est la plus pauvre avec 0,39% MM.
- L'amande de *Zizyphus lotus*, pauvre en minéraux totaux, mais riche en manganèse selon (Boudraa et al, 2010).
- *Suaeda mollis* récoltée au printemps a un taux de MAT de 16,5 % de MS, (Laudadio et al, 2009). et ne dépasse pas 0,8 % de MAT. D'ailleurs cette espèce est un exemple type de la grande variabilité de la composition chimique observée dans les différentes publications scientifiques travaillées. En effet, selon la saison (automne, printemps, été) elle varie de 0,82% à 19,3 %.

- Des espèces comme *Acacia nilotica*, *Acacia julibrissin*, *Atriplex canescens*, *Atriplex halimus*, *Fraxinus angustifolia*, *Ficus carica*, *Punica granatum*, *Zygophyllum album* se caractérisent par des MAT > 10% MS et des taux de NDF < 30% MS ; elles sont donc comparables aux fourrages tempérés de bonne qualité.
- Des espèces comme *Anabasis articulata*, *Calobota saharae*, *Ceratonia siliqua*, *Ephédra alata*, *Genista saharae*, *Limoniastrum guyonianum*, *Phoenix dactylifera*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Randonia africana*, *Rhanterium adpressum*, *Thymelaea microphylla*, *Traganum nudatum* et *Zilla spinosa* ont des teneurs en MAT < 10% et des teneurs en NDF > 50% ; elles peuvent donc être assimilées à des fourrages pauvres. D'ailleurs leur apport en UF varie de 0,3 à 0,6 unités/kg MS alors que ceux en PDI varient 25 à 69 g/kg MS.

Figure 1 : Évolution de la production de fourrages en Algérie entre 2016 et

2017, par type de fourrage (en milliers de quintaux) (Statista, 2017)



I.2 Les céréales

Les prévisions concernant l'utilisation mondiale de céréales en 2020-2021 s'établissent à 2 744 millions de tonnes, en retrait de 2,8 millions de tonnes depuis septembre, mais un niveau encore supérieur de 54,5 millions de tonnes (2 pour cent) aux estimations pour 2019-2020.

Un recul de 2.7 millions de tonnes depuis septembre s'explique principalement par le recul des prévisions concernant l'utilisation du maïs, qui est lui-même dû à une croissance plus faible de la demande dans les secteurs de l'industrie et de l'alimentation animale, en particulier dans l'Union européenne et aux États-Unis. Outre la réduction des perspectives concernant l'utilisation de maïs pour l'alimentation animale, la hausse prévue de l'utilisation d'orge dans l'alimentation animale a elle aussi contribué au relèvement des prévisions concernant l'utilisation d'orge, qui devrait croître de 6 millions de tonnes (4,1 pour cent) par rapport au niveau de l'année dernière, car on constate que la hausse des prix du maïs améliore la compétitivité de l'orge en rations alimentaires. À 757 millions de tonnes, les prévisions concernant l'utilisation totale de blé restent quasiment inchangées par rapport à celles de septembre, mais progressent de 5,8 millions de tonnes par rapport à 2019-2020, sous l'effet d'une hausse de la consommation en Asie, en particulier en Chine et en Inde (FAO, 2020).

Une grande partie de la production mondiale de céréale est destinée à l'alimentation des animaux d'élevage pour les pays développés, 56 % de la consommation est destinés à nourrir le bétail contre 23% dans les pays en voie de développement. Mondialement, 37 % de la production de céréales est destinée à nourrir les animaux d'élevages. Pratiquement toutes les céréales sont utilisées, même le blé traditionnellement réservé à l'homme, sous diverses formes (World Ressources Institute, 2008).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière.

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparait donc comme une spéculation dominante.

Spéculation pratiquée par la majorité des exploitations 60% de l'effectif global, associé à la jachère dans la majorité des exploitations.

Spéculation présente dans tous les étages bioclimatiques, y compris dans les zones sahariennes (RGA, 2001).

En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier (ministère de l'Agriculture).

L'évolution quinquennale de la production des céréales en résulte une augmentation de la production des blés de 77,8 % en moyenne entre 1961-65 et 2001-2005, passant de 1,257 à 2,687 million de tonnes. Cette augmentation est imputable surtout à l'amélioration des rendements. Cependant la superficie réservée aux blés a connu une chute de l'ordre de -9,64% en passant de 1,969 à 1,779 millions d'ha en moyenne durant la même période (Djermoun, 2009).

La production moyenne de l'orge a enregistré une augmentation de l'ordre de 87,58%, passant de 0,475 à 0,891 million de tonnes explicable aussi par une relative élévation des rendements, du moment que la superficie réservée à l'orge a connu aussi une chute de l'ordre de -18,64% durant la période considérée.

La production céréalère en Algérie est fortement dépendante des conditions climatiques. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la SAU, de la production et du rendement. Ainsi, le manque de précipitations, mais aussi la mauvaise répartition des pluies pendant l'année expliquent en grande partie la forte variation de la production céréalère.

Le soutien systématique des prix des produits céréaliers a été, en ce sens, à l'origine de l'accroissement de la consommation et, partant, de la demande en ces produits. C'est au marché mondial que la demande, ainsi suscitée, a été adressée.

Ces fluctuations se répercutent sur les importations, sur les finances de l'Etat (prix de soutien au blé tendre et subvention de la farine nationale de blé tendre (FNBT) et sur le revenu et les dépenses des agriculteurs (Djermoun, 2009).

La production céréalère s'est établie à 37,5 millions de quintaux pour la campagne 2014 2015, en hausse de 10% par rapport à la campagne 2013/2014, selon le ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche. Durant cette campagne, les régions de l'est du pays, où se trouvent des zones céréalères potentielles, ont pâti du stress hydrique durant la période allant de mars à avril, le rendement à l'hectare est resté inchangé par rapport à la campagne précédente, soit 14 q/ha.

Les données sur la superficie agricole utile occupée par les différentes céréales sont représentées dans le tableau N°01.

Tableau 01 : superficies, productions et rendements 2016 (DAS, 2016)

	Superficie (ha)	Production (T)	Rendement (T-ha)
Blé dur	1314014	2019938.97	1.54
Blé tendre	500708.17	636791.57	1.27
Orge	802336.44	1030556.38	1.28
Avoine	68095.5	68202.45	1.00
Total	2682154.11	3755489.37	

Les résultats représentés dans le tableau N° 1 montrent que le blé dur occupe une superficie moyenne de 1314014 ha très importants par rapport aux autres céréales. L'avoine vient en quatrième position avec une superficie moyenne de l'ordre de 68094.5 ha soit 2.53 %.

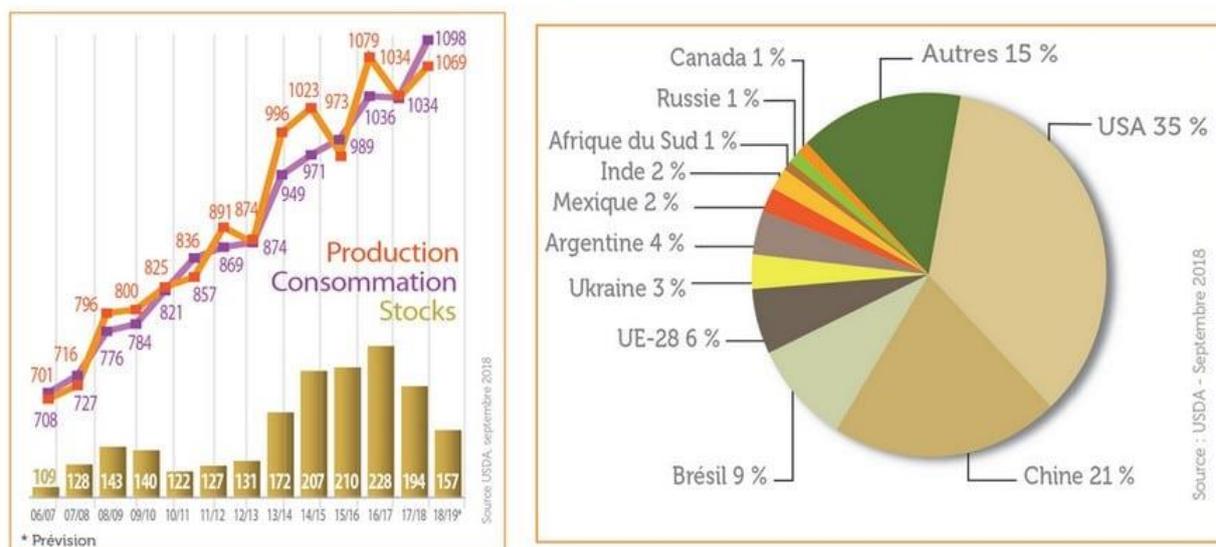
I.2.1 Le Maïs (*Zea mays*)



Image 01 : Grains et épis de maïs (*Zea mays*)

C'est la céréale la plus cultivée au monde, d'importantes surfaces sont également consacrées à la production de maïs-fourrage destiné à l'alimentation du bétail soit en vert, soit sous forme d'ensilage. Près de 170 millions d'hectares environ pour une production en hausse régulière à plus de 860 millions de tonnes, soit un rendement moyen de l'ordre de 50 q/ha. Un 2/3 du maïs mondial est américain et chinois, l'UE et du Brésil qui rivalisent selon les années à la 3ème place mondiale. Les USA réalisent 35% environ des volumes mondiaux avec une production qui oscille figure 2, au gré des aléas climatiques, dans une fourchette de 300 à 330 millions de tonnes sur une surface récoltée de l'ordre de 33 millions d'hectares, la Chine est le second pays producteur mondial de maïs 21% avec des volumes importants de l'ordre de 190 millions de tonnes, sur une surface d'environ 33 millions d'hectares, 70 % du maïs produit dans le monde est utilisé en alimentation animale » (Agpm, 2019).

Figure 02: Production mondiale du maïs 2018-2019 (USDA, 2018).



En Algérie et durant la période coloniale, les emblavements de maïs étaient de l'ordre de 35%, après cette période et jusqu'en 1972 on assiste à une baisse de rendement (18 à 14,1 qx) due au manque d'eau assurant l'irrigation et à la réduction des surfaces cultivées au détriment du développement de la production animale. Les régions ayant un fort potentiel pour la production du maïs, Naâma, Biskra, Ouargla et Ghardaïa avec des rendements qui sont estimés entre 80 et 100 quintaux/h (Leconews.com).

La dépendance algérienne pour les céréales importées étant 30% pour l'alimentation animale, dont des quantités très importantes de maïs sont importées pour combler le déficit fourrager. En 2009, l'Algérie en a acheté 2,2 millions de tonnes Tableau 02, selon le Conseil international des céréales qui classe l'Algérie parmi les principaux pays importateurs de maïs, dont les quantités sont mentionnées dans le tableau ci dessous. Cette céréale est un principal intrant pour la fabrication d'aliments de bétail et de volaille, En janvier de l'année 2020 l'office national des aliments de bétail (ONAB), aurait acheté 15 000 tonnes de maïs (Litamine, 2020).

Tableau 02 : Les importations de maïs destinées à l'alimentation avicole en million de quintaux (MQT) (Nouad, 2011).

Année	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Maïs	1 877851	1 516744	1 822031	2 446683	2 194161	2 282874	2 108784	2 200000

Le maïs est inclus dans les régimes avicoles premièrement comme source principale d'énergie. Il apporte aussi approximativement 20% des protéines dans un régime de démarrage pour volailles. La protéine de maïs contient des teneurs en acides aminés qui sont considérées être nutritivement faibles surtout pour le tryptophane et la lysine (Peter et *al*, 2000). Cependant, lors de la période finale d'alimentation, l'inclusion du maïs est normalement limitée à 50% car une partie des xanthophylles colorent la chair et son haut contenu en graisse insaturée provoque la formation de graisse molle dans les pièces de viande, possède une valeur énergétique qui est la plus élevée parmi toutes les céréales (Novak, 2004). La composition chimique est présentée dans le tableau 03 ci-dessous.

Tableau 03 : Composition chimique approchée des principales parties du grain de maïs (Burge et Duensing, 1989).

Composition chimique	Péricarpe	Albumen	Germe
Protéines (g/kg)	3.7	8.0	18.4
Extrait de l'éther (g/kg)	1.0	0.8	33.2
Fibres brutes (g/kg)	86.7	2.7	8.8
Cendres (g/kg)	0.8	0.3	10.5
Amidon (g/kg)	7.3	87.6	8.3
Sucre (g/kg)	0.34	0.62	10.8

Le maïs contient des facteurs antinutritionnels qui sont : la phytine, les inhibiteurs trypsiques et les lectines. Puis la digestion de l'amidon par les volailles n'est pas complète, puisque l'amidon est un polymère semi-cristallin de D-glucose ; mais pour élever la digestion de l'amidon chez le poussin il faut donner des enzymes pour faciliter cette digestion, qui sont : α -amylase, maltase et iso-maltase. Malgré que le maïs est considéré être très bien digéré par les volailles, il y a quelques évidences qui suggèrent que la présence d'amidon résistant limite la valeur énergétique du maïs (Weurding et *al*, 2001 ; Aaron, 2005).

Le maïs représente une matière première très intéressante pour l'industrie, à la fois pour fabriquer des produits alimentaires ou non alimentaires, mais aussi peut être valorisé pour l'alimentation du bétail, les grains comme le feuillage. Pour les bovins, on utilise le maïs plante entière, ou maïs fourrage :

- ❖ Il peut être consommé toute l'année grâce à l'ensilage, technique de conservation par fermentation. En fonction de la variété, des conditions de culture et de récolte, ou encore de la qualité de conservation.
- ❖ Il peut apporter jusqu'à 80 % de l'énergie et 40 % de l'azote nécessaire aux ruminants. En grain ou en fourrage.
- ❖ Il est un des piliers de l'alimentation animale et constitue un gage de qualité des viandes produites (Brunel, 2012).

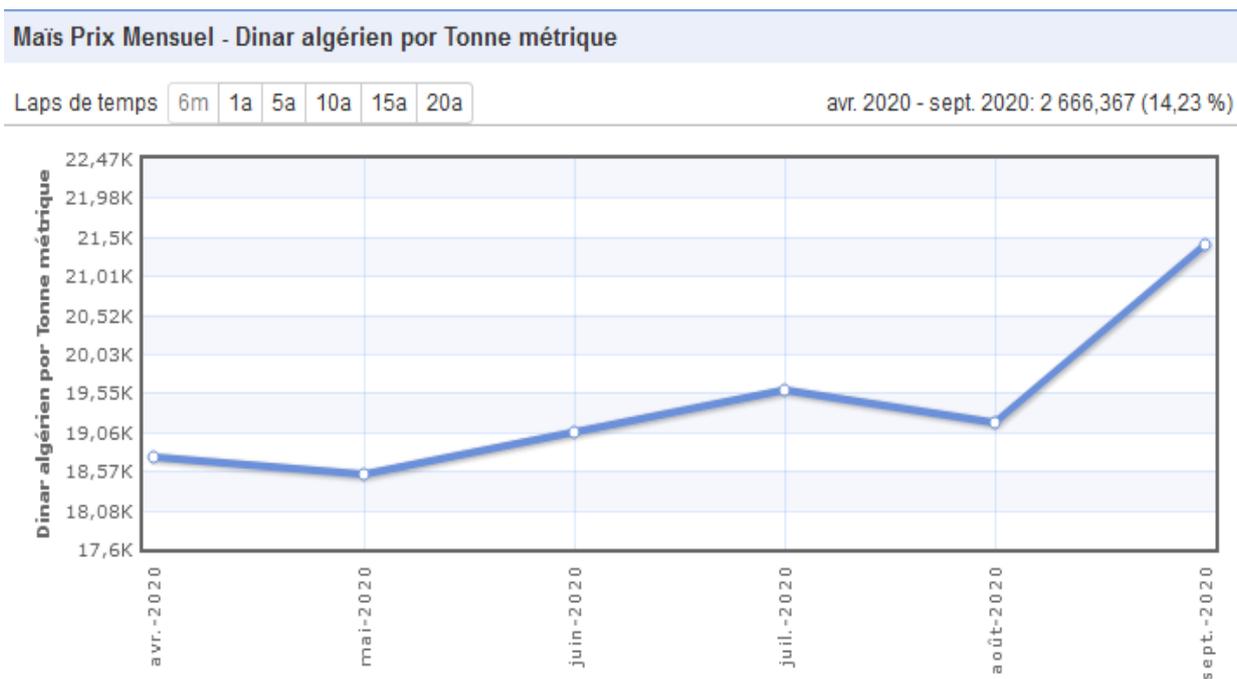
La teneur en glucides et en protéines des grains de maïs dépend dans une très grande mesure de l'albumen, tandis que les graisses brutes et, dans une moindre mesure, les protéines et les sels minéraux dépendent du germe. Les fibres brutes du grain proviennent pour l'essentiel du tégument séminal. Deux points importants sont à relever du point de vue nutritif. L'huile du germe fournit des quantités relativement importantes d'acides gras. En valeur absolue dans le grain entier, la teneur en acides aminés indispensables reflète la teneur en acides aminés des protéines de l'albumen, bien que la spécificité de composition en acides aminés des protéines du germe soit supérieure et mieux équilibrée.

Le germe fournit une certaine quantité de lysine et de tryptophane, qui sont les deux acides aminés indispensables limitant des protéines du maïs. Les protéines de l'albumen sont pauvres en lysine et en tryptophane, de même que les protéines du grain entier (Bressani et *al*, 1990) et (Weber, 1987).

Les protéines du maïs sont déficitaires en lysine et en tryptophane mais comportent d'assez importantes quantités d'acides aminés soufrés (méthionine et cystine). En revanche, les protéines des légumineuses sont relativement riches en lysine et en tryptophane mais pauvres en acides aminés soufrés. A partir de ces études, on est parvenu à la conclusion que c'est dans la proportion de 30 parties de haricots, pour 70 parties de maïs que les protéines des haricots de fèves de soja ou autres légumineuses, complètent le mieux celles du maïs (Bressani et Elías, 1974).

Le grain jaune diffère du grain blanc par la teneur en carotène. Cette caractéristique détermine l'usage en alimentation des volailles suivant la couleur blanche ou jaune recherchée pour la chair et le foie gras. Le grain de maïs a une faible teneur en protéines (10 %) et un manque d'acides aminés essentiels (tryptophane et lysine) qui rendent obligatoire l'addition des compléments protéiques. La recherche ces dernières années, a mis au point un maïs riche en tryptophane et en lysine, appelée « Obatampa » Ci-dessous le prix mensuel du maïs en dinar algérien/ Tonne métrique (Figure 3).

Figure 3 : Prix Mensuel du Maïs en Dinar algérien / Tonne métrique (ISTA, 2020).



I.2.2 Le blé (*Triticum*)



Image 02 : Grains de Blé (*Triticum*)

Les estimations de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) concernant la production céréalière mondiale en 2017 font état d'un niveau record de 2 640 millions de tonnes (MT).

En Algérie, le blé constitue de loin la céréale la plus cultivée, selon les dernières statistiques de l'ONS en 2007.

La production de blé pour l'année 2018/2019 a atteint 3,9 millions de tonnes (Mt) soit une hausse de 61% de la production par rapport à l'année d'avant, toutefois, malgré une importante capacité de production agricole les politiques mises en œuvre pour développer l'agriculture n'ont pu permettre un accroissement significatif de la production agricole, ce qui amène cependant l'Algérie à importer pas moins de 4,6 millions de tonnes de blé depuis les ports français à la fin avril dernier. Un niveau record d'importation en hausse de 34% par rapport à l'année 2017/2018 (Elwatan, 2019).

- ❖ le blé fournit principalement de l'énergie, sous forme d'hydrates de carbone. L'énergie disponible du blé, exprimée en énergie digestible (ED) ou en énergie métabolisable (EM) est supérieure par unité de matière sèche (MS), relativement au maïs, que celle de la plupart des principales céréales.
- ❖ Le blé est très riche en amidon qui représente son principal hydrate de carbone (66% MS) (Blas *et al*, 1995).
- ❖ La teneur du blé en protéines est variable. Elle dépend des variétés et des conditions agronomiques.

La composition en acides aminés des protéines du blé varie selon la teneur en azote. Les teneurs en acides aminés du blé sont de 3,1 ; 4,2 ; 3,2 et 1,3 g/kg respectivement pour la lysine, méthionine+cystéine, thréonine et tryptophane (Larbier et *al*, 1992).

- ❖ Le blé est dépourvu de xanthophylles, par contre il est relativement riche en protéines (12%).
- ❖ Son phosphore présente une digestibilité de 50% bien qu'il soit présent à 70% sous forme physique, la présence de la phytase (qui est une enzyme permettant une meilleure utilisation du phosphore phytique des plantes, est de plus en plus reconnu en même temps que l'on cherche à réduire les rejets phosphatés dans l'environnement.) (Sauveur, 1993) dont le grain permet une hydrolyse partielle de ce dernier (Alves d'Oliveira, 1997).
- ❖ Lorsque le blé est disponible pour l'alimentation animale, il peut être substitué directement au maïs dans la ration sur la base de l'ED et des UNT.
- ❖ Dans l'alimentation des ruminants le blé est plus susceptible que toute autre céréale de causer une indigestion aiguë (Foreman et Robert, 1989).
- ❖ Les principaux facteurs anti-nutritionnels du blé sont des mycotoxines qui prennent de l'ampleur en cas de mauvaises conditions de stockage des graines après récolte. Fernandez et Ruiz Matas (2003) montrent que, L'inclusion de l'orge a été traditionnellement limitée à 20 ou 30% de la ration des animaux vu qu'elle contient des bêta-glucanes peu digestes variant de 1,5 à 8,5% (par rapport à la MS, Ci-dessous les recommandations pour l'alimentation du bétail et la composition chimique du blé.

Tableau 04 : Recommandations pour l'alimentation du bétail (Foreman, 1989).

Espèces	Niveau d'alimentation ou de substitution du blé
Bovins	Jusqu'à 25 % de l'apport de MS
Ovins	Jusqu'à 35 à 40 % de la ration des céréales

Tableau 05 : composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000).

Nature des composants	Teneur (% MS)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1.5-2.5

I.2.3 L'orge (*Hordeum vulgare*)



Image 03 : Grains et épis d'Orge (*Hordeum vulgare*)

L'orge occupe le quatrième rang dans la production céréalière mondiale avec 136 millions de tonnes en 2007 (Taner et *al*, 2007).

Entre 2008 et 2009 l'Algérie a fait une production céréalière record avec 61.2 millions de quintaux dégageant un excédent en production d'orge réduisant ainsi les importations qui d'après l'OAIC (L'Office algérien interprofessionnel des céréales) qui a atteint les 300 000 tonnes d'orges destinés à l'alimentation de bétail, ci-dessous le prix de l'Orge en Dollars américains /Tonne métrique (Figure 4)

L'analyse d'échantillons locaux montre une teneur moyenne en bêta-glucanes qui sont des polysides solubles non amylacés, est l'un des facteurs antinutritionnels le plus important présent dans certaines variétés de blé et orge, avoine ou sorgho nocifs notamment chez les volailles. Les bêta-glucanes siégeant dans la paroi cellulaire, constituent en premier lieu une barrière physique, son effet peut réduire la vitesse de diffusion des nutriments et la probabilité que les nutriments entrent en contact avec les digestifs enzymes, réduisant ainsi l'utilisation des nutriments.

La dissolution des bêta-glucanes augmente la viscosité du chyme, conduisant finalement à une digestibilité plus faible des nutriments. Combinées avec les glycoprotéines des cellules épithéliales de la muqueuse intestinale forment une couche d'eau épaissie et fixe, limitant ainsi la vitesse de son absorption. Ils forment des gels visqueux in-vitro comme in-vivo, ce qui entraîne l'excrétion par les animaux de fientes riches en eau et l'humidification des litières. En outre, la croissance peut être significativement retardée et l'efficacité alimentaire abaissée (Larbier et Leclercq, 1992).

L'orge demeure une céréale relativement pauvre en protéines par rapport au blé ou au triticales mais sa teneur reste supérieure à celle du maïs. La teneur en protéines est influencée par la variété, et son mode de culture.

- une valeur énergétique moyenne (2700-2800 Kcal/Kg d'aliment).
- un taux de matières grasses inférieur à celui du maïs et une teneur en protéines plus élevée.

Les protéines de l'orge présentent un profil en acides aminés mieux adaptés aux besoins des animaux que celui du maïs ou du blé, composition chimique représentée dans le tableau 08.

- Les teneurs en calcium et en sodium sont légèrement supérieures à celles du maïs. L'orge demeure une céréale relativement pauvre en ces éléments.
- un taux de fibres plus élevé que celui du maïs qu'elle est appelée à remplacer dans les aliments.
- L'orge est capable de fournir les éléments nutritifs nécessaires à la croissance du poulet et dinde chair et à la production des œufs.
- un profil en acides aminés satisfaisant les besoins des volailles.
- des niveaux en lysine et en méthionine + cystine représentant respectivement 3,6% et 3,9% des protéines (Benabdeljelil, 1999).

Une formule contenant de l'orge permettrait :

- ❖ De meilleures performances zootechniques
- ❖ Une meilleure efficacité alimentaire
- ❖ Une croissance rapide
- ❖ Une rentabilité au maximum
- ❖ Un aliment moins cher
- ❖ une économie de 14% et 16% de Mais pour (les phases de croissance et finition) par rapport au témoin, et a réduction du cout de production du kg de viande blanche pour le traitement orge.
- ❖ Et enfin un prix de revient de poulet produit à un prix bas (ITELV, 2012).

Tableau 06 : la valeur énergétique de l'orge

	Ruminants UFL	Ruminants UFV	EM Volaille Kcal/kg
Orge	1.14	1.13	3190

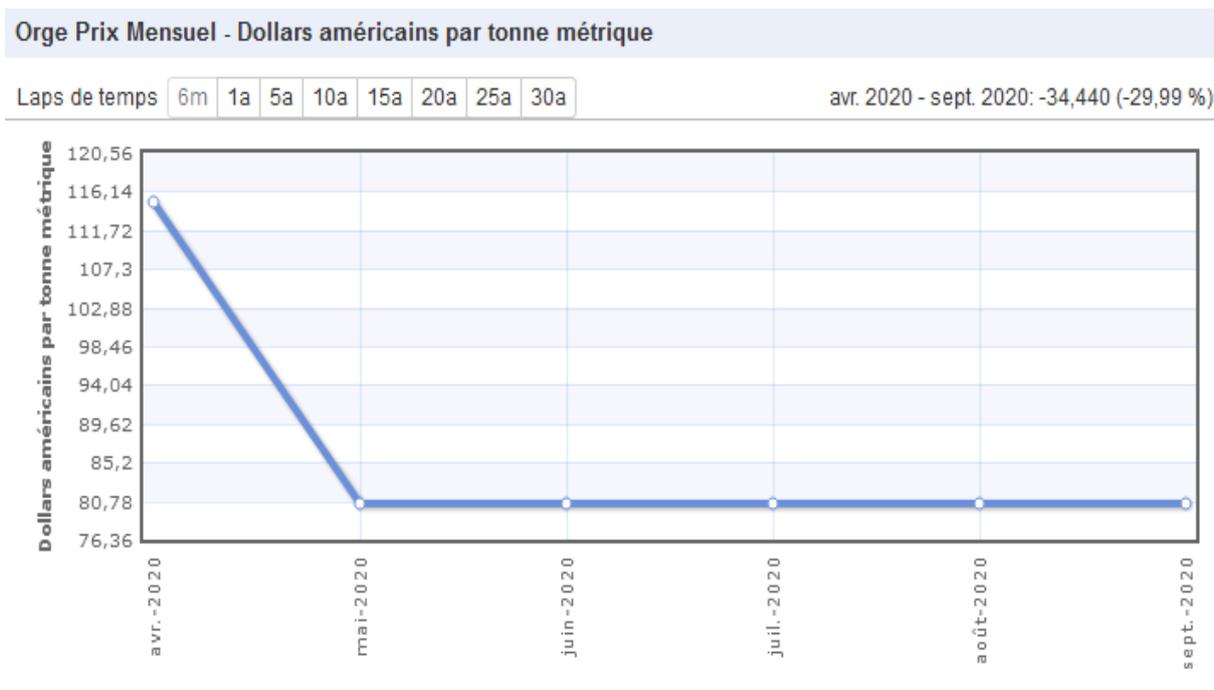
Tableau 07 : la valeur azotée de l'orge

	Ruminants PDIN (en g)	Ruminants PDIE (en g)
Orge	79	102

Tableau 08 : Composition chimique de l'Orge en (%) (Belaid, 2016).

Matière Sèche	89.5 %
Protéines	10.3 %
Cellulose	7.5 %
Amidon	60.0 %
Energie brute	3.792 Kcal/Kg
Cendres	3.6 %

Figure 4 : Prix de l'Orge en Dollars américains / Tonne métrique (ISTA, 2020)



I.2.4 Le sorgho (*Sorghum bicolor*)



Image 04 : Grains de Sorgho (*Sorghum bicolor*)

La production mondiale de sorgho atteindrait près de 60 millions de tonnes, soit 6 % de plus que l'an précédent. La FAO a revu à la hausse ses prévisions concernant l'Inde, le Mexique et les États-Unis d'Amérique (FAO, 2020).

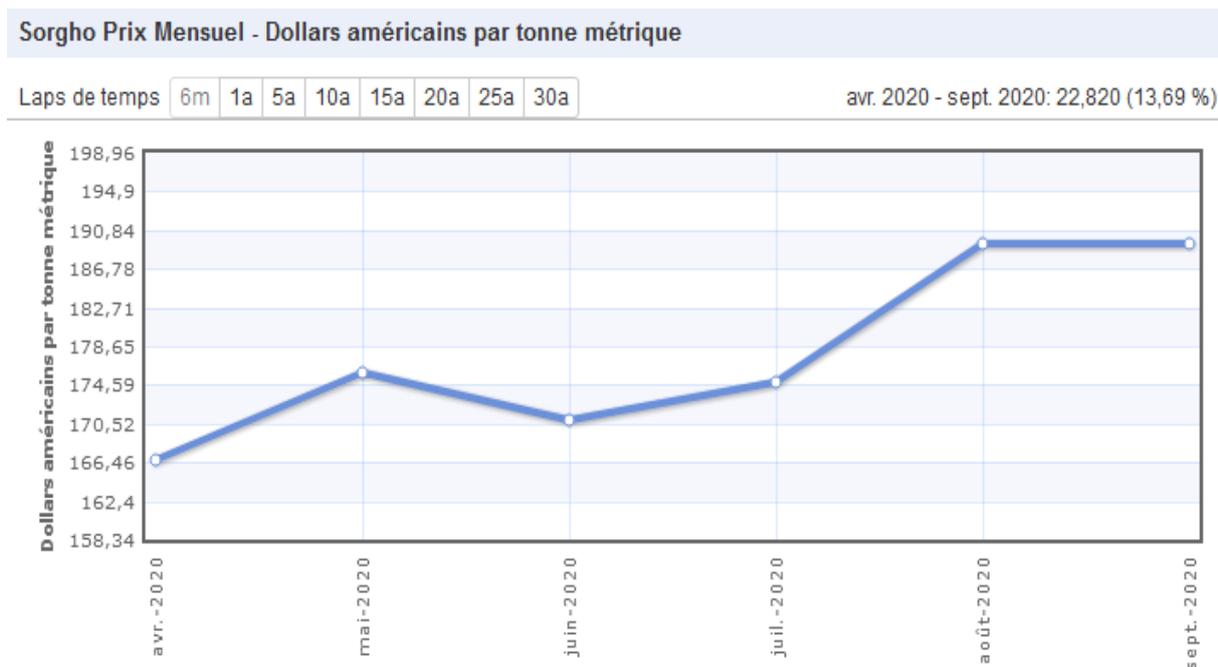
En Algérie l'introduction du sorgho dans les rations fourragère peut être d'une grande utilité en élevage lait, le sorgho s'avère un bon complément des rations les plus acidogènes à base de maïs très riche en amidon (> 36-37 % d'amidon). En effet, le sorgho contient peu d'amidon, surtout les variétés n'ayant pas de grains (mâle stérile) ou les sorghos de type Pps (sensibles à la photopériode) Il présente une composition chimique (tableau 09) similaire à celle du maïs, mais avec un taux de protéines et une valeur énergétique légèrement supérieurs (Belaid, 2016).

- ❖ Chez les volailles, le sorgho est la céréale la plus énergétique, les tables de référence (INRA-AFZ., 2004) donnent une valeur énergétique moyenne de 3 730 kcal/kg MS chez le poulet, soit + 100 kcal/kg MS par rapport au maïs (3 630 kcal/kg MS).
- ❖ Les tables (INRA-AFZ 2004) indiquent des coefficients de digestibilité (vraie) des acides aminés assez élevés (de 87 à 97 %), comparables, voire supérieurs, à ceux d'autres céréales (sauf pour les acides aminés soufrés).
- ❖ Une incorporation variable dans la ration des volailles, de 15% en moyenne (toutes espèces et stades de croissance confondus) et pouvant aller jusqu'à 40%, cela est dû aux tanins qui sont des polymères résultant de la condensation des flavanes-3ols, lorsqu'ils sont condensés sont considérés comme un facteur antinutritionnel, en baissant la digestibilité des nutriments (Gupta et Haslam, 1980). Ci-dessous le Prix du Sorgho en Dollars américains / Tonne métrique (Figure 5).

Tableau 09 : Composition chimique du Sorgho (FAO, 1995).

Céréale	Protéines (%)	Matière grasse (%)	Cendre (%)	Fibre brute (%)	Amylose (%)	Sucres Solubles (%)	Amidon (%)
Sorgho	4.4-21.1 (11.4)	2.1-7.6 (3.3)	1.3-3.3 (1.9)	1.0-3.4 (1.9)	21.2-30.2 (26.9)	0.7-4.2 (26.9)	55.6-75.2 (69.5)

Figure 5 : Prix du Sorgho en Dollars américains / Tonne métrique (ISTA, 2020).



I.2.5 Les autres céréales

Bien d'autres céréales sont utilisées en alimentation animale mais leur présence n'est guère significative sur le marché des matières premières, On distingue :

a. L'avoine (*Avena sativa*)



Image 05 : Grains d'avoine (*Avena sativa*)

L'utilisation de cette céréale pour alimenter les animaux ne nécessite qu'un nettoyage superficiel. Il faut surtout enlever les graines de mauvaises herbes, les pierres et les petits bouts de paille qui pourraient nuire à l'écoulement du grain.

Des expériences visant à déterminer le pourcentage d'avoine nue (avoine Tibor) qui peut être incorporé dans l'alimentation des volailles et des porcs. Dans le cadre de ces expériences, la ration témoin était constituée de tourteau de soja et de maïs. La plupart des rations avaient sensiblement la même valeur en calories. On a également formulé certaines rations pour fournir des quantités égales de lysine.

Il présente le grave défaut d'être peu énergétique et pauvre en protéines comme on peut le déduire dans le tableau (valeur proche de l'orge) même si ces dernières sont moins déséquilibrées en acides aminés essentiels (Agriculture Canada, 1993).

Tableau 10 : Composition chimique et valeur énergétique de l'Avoine (Agriculture Canada, 1993)

Energie brute	19.8 MJ/Kg
Energie métabolisable réelle : coq	16.9 MJ/Kg
Fibres brutes	25 g/Kg
Beta-glucane	42 g/Kg
Cendres	23 g/Kg
Protéines brutes	184 g/Kg
Lysine	6.5 g/Kg
Méthionine et cystine	7.8 g/Kg
Leucine	12.4 g/Kg
Matière grasse	55.4 g/Kg
Acides gras C 18 :1	40

❖ Le seigle (*Secale cereale*)



Image 06 : Grains et épis de Seigle (*Secale cereale*)

Une graminée cultivée comme céréale ou comme fourrage. Elle fait partie des céréales à paille. C'est une céréale rustique adaptée aux terres pauvres et froides. Grâce à sa grande compétitivité, elle devient une plante nettoyante de 1er choix et un atout important dans le contrôle des mauvaises herbes en agrobiologie. Actuellement, le principal débouché de cette céréale est l'alimentation animale. En effet, le seigle présente une valeur énergétique et une teneur en protéines comparables à celles des blés courants mais des teneurs en énergie métabolisable et en protéines médiocres (Becart et *al*, 2000).

Malgré ses qualités nutritionnelles, le seigle jouit d'une mauvaise réputation en alimentation animale: l'argument principal limitant son utilisation est sa faible appétibilité (problème lié à la présence d'ergot qui est un champignon du groupe des ascomycètes, parasite du seigle causant une maladie fongique affectant se dernier). Le seigle a un goût amer et a tendance, lorsque donné seul, à former une masse gluante dans la bouche des animaux.

En fait, les problèmes de toxicité de l'ergot peuvent être diminués par les techniques suivantes :

- La mouture du grain et son exposition à l'air car l'ergot est dégradé par la présence d'oxygène.
- L'entreposage du grain humide dans une enceinte et l'ergot est aussi détruit.
- Extraction de l'eau du grain.

- Le toastage améliore l'appétibilité mais diminue légèrement la digestibilité des protéines.

Pour les bovins à l'engrais, il n'y a aucune raison de restreindre la quantité de seigle dans la ration. En production laitière, le seigle peut constituer 60% de la ration en grain des vaches en remplacement de l'orge.

C'est dans l'alimentation de la volaille que le seigle présente le moins d'intérêt. Pour la volaille, le seigle contiendrait deux facteurs dépresseurs qui réduisent l'utilisation des nutriments et en particulier les protéines. Un premier facteur se trouve dans le son et réduit l'appétit tandis que le second se retrouve dans le son, la farine et les particules moyennes et affecte la croissance (Misir et Marquardt, 1978).

I.3 Les Tourteaux

L'industrie des oléagineux a pour objet de triturer des graines en vue d'en extraire de l'huile représentant 50 à 75% de celle-ci, avec en coproduit des tourteaux constituant les 2^e aliments le plus important après les céréales destinés à l'alimentation animale, puis de raffiner les huiles brutes pour les rendre comestibles (deuxième transformation).

L'Algérie ne dispose pas à ce jour d'unités industrielles de trituration de graines oléagineuses. On note une petite production, à caractère artisanal d'huile d'olive, d'arachide, de colza et de tournesol, pour un total de 70 000t d'huiles végétales brutes en moyenne en 2008.

90% des besoins algériens en huiles alimentaires (hors huile d'olive) sont couverts par l'importation d'huiles brutes (essentiellement de soja) qui sont raffinées sur place. En conséquence, la production locale de tourteaux pour l'alimentation animale est très faible et entraîne également des importations massives de graines oléagineuses, huiles et tourteaux pour l'alimentation animale ont approché 1,4 milliard de dollars en 2011, dont 61% pour les huiles et 36% pour les tourteaux (facteur multiplicatif de 6 pour les deux produits par rapport à 2000) (Djamel, 2015).

L'utilisation optimale des coproduits en alimentation animale repose sur chacun des maillons de la chaîne de valorisation et passe par :

- la standardisation des process au niveau des fournisseurs, associé à une procédure de caractérisation précise et à un "typage" fin des coproduits générés, qui permet ainsi de réduire au maximum les plages de variation intra-classe de qualité et garantit par là-même une certaine fiabilité des coproduits pour les utilisateurs.

- la mise en place régulière d'enquêtes "qualité", par les Instituts Techniques ou les structures de développement, permettant de connaître précisément la composition chimique des coproduits disponibles chaque année, par exemple pour les tourteaux de colza (Terres Univia et Terres Inovia, 2016) ou de tournesol (Terres Univia et Terres Inovia, 2016), mais aussi de suivre l'évolution inter- et intra-usine pour apprécier la régularité des fournisseurs.

- la mise à jour régulière, à un niveau national ou international, des bases de données de composition et des Tables de valeurs nutritionnelles des aliments, comme le fait actuellement l'Association Française de Zootechnie en relation avec de nombreux partenaires professionnels ([feedtables](#), 2018). Ces tables permettent non seulement de connaître les valeurs moyennes des principaux critères mais également la variabilité de composition chimique observées intra-coproduit.

I.3.1 Tourteaux de Colza (*Brassica napus*)



Image 07 : Bouchons de Tourteaux de Colza (*Brassica napus*)

Le tourteau de colza est reconnu pour sa teneur en protéines et ses apports en phosphore. La ration devra donc être adaptée quand on décide de son utilisation. Ainsi, la complémentation minérale utilisera un aliment pauvre en phosphore ou n'en contenant pas.

Les valeurs alimentaires du tourteau de colza sont de 0.85 UFL, 219 g PDIN et 138 g PDIE par kg brut, il présente donc des valeurs alimentaires intéressantes pour une bonne utilisation par les ruminants (Rouillé et Philippe, 2012).

Concernant les tourteaux de colza des hautes températures de cuisson et de désolvation (c'est le fait qu'une molécule en particulier se sépare de son solvant) ont un effet négatif sur la valeur alimentaire des tourteaux comme cela avait déjà été observé en volaille. Le dépelliculage augmente de façon significative la valeur alimentaire du tourteau de colza et le rapproche ainsi d'un tourteau de soja 48 (à l'exception de la teneur en lysine) (Skiba et al, 1999).

Son utilisation jusqu'à un taux de 6% ne dégrade pas les performances zootechniques de porcelets (Castaing et Bureau, 1994). Le tourteau " classique " de la bibliographie donne des résultats comparables au tourteau " déshuilé à froid " qui ne permet, en outre, qu'une destruction partielle des glucosinolates. Cependant même aux teneurs en glucosinolates rencontrées dans cet essai, (Castaing et Grosjean, 1986) ne constataient pas de dégradation des performances zootechniques, chez le porc charcutier, avec des régimes contenant 12% de tourteau de colza (Skiba et al, 1999).

Le colza sous forme de graines ou de tourteaux constitue donc une matière première aussi bien valorisée par le porcelet que par le porc charcutier dont l'incorporation dans les formules dépend du prix d'intérêt par rapport aux tourteaux de soja en particulier (Skiba *et al*, 1999).

Concernant les animaux monogastriques, la formulation des aliments composés fixe des limites maximales d'incorporation, sévères dans certains cas, du tourteau de colza en fonction de sa composition et de ses caractéristiques nutritionnelles, il est une source de protéines intéressante (tableau 11), en raison de l'équilibre de ses acides aminés. La teneur en protéines est cependant trop faible et les fractions pariétales trop importantes (cellulose brute : 12 %, lignine : 10 %) pour qu'il soit utilisé intensivement en alimentation des volailles.

Les principales raisons justifiant les limites d'incorporation du tourteau de colza étaient :

- ❖ Concernant les porcs : des problèmes d'inappétence et la présence de facteurs antinutritionnels.
- ❖ Concernant les volailles : la présence de facteurs antinutritionnels, des problèmes d'inappétence et de goût des œufs.
- ❖ Concernant les vaches laitières : des problèmes d'inappétence (Jacques, 2005).

Une enquête menée il y a quelques années dans le cadre du Comité National des Coproduits a montré que la teneur en protéines et la dégradabilité enzymatique de la fraction azotée (DE1) des tourteaux de colza pouvaient varier d'une usine à l'autre, induisant des différences de valeurs nutritives azotées importantes. En effet, l'usine de Baleyecourt produisait des tourteaux de colza moins riches en MAT et ayant des valeurs (DE1) plus élevées, contrairement à l'usine du Mériot qui générait des tourteaux plus concentrés en MAT mais présentant une DE1 plus faible, alors que les tourteaux issus de l'usine de Rouen étaient plus riches en constituants pariétaux (Chapoutot *et al*, 2013).

Tableau 11 : Composition chimique du colza (Skiba *et al*, 1999)

Tourteau de Colza	Dépelliculage + Déshuilage à froid
Matière Sèche	922.2
Matières azotées totales	445.7
Matière organique	925.6
Matières grasses	18.0
Cellulose brute	75.2
NDF	141.0
ADF	83.3
ADL	19.8
Parois insolubles	229.2
Energie brute (Kcal/Kg MS)	4759
Glucosinolates (umol/ g MS)	35.6
Disponibilité de la matière grasse (%)	-

I.3.2 Tourteaux de soja (*Glycine max*)

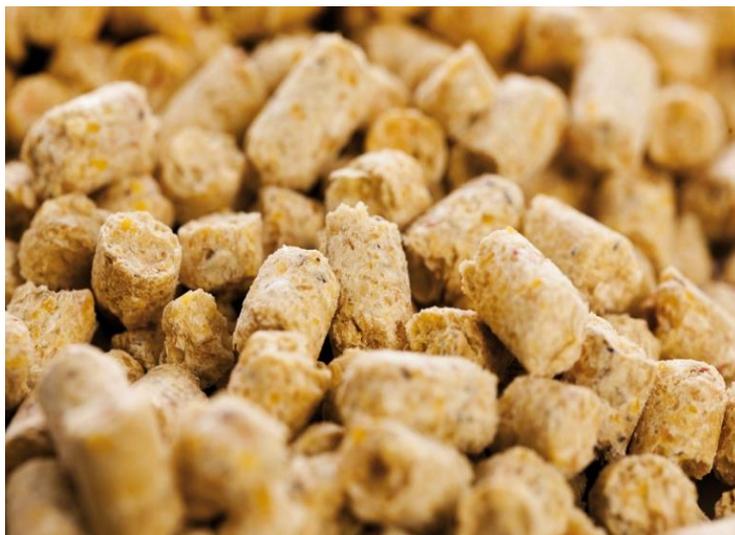


Image 08 : Bouchons et farine de Tourteaux de Soja (*Glycine max*)

L'USDA (Département de l'Agriculture des États-Unis) revoit en baisse (-3 Mt par rapport à mars) la production mondiale d'oléagineux 2019/2020, qui devrait atteindre 577 Mt avec la baisse due à la sécheresse des récoltes de soja brésilienne et argentine (USDA, 2020).

Sur le tonnage trituré, 19 % ont été récupérés sous la forme d'huile de soja et le reste sous forme de tourteau de soja, environ 35 % ont été donnés au bétail et à la volaille.

L'Algérie importe des quantités non négligeables de tourteaux de soja pour l'alimentation du bétail dont les besoins sont de l'ordre de 1,2 million de tonnes. Cela est dû essentiellement au fait que cet oléagineux soit encore à l'échelle expérimentale en Algérie et que les agriculteurs ne sont pas intéressés par la culture de ce dernier. Selon le ministère du commerce entre janvier et fin août 2018, les importations des tourteaux et résidus de l'extraction de soja en Algérie ont augmenté pour atteindre 476,4 millions de dollars (Ministère du commerce, 2018) ci-dessous le prix du tourteau de Soja en Dinars algérien/ Tonne (Figure 6).

Le tourteau de soja est le seul à présenter un taux élevé en lysine. Cette richesse est intéressante dans le sens de réduire les rejets azotés de l'ordre de 15% (INRA, 2004).

- Le soja entier renferme la même combinaison d'acides aminés que celle qu'on retrouve dans le tourteau de soja, mais le taux de protéines et les acides aminés individuels sont dilués par les 18% d'huile qu'il contient. Sa teneur en acides aminés soufrés reste cependant relativement faible. Il faut la compléter avec des apports spécifiques de ces acides aminés. Sous-produit de la fabrication de l'huile de soja, il est plus ou moins riche en protéines et matières grasses selon le procédé d'extraction utilisé. Il faut donc bien vérifier la teneur en protéines du tourteau utilisé. (Murray, 1995).
- Le tourteau de soja contient naturellement en grande quantité certains facteurs antinutritionnels, des inhibiteurs de trypsine qui nuisent à la digestion des protéines. Ces inhibiteurs doivent être détruits à la chaleur avant que le soja soit servi aux porcs ou aux autres non-ruminants (Murray, 1995).

Il existe un grand nombre de méthodes de transformation du soja, mais aucune ne semble présenter un net avantage par rapport aux autres en ce qui concerne la valeur nutritive du produit fini. Le traitement thermique du soja n'est pas nécessaire pour les ruminants, mais il faut tenir compte des avantages suivants que procure la torréfaction ou l'extrusion du soja :

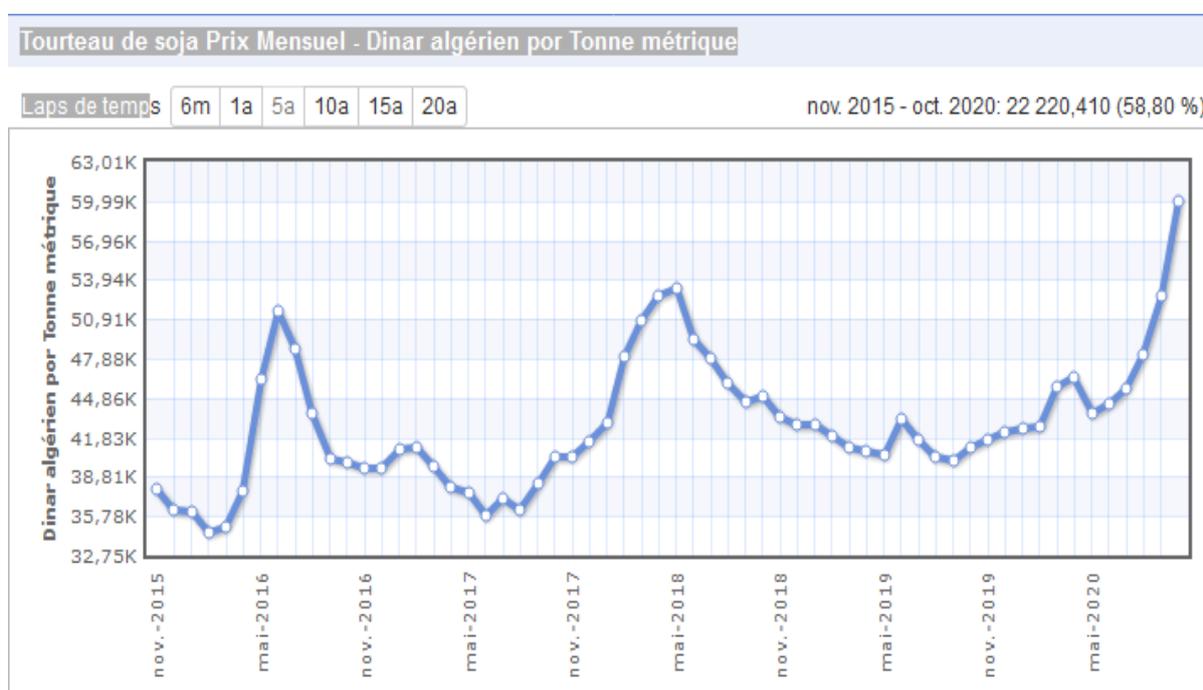
1. Meilleure appétibilité.
2. Amélioration des taux de protéines non dégradées chez les ruminants (protéines non dégradables).
3. Accroissement de la densité d'énergie lorsqu'une partie de l'enveloppe est enlevée.
4. Le soja torréfié peut être incorporé sans risque aux régimes pour ruminants qui contiennent de l'urée, car la torréfaction détruit l'uréase (une enzyme qui catalyse la réaction de transformation de l'urée en dioxyde de carbone et ammoniac).
5. Amélioration de la digestibilité des hydrates de carbone.
6. Meilleure conservation.

- Le tourteau de soja importé en Algérie a forcément subi ce traitement et en conséquence, il n'y a pas de restriction à son utilisation, si ce n'est son prix élevé. Le tourteau de soja présente 28 g/kg de lysine comme le montre le tableau 12, 13 g/kg de méthionine+cystéine, 18 g/kg de thréonine et 6 g/kg de tryptophane (Larbier et Leclercq, 1992) et (Drogoul et al, 2004).

Tableau 12 : Les valeurs alimentaire du tourteau de soja (INRAE CIRAD AFZ, 2020)

Par kg brut	Tourteau de Soja
Protéines brutes (g)	43.8
Cellulose brute (g)	6
Matières grasses brutes (g)	8.9
Calcium (g)	3.4
Phosphore (g)	6.5
Lysine (g)	28

Figure 6 : Prix du tourteau de Soja en Dinars algérien / Tonne métrique (ISTA, 2020)



I.3.3 Tourteaux de tournesol (*Helianthus annuus*)



Image 09 : Bouchons de Tourteaux de tournesol (*Helianthus annuus*)

C'est le quatrième tourteau d'oléagineux après les tourteaux de soja, colza et coton et l'une des matières premières classiques utilisées en alimentation animale dans de nombreux pays, dont la France. De nombreux types de tourteaux de tournesol sont disponibles sur le marché, allant de produits très fibreux jusqu'à des « farines » de haute qualité nutritionnelle. S'il contient moins de protéines et beaucoup plus de fibres que le tourteau de soja, le tourteau de tournesol est un aliment bien valorisé en ruminants et en lapins et sous certaines conditions en porcs et volaille.

Finalement, les tourteaux de soja, de colza et de tournesol sont les trois principaux tourteaux utilisés en alimentation animale (Becart et al, 2000).

La coque, très riche en composés pariétaux (cellulose, lignine...), constitue une part importante de la graine de tournesol (25 à 30 % en moyenne en masse) et se retrouve dans la fraction tourteau après extraction de l'huile. La conséquence en est un contenu énergétique et une teneur en protéines relativement faibles (autour de 29 % de la matière brute), au regard du tourteau de soja, principale source de protéines en alimentation animale (Cetiom, 2002). Pour améliorer ces paramètres et relever le taux protéique aux alentours de 33 %, les tritrateurs peuvent pratiquer un décorticage partiel des graines (semi-décorticage) qui consiste à enlever mécaniquement de 15 % à près de 50 % des coques (Autran, 1986). Ce procédé est mis en œuvre depuis longtemps en Argentine et s'est généralisé en Europe et dans le monde (75 à 80 % de décorticage au niveau mondial) tandis qu'en France il restait minoritaire jusqu'à il y a peu.

Au niveau de la composition en acides aminés, le tourteau de tournesol se caractérise par une faible teneur en lysine, c'est une excellente matière première utilisée en alimentation animale, une fois les déficits en énergie de ce dernier sont comblés.

Son incorporation est limitée en raison de la teneur maximale en cellulose autorisée dans les rations. Si le volume total consommé et la ventilation des débouchés varient selon les campagnes en fonction de son prix relatif vis-à-vis du tourteau de soja, les grandes lignes de son utilisation restent elles assez stables. Ainsi, il est incorporé en premier lieu dans les aliments destinés aux animaux qui nécessitent des fibres dans la ration, à savoir bovins viande (entre 30 et 50 % des utilisations) en tête suivis des autres animaux notamment des lapins (au moins 20 à 30 %). Il est aussi une source intéressante de fibres pour les truies (Onidol, 2007) et peut être utilisé dans des aliments pour volailles (notamment poules pondeuses). En revanche, il est en général peu présent dans les formulations destinées à des animaux requérant de fortes concentrations énergétiques et azotées comme les vaches laitières, les poulets et les porcs en croissance (Onidol, 2007).

Dans les graines et les tourteaux de tournesol, le cadmium naturellement présent (un métal qui, lorsque consommé en quantités modérées pendant plusieurs années, peut s'accumuler dans l'organisme et causer des dommages pulmonaires ou rénaux) est particulièrement contrôlé : aucun dépassement du seuil réglementaire de l'alimentation animale n'est détecté à ce jour, mais certaines valeurs s'en approchent.

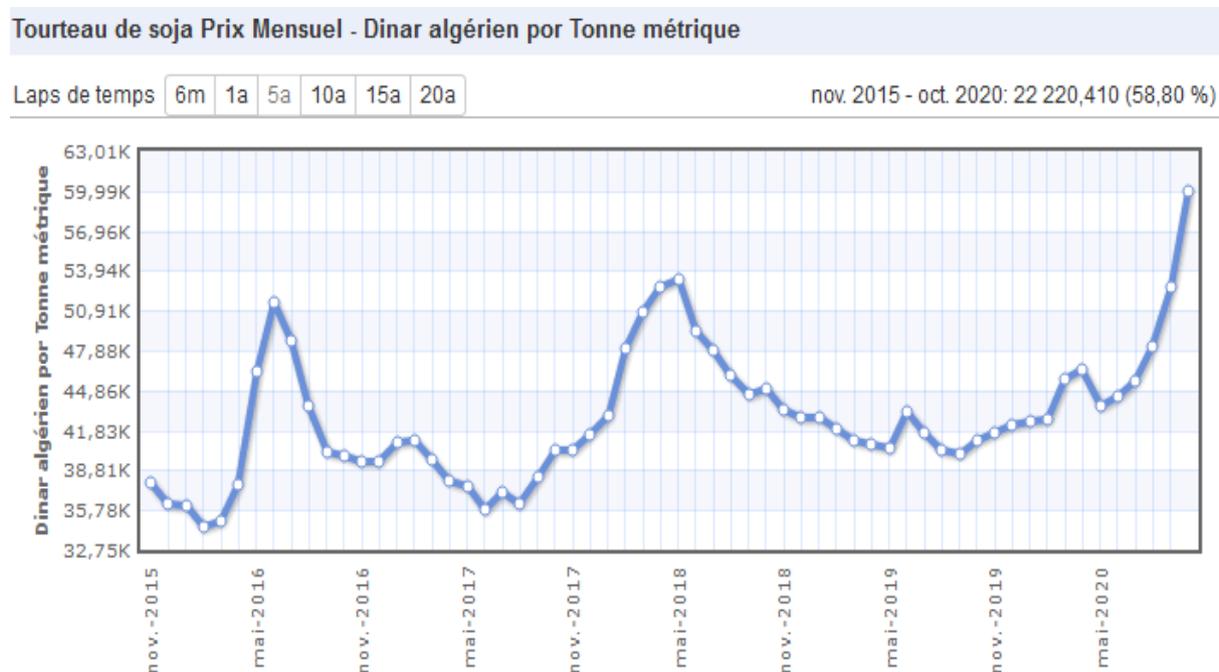
Le tourteau de tournesol représente une teneur en protéines trop faible (tableau 13). Le décorticage permet de pallier cet inconvénient. En effet, les coques de tournesol représentent environ 25 % de la masse des graines et renferment l'essentiel des composés pariétaux (90 % de la cellulose brute), seulement 2 à 3 % de l'huile et environ 10 % des protéines contenue dans la graine (Peyronnet *et al*, 2012). Actuellement, un taux de décorticage de 50 % est appliqué dans un procédé industriel français, permettant la production de tourteaux à 36 % de protéines compétitifs vis-à-vis des tourteaux d'importation (Mer Noire). Ce tourteau de tournesol décortiqué à environ 50 % et de type 36 trouve sa place en alimentation des volailles à raison de 5 à 10 % dans les formules avec un prix d'intérêt égal à environ 70 % de celui du tourteau de soja. Un décorticage plus poussé permettrait d'atteindre des taux d'incorporation encore supérieurs (Peyronnet, 2012). Ci-dessous le prix du tourteau de tournesol en Dinars algérien / Tonne (Figure 7).

Un avantage majeur de tourteau de tournesol est d'être dépourvu de facteurs antinutritionnels, contrairement aux tourteaux de soja, coton et colza. C'est donc un aliment sûr pour toutes les espèces, dont seules la teneur en fibres et les carences en acides aminés peuvent limiter l'usage.

Tableau 13 : Valeurs nutritives et alimentaires des tourteaux de tournesol destinés aux ruminants (INRAE CIRAD AFZ, 2020).

/ MB	Tourteau de tournesol
Protéines brutes (% MB)	36.7
Cellulose brutes (% MB)	17.9
Lignine (% MB)	6.7
Matières grasses (% MB)	1.1
UFL (kg/MB)	0.76
UFV (kg/MB)	0.69
PDIN (kg/MB)	241
PDIE (kg/MB)	129
PDIA (kg/MB)	83

Figure 7 : Prix du tourteau de tournesol en Dinars algérien / Tonne métrique (ISTA, 2020)



Chapitre II

*Les sources alternatives les
plus utilisées en alimentation*

Animale

De nombreux sous-produits sont rejetés par l'industrie alimentaire tels que, le lactosérum, déchets d'agrumes, de tomates, de dattes, d'olives, de blé...etc, peuvent être récupérés et utilisés dans différents secteurs industriels et agricoles, notamment en alimentation animale (Benaissa Miloud, 2018).

Le maïs et le tourteau de soja sont en Algérie largement utilisés dans la fabrication des aliments avicoles. Ils sont respectivement incorporés à des taux de 66 et 24 % dans l'aliment destiné au poulet de chair (Observatoire des filières agricoles (Ofal, 2000).

Cependant, n'étant pas produites en Algérie, ces deux matières premières sont totalement importées 2 378 000 et 536 966 tonnes de maïs et de tourteau de soja en 2005 selon l'Office des douanes algériennes. Pour remédier à cette situation et ainsi réduire le coût de revient de l'aliment, de plus en plus de fabricants d'aliments ont recours à des matières premières locales pour substituer partiellement le maïs et le tourteau de soja.

L'Algérie, comme les pays en voie de développement, accuse une faiblesse en protéines animales due aux faibles performances des animaux d'élevage, consécutives aux augmentations souvent irréversibles des prix de matières premières conventionnelles et des intrants importés.

Ainsi, de nouvelles alternatives alimentaires '*low-cost*' sont recherchées pour substituer les matières premières conventionnelles de concentrés de commerce (Djellal, 2018).

Certains sous-produits sont régulièrement utilisés en alimentation de bétail notamment :

II.1 Les protéagineux

Le terme de " protéagineux ", correspond à une réduction dans l'ensemble des genres et des espèces représentées par les " légumineuses à grosses graines ". Il correspond aux pois, féveroles et lupins essentiellement cultivés pour l'alimentation animale, alors que les légumineuses à grosses graines au sens large regroupent les protéagineux, les légumes secs (lentille, haricot), les légumineuses alimentaires (pois, fèves, etc.) et les légumineuses oléoprotéagineuses (soja), voire quelques légumineuses fourragères annuelles (*Vicia*, *Lathyrus*) (Le Guen, 1996).

La culture en sec de la fève-féverole en Algérie est possible dans toutes les zones céréalières où la pluviométrie est égale ou supérieure à 450 mm et où la moyenne annuelle des minima des températures est supérieure à 4°C (Maatougui, 1996). La distribution des superficies des fèves et féveroles et du pois situe la répartition par ordre d'importance à travers les zones agro-écologiques suivantes :

80% de la superficie cultivée se situe aux plaines intérieures et plaines côtières où les pluviométries annuelle sont respectivement 613 et 553 mm/an, leur faible importance dans les zones arides est due au froid et à la sécheresse terminale au niveau des haut plateaux et au stress hydrique dans les zones sahariennes et donc la production est impérativement liée à l'irrigation (Maatougui, 1996).

Le taux de tanin qui augmente avec la coloration des téguments est considéré comme étant un facteur antinutritionnel dont les risques sur les performances zootechniques de l'animal ne sont pas négligeables, pour y remédier il faut choisir les variétés à fleur blanche et les graines les plus claires (fève, féveroles, pellicule de colza, variétés de sorghos riches en tanin).

II.1.1 La fève (*Vicia faba*)



Image 10 : fève (*Vicia faba*)

Pour l'année 2014 les statistiques du ministère de l'agriculture et du développement rural ont donné la production en fève-féverole estimée à 413886qx soit 11qx/ha, ces derniers sont aussi inférieurs aux rendements français de 2008 (28,3Qx/Ha en moyenne) (Coutard, 2009).

L'Algérie importe la fève et la féverole de différents pays, en 2014 elle a importé de la Grande Bretagne (42,7%) puis de l'Italie (32%), de l'Egypte (24,6%) ensuite la Tunisie, la Chine et enfin la France. Le total de ces importations est de 6238,25Qx.

- La graine est la plus volumineuse de toutes les espèces légumières, La valeur nutritive des fèves est traditionnellement attribuée à son haut contenu en protéine qui varie de 25 à 35% malgré son déséquilibre en acides aminés soufrés (Larralde et Martinez, 1991).
- L'analyse de sa composition chimique révèle 50 à 60% de son contenu en carbohydrates qui est totalement constitué par l'amidon.
- la proportion de lipides est relativement faible aux environ de 1 à 2,5%.
- Les acides oléiques et linoléiques représentent à peu près 75% de la matière grasse (Larralde et Martinez, 1991).
- Le contenu en minéraux varie entre 1 à 3,5%, il est riche en Ca et en Fe.
- Le contenu en thiamine, tocophérol, niacine et acide folique est élevé en comparaison avec d'autres graines, mais la vitamine C, la riboflavine et d'autres vitamines liposolubles sont faibles (Zitari, 2008).

Un taux d'inclusion maximum de 30% de fève a été suggéré dans l'alimentation de vaches laitières et sans avoir des modifications de performances de production (Becker et *al*, 2012).

Selon une étude faite sur la graine de fève sèche (*Vicia faba major* L) en alimentation cunicole (effets sur les performances de croissance et d'abattage) Il a été conclu que globalement, l'incorporation de la graine de fève (*Vicia faba major*) à la place du tourteau de soja n'a pas affecté significativement la croissance des lapins, ni la consommation, ni les caractéristiques d'abattage.

Dans les conditions pratiques, la fève peut donc être utilisée dans l'aliment destiné aux lapins à l'engraissement à un taux d'incorporation de 15%. Il reste à confirmer ces résultats encourageants sur un plus grand nombre d'animaux (Hannachi-Rabia et *al*, 2017). La composition chimique et valeur nutritive de la fève estimée dans le tableau 14 ci-dessous.

Tableau 14 : Composition chimique et valeur nutritive estimée des aliments expérimentaux (Hannachi-Rabia et *al*, 2017).

Composition chimique (g/kg brut)	Aliment expérimental (fève)
Matière sèche	871
Cendres brutes	63
Protéines brutes	133
Energie brute	15.7
NDF	248
ADF	116
ADL	29
hémicellulose	131

II.1.2 La féverole (*Vicia faba L minor*)



Image 11 : féverole (*Vicia faba L minor*)

Deux sous-espèces de fèves sont couramment cultivées (Mc Vicar et *al*, 2013) (Muehlbauer et *al*, 1997). *Vicia fabava.major* (fèves) produit de grosses graines (650-850 g / 1000 graines), principalement pour la consommation humaine, bien que les fèves puissent être destinées à nourrir le bétail en cas de surproductions (Goyoaga et *al*, 2011). La fève (*Vicia fabava.major*) est produite toute l'année dans certaines régions d'Algérie sauf qu'à défaut de moyens de conservation celle-ci ne peut être récupérée pour l'alimentation des animaux en cas de surproduction.

La graine de féverole a été introduite pour la première fois dans l'alimentation du lapin par (Lebas et Colin, 1976). Selon (Seroux, 1991) et (Berchiche et *al*, 1995), la féverole peut remplacer la totalité du tourteau de soja dans les aliments pour lapin à l'engraissement (Seroux, 1984) l'a incorporé de 10% à 30% sans noter aucune modification de l'indice de consommation et du gain moyen quotidien (Berchiche et Lebas F, 1994).

L'incorporation de la féverole à un taux de 37% n'a pas de conséquences sur les performances zootechniques (Berchiche et Lebas, 1994). Mais, les auteurs préconisent un apport de DL-méthionine et une complémentation végétale à base de céréales et de luzerne choisie lors de l'utilisation de la féverole.

Dans l'aliment poule pondeuse on ne doit pas dépasser les 07% de féverole car le poids des œufs est affecté. En augmentant la teneur des fèves la qualité de l'albumen mesurée par les unités de Haugt (Lacassagne, 1988).

D'autres travaux ont été publiés sur l'association de féverole et pois à la drêche de brasserie (Lounaouci-Ouyed et *al*, 2008) et l'incorporation de féverole et pois avec respectivement 26 et 30% en association avec du son de blé dur en remplacement au tourteau de soja (15%) ont permis de bonnes performances zootechniques (Lounaouci et *al*, 2014).

Contrairement aux bovins les graines de fèves peuvent être distribuées entières aux chèvres, ce qui limite la dégradation ruminale de l'amidon et des protéines mais on ne doit pas dépasser 1, 2 kg de pois en brute sinon on risque d'avoir des troubles digestifs et des refus (Broqua et *al*, 2002).

L'incorporation de la féverole jusqu'à 20% n'affecte pas l'ensemble des caractéristiques de la viande ovine. En revanche, la prolongation de la durée de la période de finition rend la viande plus foncée et plus rouge, la féverole semble ralentir la vitesse de maturation de la viande (Boukhris et *al*, 2014). La composition chimique de la féverole estimée dans le tableau 15 ci-dessous.

Tableau 15 : Composition chimique de la féverole à fleurs blanches (Pérez, 2004).

MS (%)	86.1
Protéines brutes (%)	26.8
Cellulose brute (%)	7.5
MG brute (%)	1.1
Cendres brute (%)	3.6
NDF (%)	13.7
ADF (%)	9.1
ADL (%)	0.7
Amidon (%)	37.7
Energie brute (Kcal/Kg)	3850
Ca (g/kg)	1.4
P (g/kg)	4.7

II.1.3 Le pois (*Pisum sativum L*)



Image 12 : Pois fourrager (*Pisum sativum L*)

L'Algérie a importée environ 10 millions qx en 2014 soit la moitié de ce qu'elle consomme en pois, on importe plus du Canada, de la Nouvelle Zélande et de la France, avec un prix moyen de 162,74 DA pour le kilo.

Les graines de pois sec sont riches en énergie et en protéines, deux éléments indispensables pour les animaux d'élevage. L'énergie est apportée notamment par l'amidon (glucide). Les protéines de pois sont très riches en lysine, un acide aminé indispensable à la croissance des hommes et des animaux.

Les pois protéagineux sont utilisés en alimentation animale. Ils constituent avec le tourteau de colza et le tourteau de tournesol l'une des principales sources de protéines pour l'alimentation animale (Forslund et *al*, 2013).

Le pois protéagineux, riche en énergie ainsi qu'en lysine digestibles et pauvre en acides aminés soufrés et en facteurs antinutritionnels, est très intéressant pour les monogastriques. Pour une valorisation optimale, le pois doit être broyé finement chez les monogastriques. Des essais montrent que le pois est adapté pour l'alimentation des poulets de chair à croissance lente (jusqu'à 25% de la ration) et les poules pondeuses (20%) (Rad, 2006).

Il est possible d'incorporer jusqu'à 30% de pois dans l'aliment des poules pondeuses sans avoir d'effet sur l'efficacité alimentaire, mais le taux maximum de 20% est généralement conseillé pour avoir une marge de sécurité confortable. Plusieurs facteurs présents dans le pois (Les inhibiteurs trypsiques, les lectines, Les phytases) et interviennent dans la digestion de ces protéines en variant le coefficient de digestibilité et par la suite influencent le taux d'incorporation de cette matière première dans les régimes des volailles (Beghoul, 2015).

Les résultats obtenus avec le pois chez le poulet de chair sont honorables, notamment aux taux de 20 et 30 %, En effet, n'observant aucun effet négatif sur la croissance, l'efficacité alimentaire et la mortalité de poulet nourris à 20% de pois. L'utilisation du pois "cru" et non traité dans des régimes farineux à un taux de 30% ne détériore pas les performances de croissance de poulet de chair.

En associant le pois à 35% avec 65% de triticales chez les taurillons on aura un équilibre de 90-95% entre de PDIN/UFL (Coutard, 2009).

Chez le bovin, les veaux d'élevage jusqu'à 5 à 6 mois valorisent très bien les graines entières qui peuvent être distribuées en association avec du maïs grain entier et pour limiter la dégradation des protéines dans la panse, il est recommandé de réaliser un broyage grossier (particules de 1 à 3 mm) ou un aplatissage (Cartoux, 2010).

Chez le lapin, les grains de pois ont été incorporés à 30% dans l'aliment du lapin à l'engraissement sans affecter la consommation et la croissance, par contre l'efficacité alimentaire baisse (Lounaouci-Ouyed, 2014). La composition chimique du pois représentée dans le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16 : Composition chimique du pois (Sauvant et *al*, 2004)

MS (%)	86.4
Protéines brutes (%)	20.7
Cellulose brute (%)	5.2
MG brute (%)	1
Cendres brutes (%)	3
NDF (%)	12
ADF (%)	6
ADL (%)	0.3
Amidon (%)	44.6
Energie brute (Kcal/Kg)	3370
Ca (g/kg)	1.1
P (g/kg)	4

II.1.4 Le lupin blanc (*Lupinus albus*)



Image 13 : Lupin blanc (*Lupinus albus*)

La composition de la graine de lupin est plus proche de celle du soja que de celle du pois ou de la féverole. Riche en protéines (38% de MAT) et exempte d'amidon, elle contient toutefois moins d'huile (8%) que le soja. Elle peut être utilisée directement dans l'alimentation des animaux car elle ne contient pas de facteurs antinutritionnels (Boisnard, 2013).

Ceux-ci sont en général consommés à la ferme. Ils remplacent une partie du tourteau de soja dans l'alimentation des animaux. Après dépelliculage et extrusion, le lupin constitue aussi un très bon aliment pour les poissons (Prolea, 2009).

- La proportion de lupin dans l'aliment doit être modulée en fonction de l'âge du poulet de 10 % à la naissance jusqu'à 30 % à la troisième semaine d'âge (Larbier et Blum, 1981).

Le lupin graine 24% et Tourteau de lupin 22,75% en substitution totale du tourteau de soja dans la ration classique diminue la consommation chez le poulet de chair par rapport à une ration témoin 57% pour le régime graine et 31% pour régime tourteaux

Le lupin traité n'a aucun effet négatif sur l'engraissement et la qualité de la viande caprine (Baidj, 1993), la valeur énergétique et composition chimique du lupin représentée respectivement dans les tableaux 17 et 18.

Tableau 17 : Valeur énergétique moyenne du lupin (en % du produit sec) (Sauvant et al, 2004).

	Ruminants UFL (1)	Ruminants UFV (1)	ED Porc Kcal/kg (2)	Lapin croissance ED Kcal/kg (4)	Volailles EM Kcal/kg (3)
Lupin (blanc doux)	1.25	1.23	4630	3060	2700

Tableau 18 : Composition chimique du lupin blanc (Sauvant *et al*, 2004)

MS (%)	88.6
Protéines brutes (%)	34.1
Cellulose brute (%)	11.4
MG brute (%)	8.4
Cendres brutes (%)	3.5
NDF (%)	18.9
ADF (%)	13.7
ADL (%)	0.9
Amidon (%)	0
Energie brute (Kcal/Kg)	4490
Ca (g/Kg)	3.4
P (g/Kg)	3.8

II.2 Sous-produits des céréales

II.2.1 Son de blé



Image 14 : Son de blé

Lors de la mouture des céréales, le son fait partie des issues, c'est-à-dire des résidus obtenus après séparation de la farine par tamisage ou blutage. Il est constitué en grande partie de la couche d'aleurone et renferme de ce fait, une forte concentration d'éléments nutritifs.

Actuellement en Algérie les sous-produits de blé ou issues de meunerie ont une importance certaine pour l'industrie de la fabrication des aliments composés en offrant une solution pratique au problème de l'alimentation avicole comme substitut partiel au maïs.

Avec une quantité de 528 380,14 t/an l'utilisation de ce type de sous-produit représenté par la majorité des éleveurs donc à 100% d'utilisation. Au niveau des unités de fabrication d'aliments du bétail 100% des unités utilisent le son de blé comme sous-produits agro-industriels dans la formule alimentaire (Bouharoud, 2007).

A titre d'exemple, 84000 tonnes ont été utilisées en 2002 par le principal fabricant public d'aliments du bétail l'ONAB et 105 416 tonnes devaient l'être en 2003 par ce même office. Les issues de meunerie utilisées par l'ONAB sont fournies par les minoteries du secteur public et du secteur privé. Celui-ci investit de plus en plus le marché et devient aussi un opérateur incontournable dans ce domaine (ONAB, 2003).

Le potentiel en énergie brute des sons est en moyenne de 19,1 MJ / kg MS. Cette concentration énergétique se situe dans la gamme des valeurs rapportées par les tables de composition des aliments. (Boudouma, 2009).

La valeur énergétique (9,04 MJ / kg MS) des sons du blé locaux révèle que ces derniers constituent dans le contexte Algérien, une source énergétique non négligeable. (Boudouma, 2009).

L'inconvénient majeur des sons de blé dans l'alimentation des volailles est leurs taux élevé de cellulose brute qui correspond à l'abondance des composés pariétaux qui limitent la digestibilité des nutriments chez cette espèce animale. Aussi, le taux d'utilisation des sons de blé dans les aliments destinés aux volailles est généralement peu élevé.

Les données fournies par l'ONAB (2003) indiquent que l'incorporation du son de blé ne dépasse pas les 10% dans la ration du poulet de chair, 22% dans celle de la poule pondeuse, 25% dans celle des reproducteurs et 13% dans la ration de la dinde dans l'aliment destiné aux ruminants, le taux d'incorporation de son est plus élevé. Dans l'aliment cunicole il est introduit à des taux variant entre 5% et 11% (Berchiche et Lebas, 1990) et un taux d'incorporation de 30 à 40 % (Lounaouci et al, 2012) (Tableau 20).

Pour peu qu'elles soient disponibles, les issues de meunerie permettent en Algérie d'élaborer des formules alimentaires minimisant les couts de revient (Boudouma, 2008).

Comparativement au grain entier de blé, le son renferme :

- 20% de protéines (Tableau19).
- 2 fois plus de matières grasses
- 4 fois plus de minéraux
- 3 à 5 fois plus de vitamines. Ce profil chimique résulte de la prédominance de la couche d'aleurone dans la structure du son.

Tableau 19 : Composition chimique (% MS) du grain de blé et de ses différentes fractions (Belderock, 2000)

Nutriments	Grain de blé	Farine	Son	Germe
Protéines	16	13	20	22
Matières grasses	2	1.5	5	7
Glucides	68	82	16	40
Parois	11	1.5	53	25
Matières minérales	1.8	0.5	7.2	4.5
Autres	1.2	1.5	2.8	1.5

Tableau 20 : Taux d'incorporation du son de blé dans le régime alimentaire de différentes espèces animales.

Taux d'incorporation	Moyenne		Max	
	%	Auteur	%	Auteur
Lapin	15-35	(De Blas et <i>al</i> , 2010)	30-40	(Lounaouci et <i>al</i> , 2012)
Volaille : poulets de chair	13	(Boudouma, 2010)	-	-
Vaux	10	(Ewinge, 1997)	(Gendley et <i>al</i> , 2002).	
Vaches laitières	20	(Ewinge, 1997)	(Gendley et <i>al</i> , 2009)	
Bovins de boucherie	25	(Ewinge, 1997)		

II.2.2 Drèche de brasserie



Image 15 : Drèche de brasserie

Les drèches de brasserie sont le résidu solide issu après le traitement des grains de céréales germées et séchés (malt) pour la production de la bière et d'autres produits à base de malt (extraits de malt et de vinaigre de malt). Bien que l'orge soit la céréale principale utilisée pour le brassage, la bière fabriquée à partir du blé, du maïs, du riz et du sorgho. Les drèches sont le sous produit principal du secteur de la brasserie, elles représentent environ 85 % du produit total (Mussato et *al* 2006).

La production mondiale de la bière en 2011, était environ de 185 millions de tonnes (21% dans l'UE) (FAO, 2013). Les sous-produits de la brasserie représentent environ 20% de la production de la bière (Mussato et *al*, 2006). La production mondiale des drèches de brasserie se situerait des gammes 35-40 millions de tonnes (8 millions de tonnes dans l'UE).

Ces estimations sont relativement imprécises, car les taux de conversion entre grains, et les drèches de brasserie dépendent du type de la bière et du processus de transformation utilisé (Boessinger et *al*, 2005).

Elles peuvent être intégrées en tant qu'aliment protéique végétal dans les rations des animaux, utilisées à l'état frais (16 à 26 % de MS) ou ensilées ou bien séchées. Les drèches de brasseries constituent un complément protéique appétent pour les bovins, les ovins, les caprins et les équins et permet de réduire la part d'aliment dans les rations pauvres en protéines.

La drèche de brasserie est utilisé avec environ 70% des éleveurs malgré la faible quantité qu'elle génère elle est de 516t/an, cette quantité est faible comparée aux autres sous produits utilisés (les issues de meunerie), cette faiblesse est due au nombre restreint des unités de brasserie existants (brasseries de Annaba, Oran, Reghaia et El Harrach).

Les drêches de brasseries ont une bonne valeur énergétique (0,92 UFL et 0,84 UFV/Kg de MS) comme cela est représenté dans le tableau 21, grâce en particulier à leur teneur en matières grasses (08 à 09% de MS). Leur fraction protidique possède la particularité d'être peu dégradable dans le rumen (45%) un approvisionnement en protéines utilisables dans l'intestin grêle des ruminants qui explique leur teneur appréciable en PDIA (15,5% de la MS), et permet une combinaison idéale avec le maïs (dont la dégradabilité de l'amidon est relativement lente) (Walter, 2001).

L'utilisation des drêches des brasseries augmente la production laitière, ainsi leur utilisation est une solution économique se traduisant par la valorisation des sources nutritives, et la diminution du coût de la production.

La teneur relativement élevée en protéine peut limiter leur utilisation durant l'affouragement en vert et au pâturage, Elles peuvent être consommées jusqu'à près de 2,5% du poids vif.

- Pour des rations des vaches laitières, on recommande de 5 à 8 Kg des drêches (fraîches ou ensilées). Tandis que pour les bovins à l'engraissement, les recommandations sont de 0,5 à 1,5 Kg/100Kg de PV.
- Pour les chèvres et les moutons, on recommande de ne pas dépasser la dose de 01 Kg de drêches par animal et par jour (Boessinger et *al*, 2005).

L'incorporation des taux croissants (20 et 30%) de la drêche de brasserie chez le lapin a permis de maintenir et la vitesse de croissance (31g/j) et l'indice de consommation au même niveau que celui de l'aliment formulé à base du tourteau de soja.

Lorsque la drêche de brasserie est introduite à un taux élevé de 40%, en remplacement totale du tourteau de soja, les résultats obtenus sont appréciables : une vitesse de croissance de 35g/j et une efficacité alimentaire de 3,5.

La drêche de brasserie (27%), associée uniquement au son de blé (72%), sous forme de formule simplifiée, a permis d'atteindre des performances de croissance convenables : GMQ de 31g/j et CMQ de 113g/j. Toutefois, ces performances sont statistiquement inférieures à celles permises par l'aliment témoin. Par contre, l'efficacité alimentaire est appréciable et similaire dans les deux lots (Harouz-Cherifi, 2018).

Selon (Lebas, 2004), le facteur limitant des drêches de brasserie dans l'alimentation des lapins en croissance est leur carence en lysine et en thréonine. Les drêches de brasserie ne couvrent qu'environ 60% et 85% des besoins respectifs de ces acides aminés.

A noter aussi parmi les principales contraintes des drêches, deux critères sont largement repris : l'humidité très élevée qui entraîne des pertes importantes par les jus. De plus, le stockage en silo coûte excessivement cher et les drêches de brasserie sont assez onéreuses, les prix étant variables selon les époques.

Cependant, il est possible de limiter, voire de stopper l'écoulement de jus d'ensilage en ajoutant un coproduit déshydraté aux drêches fraîches (20 % de MS).

La composition chimique des drêches de brasserie représentée dans le tableau 16 varie selon la composition chimique de l'orge germée employé, le procédé de fabrication de la bière qui peut différer d'une brasserie à une autre et selon l'addition éventuelle des autres céréales (maïs, riz, blé) au malt.

Tableau 21 : la valeur énergétique des drêches de brasserie

	Ruminants UFL	Ruminants UFV	EM Volaille Kcal/kg
Drêche de brasseries	0.92	0.84	2570

Tableau 22 : La valeur azotée des drêches de brasserie

	Ruminants PDIN (en g)	Ruminants PDIE (en g)
Drêches de brasserie	223	189

Tableau 23 : Composition chimique de la drêche de brasserie (Wang et al, 2014)

Composition % MB	Drêches humides
Matière minérale	-
Protéines	29.6
ADF	23
NDF	47

Les mycotoxines comptent parmi les principaux contaminants présents dans les drêches de brasserie. Se sont des métabolites produits par certains champignons. Les mycotoxines peuvent être toxique.

II.3 Sous-produits de la transformation sucrière

II.3.1 Les mélasses

La mélasse est le déchet des unités de fabrication du sucre, un sous-produit utilisé en alimentation des animaux sous différentes formes et aspects.

La mélasse est couramment utilisée dans l'alimentation des ruminants en mélange avec la paille ou d'autres aliments celluloseux tels que le son, ou comme liant dans les rations complètes ou encore pour favoriser l'ingestion d'aliment peu appétibles (foin, paille). La mélasse est très appétent, grâce à ses sucres et ses sels, elle constitue un aliment dont la saveur et l'odeur stimulent l'appétit et favorisent la digestion.

La mélasse se caractérise par un coefficient de digestibilité de 100%.

La matière organique (MO) et la matière azotée totale (MAT) ont respectivement un coefficient de digestibilité de 83 et 25% (INRA, 1988).

La mélasse est un aliment riche en glucides fermentescibles à très haute valeur Energétique (60 à 65% de glucides solubles dont la majorité est représentée par le saccharose) qui entraîne une chute du pH du rumen en raison de la production rapide et importante d'acides gras volatils qui résultent. Pour éviter ces problèmes, il conviendra donc de limiter la quantité de mélasse distribuée (Chenost, 1987).

La mélasse se révèle un bon complément pour les pailles traitées à l'urée. Le traitement à l'urée pendant plus de 60 jours et la complémentation avec la mélasse améliorent la valeur énergétique de la paille de blé de plus de 80% et font passer la valeur azotée de 4 à 137 g/Kg de MS.

Un essai réalisé sur l'engraissement des taurillons avec des rations à base de foin de vesce avoine avec des compléments contenant de la mélasse, l'auteur obtient des gains de poids vif remarquables, 1,009 Kg/tête/jour pour la ration mélasse urée contre 0,885Kg/tête/jour pour la ration témoin (Slammani, 1992). Le niveau de distribution de la mélasse et sa composition chimique respectivement représentées dans les tableaux 24 et 25.

Tableau 24 : Niveau de distribution de la mélasse en alimentation des ruminants (Rouillé, 2016).

Espèces animales	Recommandation
Bovin	4 à 15%
Bovin d'engraissement	10 à 20% ou 2kg/tête/jour
Vaches laitières	20 à 25% ou 0.2kg/100kf PV
Génisses	3 à 10%
Veaux	5%
Moutons	0.1 à 0.4 kg/tête/jour
Agneaux	10% 0.2 kg/30kg PV

Tableau 25 : Composition chimique de la mélasse de canne (INRA, 1988).

Matière sèche (%)	73
Matières minérales (% MS)	14
Matières azotées totales (% MS)	6
Sucres totaux (% MS)	64
Calcium (g/kg MS)	7.4
Phosphore (g/kg MS)	0.4
Potassium (g/kg MS)	40

II.3.2 Pulpes de betterave



Image 16 : Composition de différentes formes de pulpes de betterave

La betterave une fois lavée est découpé en cossette, puis mise dans l'eau et donne au contact de l'eau d'une part un jus sucré et d'autre part des pulpes humide. Celles-ci sont pressées avant d'être déshydratées (TEREOS Coproduits).

La culture de la betterave à sucre occupe annuellement une superficie d'environ 65.000 hectares et permet de produire près de 3 millions de tonnes de racines. Avec la canne à sucre, elle permet la production de près de 0.0005 million de tonnes du sucre soit près de 54% des besoins nationaux consommation du sucre en Algérie.

Les protéines brutes de la pulpe ont une digestibilité de 75 %. Elles sont bien pourvues en acides aminés essentiels, et en particulier en lysine, méthionine, cystéine et thréonine.

La pulpe de betterave déshydratée est une source de fibres digestibles la plus couramment incorporée dans l'alimentation du lapin. Le taux d'incorporation moyen de l'ordre de 12% comme cela est indiqué dans le tableau 27.

La bonne digestibilité des fibres contenues dans la pulpe de betterave à été remarquée par (CANDAUB et al, 1978), et sa bonne valorisation pour la croissance du lapin, par rapport à des sources de fibres moins digestes, a été rapportée par (Franck et Seroux, 1980).

Pourtant, la littérature rapporte une variabilité importante de la valeur énergétique de cet ingrédient (De Blas et Carabano, 1996), allant de 10,2 MJ (2190 kcal) à 14,2 MJ/kg (3054 kcal/kg brut).

La pulpe de betterave est un produit concentré en énergie et en fibre hautement digestible comme l'indique le tableau 26.

Tableau 26 : Composition chimique de la pulpe de betterave (Gidenne et al, 2007).

Composition chimique g/kg brut (kg sec)	Valeur de l'analyse	Valeur des tables de l'INRA
Humidité	136	109
Cendres	83 (96)	68 (76)
Protéines brutes	77 (89)	81 (86)
NDF	440 (509)	405 (455)
ADF	196 (227)	206 (231)
ADL	19 (22)	19 (21)
Energie brute Kcal/kg brut (kg sec)	3563 (4124)	3620 (4062)

Tableau 27 : Taux d'incorporation des pulpes de betterave dans l'aliment composé chez différentes espèce.

Taux d'incorporation	Moyenne %	Min %	Max %
Lapin	15 (Gidenne et al, 2007)	12 (Gidenne et al, 2007)	30 (Gidenne et al, 2007)
Mouton	60 (Doreau, 1988)	-	-
Porcelet	6 (Lizardo et al, 1997)	-	10 (Lizardo et al, 1997)

II.4 Arbres et arbustes fourragers

Les feuillages des arbres et arbustes fourragers sont utilisés en alimentation animale dans des contextes allant de l'utilisation en période de soudure alimentaire dans les parcours secs, jusqu'à la culture d'arbustes spécifiquement pour l'alimentation animale (Archimède, 2011).

La valeur fourragère de ces feuilles et fruits est souvent supérieure à celle des plantes herbacées, en particulier dans le cas des légumineuses, comme ils fournissent dans les zones arides et semi-arides la plus grande partie de l'apport en protéines pendant les mois les plus secs (Baumer, 1992).

Même avec la présence de certains facteurs limitants comme des facteurs antinutritionnels (composés phénoliques en particuliers les tannins selon (Zimmer et Cordesse, 1996) qui limitent la consommation et la digestibilité, beaucoup de feuillages d'arbres et arbustes fourragers présentent des valeurs nutritives non négligeables (Le Houerou, 1980).durant laquelle cet élément est le principal facteur limitant pour les productions animales (Fall-Touré et al, 1997).

Les arbres et arbustes fourragers sont connus pour être hétérogènes et avoir des caractéristiques nutritionnelles qui varient en fonction de l'espèce végétale, de l'organe, de l'âge de la plante et de la méthode de séchage (Martín-García I et al, 2008) c'est le cas des espèces suivantes :

II.4.1 Feuilles de figuier (*Ficus carica L*)



Image 17 : Feuilles de figuier (*Ficus carica L*)

Le figuier, famille des Moracées, arbre méditerranéen par excellence, est largement disponible en Algérie et notamment en Kabylie (Kadi et Zirmi-Zemri, 2016) Son fruit, la figue notamment à l'état sec, a de tout temps constitué "l'aliment du pauvre" dans la région, et sa valeur pharmacologique, ainsi d'ailleurs que celle des feuilles, est confirmée que ce soit pour l'homme (Oliveira et al, 2009) (Patil et Patil, 2011) ou l'animal (Viegiet al, 2003).

Les feuilles de cet arbre, riches en fibres, sont aussi couramment utilisées dans l'alimentation des petits ruminants. Dans les conditions algériennes, le Figuier est l'un des arbres fruitiers qui offrent, après récolte des fruits et aoûtatement, une masse foliaire verte susceptible d'être utilisée dans l'alimentation de sauvegarde des petits ruminants (Houmani et al, 2008). Par conséquent constitue une véritable source fourragère locale, se caractérise par une bonne valeur alimentaire et permettent d'appréciables performances zootechniques.

Les feuilles de Figuier (*Ficus carica*) desséchées associées (15% ou 30%) avec le foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*, 25%), en remplacement total de l'orge, de la luzerne déshydratée et du tourteau de soja, ont permis des performances appréciables au même niveau que celles de l'aliment témoin. Elles peuvent être ainsi incorporées dans l'aliment granulé pour lapins en engraissement en élevage rationnel sans effets négatifs sur leur santé et leurs performances zootechniques (Kadi et al, 2017), composition chimique représentée dans le tableau 28 ci-dessous.

Tableau 28 : Composition chimique (g/kg MS) des feuilles de figuier (Kadi et al, 2011).

Matière sèche (g/kg brut)	879
Matières minérales	165.5
Protéines brutes	128.1
NDF	306.0
ADF	172.1
ADL	150.1
EB, MJ/kg	16.40

II.4.2 Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*)



Image 18 : Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*)

Le Sulla, légumineuse disponible localement, présente une valeur nutritive appréciable pour les lapins en engraissement : près de 9 MJ/kg MS d'énergie digestible et 71 voire 145g/kg MS de protéines digestibles selon son stade de coup (Kadi et al, 2012), tous deux disponibles localement, dans l'aliment granulé sur les performances zootechniques des lapins en croissance pour remplacer d'autres aliments importés.

Les feuilles de Figuier (*Ficus carica*) desséchées associées (15% ou 30%) avec le foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*, 25%), en remplacement total de l'orge, de la luzerne déshydratée et du tourteau de soja, ont permis des performances appréciables. Elles peuvent être ainsi incorporées dans l'aliment granulé pour lapins en engraissement en élevage rationnel sans effets négatifs sur leur santé et leurs performances zootechniques (Kadi et al, 2017), composition chimique représentée dans le tableau 29 ci-dessous.

Tableau 29 : Composition chimique (g/kg MS) du foin de Sulla (Kadi et *al*, 2012).

Matières sèches (g/kg brut)	885
Matières minérales	142
Protéines brutes	165.7
NDF	486.4
ADF	345.3
ADL	90.3
EB, MJ/kg	17.02
ED, MJ/kg	8.96
PD, g/kg	71.1

II.4.3 Feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*)



Image 19 : Feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*)

Le prix élevé des aliments granulés de commerce est parmi les facteurs limitant le développement de l'élevage rationnel de lapins en Algérie. Les matières premières composant les aliments actuellement disponibles sur le marché sont en grande partie importées et coûteuses. L'objectif d'une étude réalisée dans le cadre d'une thèse est de remplacer la luzerne déshydratée et les tourteaux de soja en alimentation du lapin, en déterminer via deux méthodes distinctes (directe et indirecte) in-vivo, la valeur nutritive des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* ; *Fraxinus excelsior*), disponibles localement.

La valeur nutritive des feuilles de frêne à **feuilles étroites** (*Fraxinus angustifolia*) récoltées en automne et distribuées comme seul aliment aux lapins en croissance, a été estimée via la méthode **directe** à $13,06 \pm 0,9$ MJ/kg MS d'énergie digestible et à $98 \pm 10,43$ g/kg MS de protéines digestibles. Les feuilles s'avèrent donc une source d'énergie, de protéines et de fibres (NDF : 394 g/kg MS). Par ailleurs, pour raffermir ces résultats, la valeur nutritive des feuilles via la méthode **indirecte** (régression linéaire) à $8,67 \pm 0,47$ MJ/Kg MS d'énergie digestible et à $71,55$ g/kg MS $\pm 7,3$ de protéines digestible, et de fibres (NDF : 420 g/kg MS).

D'après ces résultats, la valeur nutritive des feuilles de frêne varie en fonction des espèces, mais dans un intervalle très restreint.

La valeur nutritive des feuilles de **frêne commun** (*Fraxinus excelsior*), récoltées en automne a été estimée en parallèle via aussi la méthode **directe**, à $11,86 \pm 0,50$ MJ/kg MS d'énergie digestible et à $79,72 \pm 3,96$ g/kg MS de protéines digestibles.

Concrètement, les deux méthodes s utilisées donnent une teneur comparable en protéines digestibles pour les feuilles de frêne à feuilles étroites et une teneur énergétique très différente. Cette différence en énergie digestible semble être liée à la nature des feuilles utilisées, fraîches ou bien séchées (Djellal, 2018).

II.5 Sous-produits de l'industrie laitière

II.5.1 Le lactosérum

Le lactosérum, coproduit de l'industrie laitière, une matière riche devenu une source intéressante pour enrichir d'avantage l'alimentation animale tant sur le plan nutritionnel que sur le plan techno-fonctionnel, tels que le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydrosolubles, les matières grasses et les éléments minéraux.

Une production fromagère type permet un rendement massique moyen de 10 % (Lapointe-Vignola, 2002). Chaque kilogramme de fromage retrouvé sur le marché aura donc entraîné une production approximative de neuf fois son équivalent massique en coproduit de production avant de se retrouvé au supermarché. Ce faible rendement en fromage est expliqué pas la séparation du lait en deux grandes fractions lors de la fabrication fromagère : le fromage et le lactosérum.

Depuis 2013, la production algérienne de fromage est de 1540 tonnes, ce qui se traduit par une production d'environ 14 million de lactosérum. Ces quantités massives font de la gestion du lactosérum un enjeu à la fois économique et écologique.

Economique puisque la gestion de chaque kilogramme de produit représente un cout pour le transformateur industriel, et écologique puisque le lactosérum, s'il n'est pas géré correctement, représente polluant majeur (FAO-ONU, 2017).

Autrefois sous-produit valorisé uniquement sous forme liquide en alimentation animale (porcherie), le lactosérum est devenu un ingrédient laitier à part entière toujours utilisé en alimentation animale (aliments pour veaux, bovins, porcins, volailles) (FranceAgriMer, 2013).

Les lactosérums doux et acides sont riches en lactose dont les valeurs sont représentées respectivement à 52 et 44 g/l (Tableau 30). Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformé en acide lactique; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (Benaïssa Miloud, 2018).

L'utilisation du lactosérum fermenté avec *lactobacillus acidophilus* pour l'alimentation des veaux a montré une meilleure croissance sans aucun désordre gastro-intestinal. Cet assai a également réussi chez les volailles et les porcs.

L'enrichissement de lactosérum en azote non protéique par fermentation et neutralisation a donné des résultats satisfaisants pour l'alimentation de bœufs et de vaches laitières.

De nombreux travaux ont signalé le développement réussi d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants (Bardy et al, 2016).

Tableau 30 : Composition chimique des lactosérums (Benaïssa Miloud, 2018).

	Lactosérum doux (g/l)	Lactosérum acide (g/l)
E.S.T (Extrait Sec Total)	66	63
Protéines	6.6	6.1
Lactose	52	44
Lipides	0.2	0.3
Minéraux	5	7.5
Calcium	0.5	1.6
Phosphore	1	2
Sodium	0.53	0.51
Zinc	0.3	2.3
P	6	4.6

II.6 Sous-produits de l'industrie agroalimentaire

II.6.1 Les sous-produits des agrumes

Les sous-produits des agrumes sont obtenus après extraction du jus, les sous-produits obtenus sont constitués de trois (03) fractions : l'épiderme du fruit, la pulpe proprement dite et les pépins.

Les pulpes d'agrumes possèdent une faible valeur protéique mais ont une valeur énergétique élevée riche en glucides et matières azotées égale aux céréales (1,10 UFL ; 1,10 UFV/Kg de MS) et peuvent substituer celle-ci notamment le maïs et l'orge (Sansoucy, 1991).

Les pulpes d'agrumes déshydratés ont une teneur en MS de 92%, ces pulpes sont souvent comparées aux pulpes de betterave et classées dans les concentrés ou les fourrages d'excellente qualité (proportion des fibres digestibles élevées) (Rabemanant et Auguste, 1988).

La valeur alimentaire des pulpes est variables selon les facteurs liés au fruit (production, conditions climatiques, l'état de la maturité au moment de la récolte et le mode de conservation) mais aussi selon les facteurs liés à la composition physico-chimique de la pulpe. La valeur énergétique de la pulpe est très élevée. En revanche sa valeur azotée est très faible.

Les pulpes d'agrumes sont considérées comme un aliment très énergétique. L'énergie métabolisable par kg de MS est de 2934 Kcal alors que celle de l'orge est de 2957 kcal de matière sèche (INRA, 2007).

En raison de ses caractéristiques nutritionnelles, la pulpe séchée d'agrumes ne peut être utilisée que chez les ruminants.

Pour la vache laitière plusieurs auteurs ont trouvés que la production et la qualité du lait ne change pas lorsque la pulpe séchée d'agrumes remplace le maïs grain ou la luzerne déshydratée (Rihani, 1991).

Pour les bovins et les ovins en phase de croissance ou d'engraissement les résultats des essais ont montré qu'en substitution du maïs ou de l'orge, les pulpes d'agrumes permettent d'obtenir des gains de poids, des efficacités alimentaires et des qualités de carcasses comparables (Rihani, 1991).

La pulpe d'agrumes se dégrade rapidement dans le rumen, elle doit donc être employée avec précaution pour éviter des accidents d'acidoses et sa consommation limitée à 0,5% du poids vif (Rihani *et al*, 1988).

La composition chimique de la pulpe sèche d'agrumes est présentée dans le tableau 31. Cette composition est très variable selon la variété et les proportions relatives des divers agrumes utilisés. A titre indicatif, les pulpes d'orange sont plus riches en matières azotées totales et pauvres en extrait éthérique les pulpes de citron ou de pamplemousse (Martinez *et al*, 2008).

Les différences dans les proportions relatives des pépins, de l'écorce et des particules fines sont à l'origine de ces variations.

Tableau 31 : Compositions chimiques des pulpes d'agrumes.

C.chimique	MS	MM	MO	MAT	CB	MG	ADF	ADL	Source
Pulpes d'agrumes séchées	80.5	5.5	94.4	7.9	-	-	-	-	(Chabaca et al, 2009)
Pulpes d'orange séchées	83.3	3.22	80.1	6.02	11.2	2.79	-	-	(Bouharoud, 2007)
Pulpes d'orange fraîches	19.2	-	96.5	6.4	-	4	4	1.3	(Bampidis, 2006)
Pépins et écorces d'orange	89	7.38	81.5	5.9	10.9	4.59	-	-	(Bouharoud, 2007)

II.6.2 La pulpe de tomate (*Lycopersicon esculentum*)

La tomate est l'une des cultures les plus répandues dans le monde et plus particulièrement en méditerranée. La production de la tomate mondiale était de 152 millions de tonnes en 2009 (FAO, 2011). Plus d'un tiers de cette production est cultivée pour l'industrie de transformation. Ce qui rend les tomates premières végétales du monde pour le traitement

En 2007 les déchets de tomates représentent 11 millions de tonnes, dont un peu plus de 4 millions de tonnes de pulpe de tomate (FAO, 2011).

Les sous produits de l'industrie de transformation de la tomate sont constitués de peaux, pépins, d'un peu de pulpes et des pédoncules parfois mélangés à quelques feuilles et écarts de triage (Ventura et al, 2009).

a) La pulpe de la tomate

Ce résidu est peu répandu et reste disponible pendant la période estivale (d'aout à octobre). Les analyses des composés pariétaux montrent une forte teneur en cellulose brute et en lignine de 24.65% de MS, par rapport à celle de la pectine 5% (Cotte, 2000).

b) La peau de la tomate

Concernant les tomates, récoltées généralement à un stade de maturité assez avancé, les peaux sont donc essentiellement constituées de cellules à parois lignifiées (15 à 35% de lignine).

Elles sont recouvertes d'une cuticule constituée de produit d'excrétions lipidiques désignées globalement sous le terme de cires ou de cutine. A l'instar de la lignine, les constituants de la cuticule des tomates sont donc susceptibles de diminuer la digestibilité du sous produits, notamment celle de la matière organique (Cotte, 2000).

c) Les graines de la tomate

Les graines de tomates présentent une forte teneur en matières grasses (MG) et en protéines. Une analyse qualitative séparée des peaux et graines de tomate donne les valeurs suivantes: 24.5% de protéines et 28.1% de MG dans les graines contre 10% de protéines et 3.6% de MG dans les peaux. Au vu de ces données, il apparaît que les graines représentent la part la plus importante du potentiel énergétique et azoté des sous produits de la tomate (Cotte, 2000). Le tableau 27 montre la composition chimique de la pulpe de la tomate d'après (Hacalas et al, 1990).

La pulpe de tomate peut provoquer des acidoses lorsqu'elle est distribuée en trop grande quantité, pour limiter ces risques, il faut ajouter à la ration le bicarbonate de sodium à raison de 50 à 80g pour les bovins et 8 à 10 g pour les ovins et les caprins plus de la paille à volonté, il faut prévoir une transition alimentaire de 8 à 10 jours (Sanssoucy, 1991).

L'étude de la composition chimique des pulpes de tomate représentée dans le tableau 32 classe ce sous produit parmi les aliments moyennement riches en énergie et en cellulose brut, malgré sa forte teneur en matières grasses environ 19%. Elle est également classée parmi les aliments riches en MAT tableau 32.

Tableau 32 : La composition chimique moyenne de la pulpe de tomate fraîche (Hacalas et al, 1990).

Composition chimique en %	Moyenne	Valeurs extrêmes
MS		
MS	27	20 à 35
MAT	22	18 à 26
Cendre	5	3.5 à 6
CB	34	27 à 41
MG	15	12 à 19

II.6.3 Le grignon d'olives



Image 20 : Le grignon d'olives

Bien que la production de l'olivier soit répartie sur les cinq continents, elle est surtout prédominante dans la zone du bassin Méditerranéen qui représente 98% de la surface et des arbres en production et 97% de la production totale d'olives (Aggoun-Arhab, 2016).

En Algérie, l'oléiculture occupe environ 44 0/0 des superficies totales destinées à la plantation fruitière. Elle compte 32 314 075 arbres en rapport avec une production de 6537246 qx d'olive, dont 64 0/0 de production est destinée à l'huilerie et un rendement de 20,2 kg/arbre (Madr, 2016).

Le potentiel oléicole est concentré dans les régions montagneuses et se répartit principalement dans trois régions : le Centre nord, principalement Tizi-Ouzou, Bouira et Bejaia avec 54,3 % de la surface totale, l'Est (Jijel, Guelma, Skikda, et Mila) avec 28,3 % et l'Ouest qui occupe à peine 17% (Tlemcen, Mascara) (Aggoun-Arhab, 2016).

La substitution totale des grignons à la farine de luzerne n'a pas affecté les performances zootechniques.

Les teneurs en MG et en PB du lait de chèvres produit à partir d'une ration à laquelle on a incorporé du grignon d'olive sont significativement plus élevées à celles obtenues par le lot auquel se dernier n'a pas été incorporé (4,23 % vs 3,10% et 36,0 vs 34,6 g / kg MS). L'apport de l'ensilage des grignons dans la ration n'affecte pas l'acidité moyenne du lait (Ayadi et al, 2009).

- Ce sont des composés simples de type phénols qui inhibent les fermentations ou plus complexes de type tannins qui insolubilisent les protéines de la ration ou du grignon lui-même.

Les concentrations élevées en acides gras libres dans le rumen peuvent altérer la digestion et l'appétit. Les matières grasses peuvent agir par l'un ou l'ensemble des facteurs suivants:

- La quantité : les ruminants sont sensibles à un apport de graisse dépassant 5% de la matière sèche de la ration, elle est de 4% chez les monogastriques.
- La nature de ces acides gras : un apport de 90 g par 24 heures d'un mélange d'acides gras C16 et C18 (dont la teneur est élevée dans les grignons) entraîne une réduction d'environ 5% du méthane dégagé.

Toutefois, la valeur alimentaire des grignons peut être amélioré par un simple tamisage ou beaucoup plus par traitement chimique approprié (à la soude).

Le grignon d'olive pourrait être considéré comme une source riche en fibres, mais une source modérée de nutriments pour la croissance du lapin, extraite traditionnellement, le grignon d'olives contenait environ 10% de lipides en plus, conduisant à une valeur énergétique supérieure de 10% pour le lapin. D'autres expériences sont nécessaires pour déterminer le taux d'inclusion optimal du grignon d'olive brut dans les régimes des lapins en croissance sans nuire à leur croissance ou à leur état de santé (Dorbane et al, 2019), composition chimique indiquée dans le tableau 33.

Tableau 33 : Composition chimique indicative des différents types de grignons (Bercker, 1982).

% Matières Sèches					
Type	Matière Sèche	Matières minérales	Mat. Azotée Totales	Cellulose brute	Matières Grasses
Grignon brut	75-80	3-5	5-10	35-50	8-15
Gr. Gras part dénoyauté	80-95	6-7	9-12	20-30	15-30
Grignon épuisé	85-90	7-10	8-10	35-40	4-6
Gr. Epuisse part. Dénoyauté	85-90	6-8	9-14	15-35	4-6
Pulpe graisse	35-40	5-8	9-13	16-25	26-33

II.6.4 Rebutts de dattes

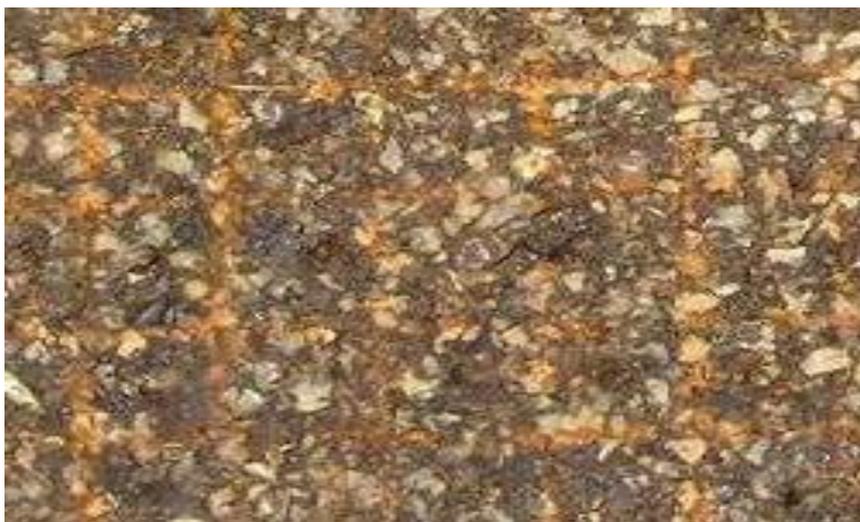


Image 21 : Rebutts de dattes

Les rebutts de dattes représentent les fruits du palmier dattier non consommables par l'être humain et qui sont destinés, traditionnellement à l'alimentation de bétail. Ils représentent une moyenne de 25 % de la production dattière annuelle (Chehema et *al*, 2003).

Les teneurs en fibres des chairs varient, selon les variétés, entre 8,06% et 17,45% NDF, 5,45-11,19% ADF et 2,30- 6,98% ADL ; les teneurs en sucres totaux oscillent aussi de 59 à 70% pour 85% des variétés et entre 70 et 76% pour les autres, la variété Deglet-Nour « Freeza » contient 63 % de sucres totaux.

Les noyaux sont essentiellement constitués de parois végétales, d'où ils peuvent être un aliment de lest quasi exclusivement valorisé par les ruminants (Boudechiche et *al*, 2009).

Les analyses chimiques des noyaux révèlent des taux très élevés en matière sèche (jusqu'à 93%) et en fibres (NDF) atteignant les 92% (tableau 8). Les noyaux de dattes peuvent être utilisés en alimentation animale dans les zones productrices, surtout chez les ruminants qui ont tendance à valoriser les aliments celluloseux mais à des taux limités.

Les rebutts de dattes représentent des CUD de MS, MO et MAT élevés : 72,20 %, 76,39% et 69,42% respectivement (tableau 9). Cela est toujours dû à leur richesse en sucres cytoplasmiques facilement fermentescibles et leur pauvreté en fraction indigestible représenté par la lignine.

Les rebutts de dattes enregistrent une valeur énergétique de 0,94 UF et une valeur azotée, exprimé en MAD de 28,94 g/kg de MS ont énoncé des valeurs énergétiques de 0,85 UF, 0,84 UFL et 0,81 UFV / kg MB.

Les rebuts de dattes peuvent être classés parmi les aliments concentrés énergétiques pouvant même se substituer aux céréales. Toutefois, il faut noter que l'abondance des sucres simples diminue le pH, au niveau du rumen, et crée un milieu défavorable pour les bactéries cellulolytiques, en plus de l'insuffisance de la source azotée nécessaire pour une bonne activité de ces derniers ; ce qui explique un CUD de CB faible (50,27 %). D'où leur utilisation nécessite une complémentation ou un traitement azoté.

Chez l'ovin la digestibilité de la MS, MO et MAT des régimes augmente proportionnellement à l'élévation du taux de rebut de datte dans la ration, soit des taux successifs.

- le maïs présente des teneurs en protéines, lipides et en amidon supérieurs à celles de la pulpe de datte soient respectivement : 9,63 vs 3,46 %, 8,94 vs 0,36% et 59,03% d'amidon (les rebuts de datte étudiés sont exempts d'amidon).
- La valeur énergétique du maïs est aussi plus élevée à celle de la pulpe de datte 4026 vs 3188 kcal/kg MS d'EM réelle. Les CUD a des MG et MAT de la pulpe de datte sont de 73 et 57% respectivement ; ces valeurs sont nettement inférieures à celle du maïs qui sont dans l'ordre de 93 et 82% (Chehma et *al*, 2003), la composition chimique représentée ci-dessous dans le tableau 34.

Tableau 34 : Composition chimique et valeurs énergétiques des rebuts de dattes (Djerroudi, 1991).

	MS (%)	MM (% MS)	MAT (% MS)	MG (% MS)	CB (% MS)	UFL (Kg de MS)	UFV (Kg de MS)
Rebuts de dattes	83.45	7.96	3.24	2.8	5.69	1.06	1.05

Chapitre III

*Les additifs alimentaires les
plus utilisés en alimentation*

pour

Animaux D'élevage

L'aliment industriel est en fait une association de matières premières (tourteau de soja, maïs, blé, orge....) auquel on incorpore une quantité d'additifs qui servent à compléter ou à supplémenter la valeur nutritionnelle et améliorer la qualité nutritionnelle de l'aliment composé.

Compte à ces additifs utilisés en alimentation animale, ils sont synthétisés voir fabriqués par des laboratoires spécialisés un peu partout dans le monde entier, Leur utilisation en nutrition animale est devenue indispensable dans les quatre coins du monde toute en respectant les conditions qui sont établies par des règlements qui sont conçus pour but d'éclaircir ce qui est autorisé et interdit à être utilisé comme étant additif à incorporer dans l'alimentation animale tel que le règlement de la commission européenne (CE) n° 1831/2003.

Les additifs utilisés en alimentation animale jouent un rôle non négligeable dans l'élevage moderne et constituent l'un des thèmes importants du cadre de l'union européenne dans ce domaine (FAO/OMC, 2014).

Ces additifs, dont la liste autorisée est strictement définie ont en réalité des rôles majeurs : pour compléter une formule insuffisamment équilibrée, avec des minéraux, des oligo-éléments, par exemple, pour augmenter l'appétence d'un aliment, pour aider à conserver les nutriments les plus fragiles, pour protéger les produits des contaminations microbienne. Additif ne signifie donc pas artificiel, il s'agit d'un plus apporté à la sécurité alimentaire des animaux domestique, Ils sont considérés comme un des facteurs essentiels de l'efficacité de l'alimentation des animaux d'élevage, les additifs suscitent par ailleurs depuis quelques années de nombreuses critiques, notamment de la part des consommateurs et de leurs associations (Couailler, 2007).

Les résultats de cette étude ont été montrés l'efficacité des additifs alimentaires comme l'argile, huile et probiotique avec un taux entre 0.05% et 1% sur les performances zootechniques de poulet de chair. Un effet positif sur la baisse de taux de mortalité et un meilleur gain quotidien moyen avec 56.84 et 53.26 g/poulet. Les éleveurs utilisant ces additifs inscrits des différences non significative ($p > 0.05$) entre eux et significatives ($p < 0.05$) avec le régime témoin, résulte une bonne efficacité alimentaire (Medjenah, 2014).

III.1 Conditions d'autorisation

Pour être autorisé, un additif doit remplir certaines conditions :

- 1) Innocuité pour santé humaine des denrées provenant d'animaux ayant consommé l'additif,
- 2) Efficacité zootechnique prouvée, sans altération des produits animaux,
- 3) Innocuité pour l'animal : absence de toxicité et de perturbation des grandes fonctions de l'organisme,
- 4) Condition de contrôle : le contrôle qualitatif de l'additif doit être possible à l'aide de méthode fiables,
- 5) Caractéristiques technologiques : homogénéité, compatibilité avec les autres constituants de la ration (Goudoud, 1992).

III.2 Origines des additifs

Les additifs peuvent avoir trois origines différentes :

Les additifs naturels : il s'agit de produits issus du monde minéral, végétal ou Animal.

Les additifs synthétiques : ce sont des substances existant à l'état naturel qu'il est nécessaire, voir préférable de fabriquer pour des raisons de réduction des coûts liés aux traitements des substances naturelles. Les conditions de fabrication doivent être rigoureuses, car leur production exige parfois l'utilisation de solvants néfastes pour la santé qui ne sont pas entièrement éliminés.

Les additifs artificiels : il s'agit d'additifs qui n'existent pas dans la nature et qui doivent être fabriqués.

Les additifs pour l'alimentation des animaux sont ajoutés aux aliments pour animaux ou à l'eau pour remplir notamment une ou plusieurs des fonctions suivantes :

- Répondre aux besoins nutritionnels des animaux.
- Avoir un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux ou des produits d'origines animales, sur la couleur des poissons ou des oiseaux d'ornement.
- Limiter les conséquences environnementales de la production animale.
- Améliorer les performances zootechniques, le rendement ou le bien-être des animaux.

III.3 présentation des différentes catégories d'additifs

III.3.1 les additifs technologiques

Améliorant la qualité et la sécurité des aliments pour animaux, notamment leur conservation, leur texture, l'homogénéité des aliments. Parmi ceux-ci : antiagglomérants, liants, antioxydants...

III.3.1.1 Les colorants

Les caroténoïdes sont divisés en deux groupes majeurs : les carotènes (dont le bêta-carotène) et les xanthophylles (dérivés de l'oxydation des carotènes). Ces molécules, toutes présentes dans la nature et encore appelées pigments. Elles sont utilisées dans les aliments destinés aux volailles en raison de leur influence sur la couleur du jaune d'œuf ou des pattes et de la peau des poulets (Drardja, 2008). Les matières premières des aliments n'en contenant pas assez, il est nécessaire de les compléter avec un apport adéquat en caroténoïdes.

III.3.1.2 Les substances aromatiques

Elles Confèrent une odeur et/ou un goût aux aliments des animaux. On distingue deux types de substances : Les arômes et les édulcorants.

- **Les arômes** : Composés aromatiques d'origine naturelle ou de synthèse, utilisés en association ou non avec les édulcorants.
- **Les édulcorants** : Renforcent le pouvoir sucrant du sucre ou du saccharose contenus dans les matières premières. Peuvent être utilisés en association avec les arômes.

Principales fonctions :

- Contribuent à améliorer la consommation et l'utilisation de l'aliment en facilitant la sécrétion de salive, d'acide gastrique, de bile et d'un certain nombre d'enzymes dans le tube digestif.
- Aident à la prise d'aliment sec chez les jeunes animaux.
- Rappellent les odeurs et saveurs maternelles dans les laits de remplacement.
- Diminuent les variations de consommation d'aliments pouvant intervenir chez les animaux en engraissement ou en lactation.
- Stabilisent les caractéristiques gustatives et olfactives de l'aliment.

III.3.1.3 Les conservateurs

Ils assurent la conservation des aliments en les protégeant des altérations microbiologiques qui peuvent entraîner notamment le développement de toxines.

Principalement composés d'acides organiques ou de sels d'acides organiques, Ils opèrent une Action antibactérienne (salmonelles) et antifongique (mycotoxines) dans l'alimentation de toutes les espèces animales. En inhibant le développement d'agents pathogènes et la production de leurs toxines, les conservateurs préservent la qualité microbiologique des aliments et protègent Les animaux des intoxications.

Ils servent donc non seulement à assurer la sécurité sanitaire mais aussi à garantir la stabilité organoleptique des aliments.

III.3.1.4 Les antioxygènes

Ils assurent La bonne conservation des aliments de toutes les espèces animales en les protégeant des altérations provoquées par l'oxydation.

La détérioration des aliments est un problème auquel l'homme s'est trouvé confronté depuis qu'il a commencé à stocker des provisions.

En général, la conservation de la plupart des composants des aliments tels que les protéines, Les matières grasses, les vitamines, n'est pas réalisable sans antioxygène.

L'exemple le plus connu est celui des graisses, notamment végétales, qui, sensibles à la détérioration, subissent des modifications généralement regroupées sous le terme "rancidité".

Les Antioxydants sont des substances qui captent l'oxygène à l'origine des détériorations organoleptiques et nutritionnelles des aliments aussi bien en alimentation humaine qu'animale.

III.3.1.5 Les émulsifiants

Sont des substances qui, ajoutées à un aliment pour animaux, permettent de réaliser ou de maintenir le mélange homogène de deux ou plusieurs phases non miscibles, Agissent sur la Texture des aliments, principalement liquides.

La bonne texture des aliments est essentielle à une bonne prise alimentaire par les animaux, un défaut de texture ou une consistance non appréciée par l'animal peut entraîner le rejet de L'aliment.

Ils jouent un rôle fondamental dans la formulation des aliments utilisant des matières grasses ou des huiles et de l'eau, ils permettent de mélanger et de stabiliser plusieurs phases telles que l'huile et l'eau qui ne peuvent être mélangés qu'en leur présence.

III.3.1.6 Les gélifiants

Les gélifiants solidifient les préparations liquides, restructurent les produits par la formation d'un gel.

III.3.1.7 Les liants

Agissent sur la texture des aliments principalement solides pour en faciliter l'utilisation. Ils interviennent sur leur structure physique pour une meilleure agrégation des matières premières mises en œuvre, ce qui permet de limiter la présence de particules fines sous forme de poussières d'aliments préjudiciables à la présentation et à la consommation de l'aliment.

III.3.1.8 Les substances pour le contrôle de contamination de radionucléides

Elles Permettent de réduire l'absorption des nucléides de césium dans les fourrages contaminés par le césium radioactif.

Leur utilisation est exceptionnelle, par exemple suite à l'accident de Tchernobyl.

III.3.1.9 Les antiagglomérants

Ils agissent sur la texture des aliments pour en faciliter l'utilisation pour une meilleure fluidité des composants entre eux et éviter la prise en masse des aliments qui les rendent impropres à la consommation par les animaux.

III.3.1.10 Les correcteurs d'acidité

Ils modifient ou limitent l'acidité ou l'alcalinité des aliments.

III.3.1.11 Les additifs pour ensilage

Des Substances, comprenant les acides organiques et minéraux, les enzymes et les micro-organismes, qui favorisent la conservation des fourrages par fermentation lactique.

L'utilisation des additifs pour l'ensilage permet de réduire les pertes en qualité et en quantité, contribuant ainsi à préserver la valeur alimentaire et gustative des fourrages, à limiter le développement de micro-organismes indésirables (clostridies, listeria, moisissures, etc.) et à améliorer la stabilité anaérobie et parfois aérobie (retarder les reprises de fermentation à l'ouverture des silos). L'absence d'additifs pour l'ensilage entraînerait :

- Une perte alimentaire qualitative (azote assimilable, énergie) et quantitative (matière sèche consommable).
- Le développement de micro-organismes indésirables pouvant se retrouver dans les produits animaux.
- Un réchauffement des ensilages à l'ouverture des silos (reprise de fermentation).

III.3.1.12 Les dénaturants

Des substances qui, utilisées dans la fabrication d'aliments transformés pour animaux, permettent de déterminer l'origine de matières premières pour denrées alimentaires ou aliments pour animaux spécifiques.

III.3.1.13 Les enzymes

Les enzymes sont des protéines qui agissent sur les matières premières de la ration au niveau du tube digestif de l'animal. Elles améliorent la digestibilité de ces matières premières et contribuent à une meilleure assimilation de la ration et à une diminution des rejets. Les enzymes permettraient également de limiter les effets négatifs de certains facteurs antinutritionnels et de réduire les diarrhées.

Ces enzymes sont produites industriellement à partir de champignons ou de bactéries (Grajek et al, 2005).

Les objectifs recherchés par l'incorporation des enzymes en alimentation de volailles sont (Juin, 2011) :

- D'inhiber l'action des facteurs antinutritionnels contenus dans les aliments et qui ont des effets délétères sur le processus de la digestion et la santé de l'animal.
- D'augmenter l'accessibilité des nutriments contenus dans les aliments par les enzymes endogènes de l'animal.
- De pallier l'absence chez l'animal d'enzyme capable d'hydrolyser des liaisons chimiques particulières.
- De pallier le manque d'enzyme au niveau d'un tube digestif immature.

III.3.2 Les additifs zootechnique

Les additifs zootechniques regroupent tous les additifs qui ont un rôle sur la qualité des productions animales, la bonne santé des animaux et la préservation de l'environnement. Il y a 4 catégories d'additifs zootechniques selon l'effet revendiqué

Apportent aux animaux tous les micronutriments essentiels tels que les vitamines, provitamines et substances à effet analogue, Oligoéléments, Acides aminés, Urée, pas ou peu synthétisés par les animaux, essentielles à la vie et à la santé des animaux, doivent être ajoutées à leur alimentation, faute de quoi des carences peuvent subvenir, et avoir des conséquences non négligeables sur l'état de santé, le bien-être des animaux, ainsi que sur la qualité des produits des animaux d'élevage.

III.3.2.1 Les Vitamines, provitamines et substances à effet analogue Chimiquement bien définies

Les vitamines possèdent chacune des fonctions spécifiques qui ne peuvent pas être remplies par une autre vitamine.

Il existe 3 classes de vitamines et analogues : Vitamines liposolubles, hydrosolubles, substances à effet analogue aux vitamines.

III.3.2.2 Les oligoéléments et leurs composés

Les oligoéléments sont des catalyseurs qui améliorent le métabolisme de l'animal et diminuent les rejets. Indispensables à la vie des animaux, ces nutriments sont utilisés dans toutes les formulations.

III.3.2.3 Les Acides aminés, leurs sels et produits analogues

Les acides aminés dits essentiels ne peuvent être synthétisés par l'organisme. Ils doivent donc être apportés par l'aliment afin de pouvoir servir à la synthèse des protéines corporelles et donc soutenir le processus de croissance et maintenir ces performances.

L'application du concept de protéine idéale dans la formulation des aliments permet d'ajuster les apports en acides aminés essentiels aux besoins des animaux pour éviter les carences, mais également pour limiter les excès. Ces excès, principalement dus aux matières premières riches en protéines, comme le tourteau de soja qui apporte certains acides aminés au-delà de ce qui est nécessaire pour l'animal, doivent être catabolisés par les animaux et sont à l'origine de l'excrétion de composés azotés qui se transforment en nitrates dans l'environnement.

Avec les acides aminés disponibles actuellement (lysine, thréonine, méthionine et Tryptophane), il est possible de réduire les quantités d'azote excrétées d'environ 30% et

contribuer au développement d'une filière des productions animales respectueuse de l'environnement.

III.3.2.4 L'Urée et ses dérivés

L'urée est un nutriment azoté indispensable dans les rations pour l'équilibre du métabolisme des protéines chez les ruminants, est produite spécifiquement pour cet usage. Dans l'alimentation des animaux, l'azote est apporté sous forme protéique (protéines) ou non protéique. L'urée est une des sources possibles d'azote non protéique qui vient en Complément des protéines végétales.

III.3.2.5 Les antibiotiques

Dans les années 1940 l'industrie agro-alimentaire s'est mise à utiliser régulièrement des antibiotiques dans l'alimentation animale comme facteur de croissance pour accroître sa productivité. Les antibiotiques sont des substances appartenant à plusieurs familles chimiques différentes.

Les antibiotiques, depuis leur découverte, se sont révélés très précieux dans la lutte contre les maladies d'origine bactérienne touchant l'homme et les animaux.

En élevage, associés aux vaccinations et à une amélioration des conditions hygiéniques, les antibiotiques ont fortement contribué au développement de l'élevage dit «industriel».

Chez le poulet a été découverte une autre propriété des antibiotiques : l'effet promoteur de croissance. Les antibiotiques en tant que facteurs de croissance comptent parmi les additifs les plus utilisés pour améliorer l'indice de consommation et la vitesse de croissance et augmenter par conséquent la productivité et la rentabilité des élevages (Mathlothi *et al*, 2009). Mais le monde bactérien s'est adapté aux antibiotiques et des souches résistantes aux antibiotiques sont apparues, réduisant leur efficacité. Les additifs antibiotiques pour l'alimentation animale suivants également en médecine humaine : avoparcine, phosphate de tylosine, spiramycine, virginiamycine et bacitracine-zinc (Bouvarel, 2003).

Les antibiotiques sont utilisés en thérapeutique et de plus en plus fréquemment à titre préventif (Guillot J.F. *et al*, 1989). Les doses utilisées se situent, pour les antibiotiques autorisés, dans la plupart des cas entre 20 et 40 ppm de l'aliment complet. En expérimentation, la plupart des antibiotiques ont leur activité maximale à des concentrations de 100 ppm. Les doses utilisées habituellement sont de 10 à 20 fois inférieures aux doses thérapeutiques minimales chez les espèces considérées. A dose infra-thérapeutique environ 20 ppm, de 5 à 100 g/tonne, pour stimuler la croissance et améliorer les performances zootechniques. On peut s'attendre à des augmentations du gain moyen quotidien de 3 à 7% et des améliorations de l'indice de consommation de 2 à 9%.

Le mode d'action des antibiotiques comme facteurs de croissance n'est pas encore précisément connu à ce jour. Ils affecteraient l'activité métabolique de certains microorganismes intestinaux, ou entraîneraient un changement de l'équilibre de l'écosystème intestinal (Samanidou *et al*, 2008). En Algérie l'usage des antibiotiques additifs a été autorisé

suite à la loi n°88-09 du 26 janvier 1988 relative à la médecine vétérinaire et à la protection de la santé animale (Behira, 2012).

III.3.2.6 Les probiotiques

Additif de la ration alimentaire contenant des microorganismes vivants, qui a un effet favorable sur l'hôte par le biais d'une amélioration de l'équilibre de la microflore intestinale (Fuller, 1989). Plus tard, (Fuller, 1991) cité par (Chafai, 2006), a redéfini les probiotiques de la façon suivante: préparations microbiennes vivantes, utilisées comme additif alimentaire, ayant une action bénéfique sur l'animal hôte en améliorant la digestion et l'hygiène intestinale.

Selon (Clerc et *al*, 2007), les probiotiques (étymologiquement "pour la vie") constituent une troisième grande classe d'additifs testés pour une utilisation dans le cadre de la lutte contre la salmonellose et les autres agents zoonotiques chez le poulet. La plupart des souches microbiennes utilisées dans les produits probiotiques appartiennent aux genres *Bifidobacterium* ou *Lactobacillus*.

Les lactobacilles peuvent produire des métabolites qui limitent la croissance des salmonelles. Les levures induisent des effets positifs en termes de performances de production chez plusieurs espèces des ruminants et monogastriques, mais ne peuvent pas coloniser le tractus digestif. Les levures utilisées comme probiotiques sont des souches de *Saccharomyces bouladii* et *Saccharomyces cerevisiae*.

Selon (Guillot, 2004), chez l'animal en croissance, l'efficacité zootechnique revendiquée des probiotiques est souvent par l'amélioration de la croissance (GMQ), de l'indice de consommation (IC), et de l'état sanitaire voire du bien-être des animaux établis par la réduction de la fréquence des diarrhées ou de la mortalité durant certaines phases critiques d'élevage : stress sanitaires (densité,) ou stress nutritionnels induits par le stade physiologique des animaux, le changement du régime alimentaire et les rations riches en concentré. Comme pour les autres animaux, l'utilisation de probiotique en élevage des volailles est développée à la suite des recherches effectuées sur le tractus gastro-intestinal qui ont permis une meilleure Compréhension du rôle de la microflore et de son importance sur la santé et l'hygiène digestive des animaux.

De façon générale, les souches probiotiques possèdent une efficacité reconnue sur les taux de ponte des poules pondeuses. L'incorporation des lactobacillus à l'alimentation des poules permet d'augmenter considérablement le taux de ponte.

III.3.2.7 Les prébiotiques

Les prébiotiques constituent la première classe importante d'additifs alimentaires volailles pour lesquels on revendique une activité anti-Salmonelles.

Par définition, les prébiotiques sont des composantes des aliments indigestibles, qui ont un effet bénéfique sur l'animal par le biais d'une stimulation de la croissance et/ou de l'activité d'un nombre restreint d'espèces bactériennes déjà présentes dans le colon, ce qui peut contribuer à l'amélioration de la santé de l'animal, On distingue différentes classes de prébiotiques, selon la taille de la molécule ou suivant leur origine, naturelle ou synthétique (Van immerseel et *al*, 2003) et (Gibson et *al*, 2004).

III.3.2.8 Les phytases

Pour permettre une meilleure valorisation de l'aliment, la plupart des aliments pour volailles contiennent des enzymes qui favorisent la digestion (Peter).

Aujourd'hui, il existe différents types de phytases commerciales (origine fongique ou bactérienne, 3- ou 6-phytase, etc...). Chacune d'entre elles possède des caractéristiques qui lui sont propre, ce qui donne lieu à des différences quant aux recommandations des fabricants : à chaque phytase sont associées des valeurs différentes pour ce qui est de l'amélioration des coefficients de digestibilité du phosphore, du calcium, des acides aminés, ou de l'énergie (Cowieson et *al*, 2009). Les Phytases fongiques hydrolysent l'acide phytique qui est la forme principale du phosphore dans les grains.

III.3.2.9 Les coccidiostatiques (ou anticoccidiens)

Autres substances médicamenteuses ayant une activité thérapeutique contre des parasites sont utilisées à faibles doses chez les volailles, leur action sur le développement des parasites du tube digestif des volailles est la seule solution pratique permettant de prévenir ce parasitisme. L'addition de coccidiostatiques dans les aliments est interrompue dans un délai fixé par la réglementation, ce qui permet de garantir l'absence de résidus dans les viandes de volailles ou de lapin. Le choix de l'aliment comme support des coccidiostatiques permet d'apporter des quantités régulières et efficaces de coccidiostatiques pour maîtriser les coccidioses qui sont utilisés en prévention de manière presque généralisée dans l'engraissement conventionnel de volaille.

III.3.3 Les alternatives aux antibiotiques additifs

Ces solutions alternatives doivent à la fois être efficaces sur le plan zootechnique et apporter les garanties nécessaires en matière de sécurité alimentaire, l'efficacité zootechnique de certaines alternatives aux « Antibiotiques Facteurs de Croissance » (AFC) utilisées en alimentation animale est bien étudiée mais leurs modes d'action ne sont pas totalement identifiés. La forme de présentation de l'aliment ou l'apport d'additifs peut avoir un impact sur le fonctionnement et la structure du tube digestif des volailles.

III.3.3.1 Les enzymes

Les enzymes sont des protéines qui agissent sur les matières premières de la ration au niveau du tube digestif de l'animal. Elles améliorent la digestibilité de ces matières premières et

contribuent à une meilleure assimilation de la ration et à une diminution des rejets. Les enzymes permettraient également de limiter les effets négatifs de certains facteurs antinutritionnels et de réduire les diarrhées.

III.3.3.2 Symbiotiques

Combinaison d'un probiotique et d'un prébiotique dont l'objectif est d'augmenter la durée de survie du micro-organisme en lui fournissant un substrat pour sa fermentation. Les symbiotiques, en associant prébiotiques et probiotiques, améliorent la survie et l'implantation de suppléments alimentaires microbiens vivant dans le tractus gastro-intestinal autrement dit, ils contiennent une bactérie vivante et le nutriment qui lui est favorable. Un aliment symbiotique agit par l'action du prébiotique qui va favoriser le développement du probiotique et potentialiser ainsi l'effet bénéfique de ce dernier sur la santé. Certaines combinaisons symbiotiques ont été bien étudiées, telsque les Fructo-oligosaccharides (FOS), les bifidobactéries, et le lactitol et les lactobacilles. Chez la volaille il a été déjà testé la combinaison de Fructo-oligosaccharides (FOS) avec une flore de compétition et on a vu que les poussins traités avec cette combinaison étaient mieux protégés contre les salmonelles que ceux traités avec les composantes simples (Van immerseel et *al*, 2003).

III.3.3.3 Epices et les extraits des plantes

De nombreux produits d'origine végétale sont déjà utilisés dans l'alimentation porcine. Il s'agit principalement de plantes ou d'extraits de plantes, d'épices et d'huiles essentielles dont les principes actifs sont bénéfiques pour les animaux, mais aussi de produits des analogues de synthèse. L'ail, la moutarde, l'origan, le thym, par exemple sont des épices et extraits de plantes reconnus pour leurs activité bactéricides. Ils jouent un rôle dans le contrôle des maladies intestinales.

Leurs inconvénients majeurs sont le coût et leur manque de stabilité qui limite leur emploi.

III.3.3.4 Oligo-éléments

Nutriments minéraux nécessaires à l'organisme, pas ou peu synthétisés par les animaux. Essentiel à la vie et à la santé des animaux d'élevage et de compagnie, les oligo-éléments doivent être ajoutés à leur alimentation. Les oligo-éléments sont des catalyseurs qui améliorent le métabolisme de l'animal et diminuent les rejets. Indispensables à la vie des animaux, ces nutriments sont utilisés dans toutes les formulations.

Le Fer et le zinc, ont des effets reconnus sur les performances de croissance des animaux. Des résultats de l'étude de l'Institut Technique du Porc (ITP) montrent qu'une supplémentation en Zinc et en Fer de 40 ppm en démarrage-croissance (**Tableau 35**) améliore le GMQ (Gain moyen Quotidien) de 12,3% et l'IC (Indice de consommation) de 4,8%.

Tableau 35 : Additions recommandées d'oligo-éléments pour poulet de chair (INRA, 1989).

Oligo-élément (ppm)	Démarrage-croissance	Finition
Fer	40	15
Cuivre	3	2
Zinc	40	20
Manganèse	70	60
Cobalt	0.2	0.2
Sélénium	0.1	0.1
Iode	1	1

III.3.3.5 Acides organiques

La première utilisation d'acides organiques (acides propionique, butyrique, sorbique, acétique, benzoïque, lactique, formique, citrique et fumarique) dans la production des animaux monogastriques avait pour but la préservation des aliments contre l'altération microbienne. Mais l'importante activité antimicrobienne des acides organiques a conduit à remarquer que ces composés étaient particulièrement utiles à l'amélioration des performances grâce à leur régulation de la microflore intestinale. Les acides organiques abaissaient le pH du contenu du tractus digestif et de cela découlaient tous ces effets : l'augmentation de l'ingéré, l'amélioration du gain moyen quotidien et de l'indice de consommation (Choct, 2001).

III.3.3.6 Argiles

D'après (Nathalie et *al*, 2005), les argiles n'ont pas de valeur alimentaire et ne sont pas absorbées au niveau du tractus digestif, ils se retrouvent donc dans les fèces. Elles sont rajoutées à l'aliment pour améliorer la stabilité du mélange et la qualité des granulés. Elles sont généralement, utilisées à des doses entre 0,5 et 2,5 %. Outre cet aspect technologique, elles présentent également des intérêts en alimentation animale compte tenu de leurs capacités d'absorption et d'adsorption spécifique de molécules et d'ion.

L'efficacité zootechnique dépend de ces spécificités mais aussi du stade physiologique de l'animal et la composition de l'aliment. L'utilisation de l'argile au démarrage semble être positive pour le maintien d'un niveau de croissance future acceptable (Picard et *al*, 2003). Les deux principales catégories utilisées en alimentation animale sont les argiles à feuillets ou phyllosilicates (bentonites dont la montmorillonite, sépiolite, kaolinite, vermiculites et attapulgite), et les argiles à architecture de tétraèdres ou tectosilicates (zéolites dont la clinoptilolite) (Melcion, 1995).

Certaines argiles sont également recommandées pour leurs propriétés prodigestives, augmentant l'efficacité alimentaire et l'hygiène digestive. Ces propriétés sont dues au

ralentissement du transit digestif qui permet un accroissement de la digestibilité de la ration (Melcion, 1995).

III.3.3.7 Blocs multi nutritionnels

Les blocs multi nutritionnels sont des aliments des ruminants composés de plusieurs ingrédients contribuant à l'amélioration de l'ingestion de la paille se traduisant par une amélioration des performances zootechniques de l'animal. Les principaux ingrédients utilisés sont : la mélasse, l'urée, le sel, le ciment, la chaux, le son.

On peut également utilisés d'autres sous-produits tels que le grignon d'olive (cas de l'Afrique du Nord, et du Proche Orient), la litière séchée des volailles, des tourteaux (coton, arachides, sésame), des farines de luzerne, de l'algue marine, des drêches de brasserie, les pulpes fraîches (tomates, betterave.....).

La consommation des blocs multi nutritionnels et leurs effets positifs sur l'amélioration de l'ingestion de la paille se traduisent par une amélioration des performances zootechniques de l'animal.

Chapitre IV
Aliments industriels pour
Animaux d'élevage

Les aliments composés sont des mélanges composés d'origine végétale ou animale à l'état naturel et les dérivés de leur transformation industrielle ainsi que les différentes substances organiques et inorganiques, comprenant ou non des additifs, qui sont destinés à l'alimentation animale par voie orale sous forme d'aliments complets ou complémentaires.

Les aliments complets sont des mélanges d'aliments qui, grâce à leur composition suffisent à assurer une ration journalière.

Alors que les aliments complémentaires sont des mélanges d'aliments qui contiennent des taux élevés de certaines substances et qui, en raison de leur composition, n'assurent la ration journalière que s'ils sont associés à d'autres aliments.

44 % des aliments concentrés sont fabriqués à la ferme sous forme de mélanges raisonnés de matières premières, produites sur place ou achetées à l'extérieur. Les autres (56 %) sont incorporés dans des aliments composés fabriqués par les industries de nutrition animale. Ce sont à 96 % des aliments composés complets ou complémentaires, sous forme de granulés ou de farines. Ils visent à satisfaire les besoins nutritionnels des animaux en énergie et en matières azotées, mais aussi en vitamines, oligo-éléments, enzymes, médicaments, acides aminés, minéraux... Les autres aliments fabriqués par l'industrie visent à satisfaire plus spécifiquement les besoins en minéraux des animaux (phosphore, calcium, magnésium...), habituellement sous forme de pierres à sels, ou sont destinés à l'allaitement des jeunes animaux (veaux de batteries), le plus souvent sous forme de poudre à diluer. Au total, les aliments industriels représentent 16 % de l'ensemble des tonnages d'aliments pour animaux de ferme, fourrages compris (Agreste Primeur, 2017).

IV.1 Formulation des aliments pour animaux d'élevage

La formulation est réalisée par programmation linéaire à l'aide de l'outil « solver » du programme Excel®. Il s'agit d'optimiser (minimiser ici) une fonction-objectif. Classiquement, le formulateur cherche à minimiser le prix de l'aliment composé en tenant compte d'un certain nombre de contraintes : contraintes sur les caractéristiques nutritionnelles de l'aliment permettant de couvrir les besoins de l'animal (fonction de la performance zootechnique recherchée) et contraintes sur l'incorporation de matières premières (selon leurs propriétés [présence de facteurs antinutritionnels, aspect de l'aliment...] et leur disponibilité). La composition de l'aliment en matières premières dépend alors de leur prix et de leurs caractéristiques nutritionnelles (apports en énergie, protéines et acides aminés notamment) (Dusart *et al*, 2016).

IV.2 Matières premières les plus utilisées dans la formulation des aliments industriels

Comme indiqué par (Johnston et Hawton, 1991), la première étape dans la confection d'aliments de grande qualité pour animaux, consiste à obtenir des ingrédients de grande qualité. Il est impossible de fabriquer des aliments pour animaux de grande qualité à partir d'ingrédients de qualité médiocre.

Il est important de souligner que chez les **monogastriques**, l'**aliment concentré** est composé d'un mélange de matières premières et de sous produits, qui peut être donné sous forme de **farine** (cas des volailles) ou de **granulé** (cas des lapins) représentent la totalité des rations alimentaires et assurent à la fois les besoins protéiques et énergétiques.

Chez les **polygastriques**, en volume les aliments principaux des ruminants sont des **fourrages** (Herbe pâturée, ensilage de maïs, foin de luzerne...), pour compléter la ration de ses animaux, l'éleveur distribue des **aliments concentrés**, ils apportent de l'énergie, protéines, minéraux et vitamines.

Les industries d'aliments composés achètent essentiellement deux types de matières premières pour leurs fabrications, les une riches en énergie, les autres riches en protéines (Agreste Primeur, 2017).

❖ **Les matières premières énergétiques**

Les céréales représentent la première source d'énergie dans les aliments pour animaux. Les fabricants d'aliments en utilisent une grande variété en fonction de leurs prix et de l'animal on cite (blé tendre, maïs, orge, triticale, sorgho, avoine, seigle).

L'industrie de l'alimentation animale sait aussi valoriser les co-produits, comme le son, remoulage issues de l'industrie de la meunerie (fabrication de farine), ou les mélasses issues de la production du sucre. D'autres sources d'énergie sont également utilisées, tels que les huiles végétales (Agreste Primeur, 2017).

❖ **Les matières premières protéiques**

Les matières les plus riches en protéines sont les tourteaux (co-produits des industries de trituration pour la production d'huiles alimentaires, et, plus récemment, de biodiesel), dans l'ensemble des matières premières protéiques elle est la plus incorporée (45 %). Les tourteaux de soja et colza constituent la deuxième source de protéines (30 %), La part des tourteaux de tournesol, s'est établie à 22 %. Cette hausse est liée au recours accru aux tourteaux de tournesol hautement protéiques en raison notamment du développement du marché des volailles sous label. On note aussi le lupin, le lin la luzerne déshydratée, ou les drèches issues de la production de bière ou des biocarburants à partir de blé ou de maïs. Les fabricants d'aliment peuvent aussi utiliser des produits laitiers (poudre de lait et lactosérum) (Agreste Primeur, 2017).

❖ **Les additifs**

Représentent un troisième type de composants incorporés dans les aliments composés. Même s'ils n'en constituent qu'une très faible part (0,7 % en 2015 et 0,8 % en 2012), ce sont des matières premières à haute valeur ajoutée, et à fort enjeux pour la qualité nutritionnelle des animaux de ferme.

Les prémélanges d'additif représentent désormais 66 % du total des additifs incorporés dans les aliments composés contre 60 % en 2012.

Les liants-antimottants et argiles restent au deuxième rang des additifs utilisés dans la fabrication des aliments composés (16 %). Les autres types d'additif sont incorporés dans les aliments composés représentent chacun moins de 10 % de l'ensemble des additifs : 4 % pour les additifs nutritionnels, 3 % pour les additifs sensoriels du type colorants ou substances aromatiques, 7 % pour les autres additifs technologiques (Agreste Primeur, 2017).

IV.3 Processus de fabrication d'aliments composés pour animaux

Le granulé est la forme sous laquelle se présente la majorité des aliments composés pour animaux, vient après dans l'ordre la farine et miettes destinées aux volailles (Poulet de chair, reproductrice, ponte).

Les granulés contiennent l'ensemble des matières premières que le fabricant a soigneusement assemblées pour constituer un aliment composé équilibré.

Le processus d'élaboration et de fabrication des aliments composés peut se dérouler en 3 phases principales :

- La réception
- La fabrication
- L'expédition

Ces trois étapes sont précédées d'une étape de recherche et de formulation assurée par un responsable de formulation à la société qui compose, pour chaque race, des menus équilibrés en faisant au préalable une étude de caractéristiques des matières premières selon les besoins alimentaires des animaux afin d'assembler les ingrédients dans des proportions adaptées pour chaque type d'animal.

De ce fait chaque animal reçoit une alimentation adaptée à la phase de sa vie (Pré-démarrage, démarrage, croissance). Et ce, à l'aide de dizaines de matières premières différentes.

IV.3.1 Réception des matières premières

Dès leur arrivée à la société, Les matières premières subissent un contrôle du poids à l'aide d'un pont bascule pour s'assurer du poids net. Après elles font l'objet d'un :

❖ Echantillonnage

L'échantillonnage consiste à prélever un échantillon à l'aide d'une sonde à partir du lot de matière première fraîchement réceptionnée au niveau de la ferme, société ou usine fabriquant de l'aliment composé pour animaux d'élevage, sinon à l'aides d'une canne à sonde si il s'agit de sacs.

❖ Analyse

Consiste à effectuer une série d'analyses et de tests permettant de détecter la présence ou non de salmonelles, de pesticides, le taux d'aflatoxine, et le taux de métaux lourds, si celle-ci sont conformes, elles seront stockées dans des silos, dans le cas échéant, elles seront refusées.

IV.3.2 Fabrication d'aliments industriels

La fabrication d'un aliment industriel pour animaux d'élevage passe par une série d'étapes énumérée ci-dessous :

IV.3.2.1 Stockage

La société dispose de deux fosses pour déposer les matières premières, La première est destinée aux graines (céréales, tourteaux ...) avec un débit qui varie de 80 à 100 Tonnes /h. et

la deuxième est destinée aux farines (farine de poisson, ...) avec un débit qui varie de 30 à 50 Tonnes/h.

Une fois les matières premières sont déposées dans les deux fosses, elles sont dirigées, au moyen des transporteurs et d'élévateurs, vers des silos où elles sont stockées séparément, dont on distingue 26 cellules de stockage de MP.

IV.3.2.2 Nettoyage

Le nettoyage des matières premières est assuré par une double action émotteur - aspirateur. L'émotteur permet d'écarter les débris métalliques à l'aide d'un aimant, alors que l'aspirateur élimine les particules fines telles que la poussière.

IV.3.2.3 Dosage et prémélange

L'usine dispose de deux bennes peseuses « BP1 et BP2 » correspondant chacune à des produits dont les dosages requièrent une précision plus ou moins grande selon les pourcentages de la formule.

Une fois les matières premières sont dosées, elles sont dirigées vers une grande trémie pour un premier mélange grossier, appelé pré-mélange.

IV.3.2.4 Broyage

La matière ainsi dosée et pré-mélangée subit un broyage mécanique qui permet de réduire les matières premières à une granulométrie plus petite afin de réaliser des mélanges homogènes et ceci à l'aide du broyeur à marteaux.

IV.3.2.5 Mélange

Au cours de cette étape le pré-mélange broyé part une mélangeuse qui reçoit des apports de liquides, tels que l'huile, la choline, et les apports d'additifs tels que le prémix et macrominéraux (carbonate de calcium, phosphate bi calcique) dosés à l'aide d'une benne peseuse afin d'obtenir un mélange homogène.

Cette étape occupe une place essentielle dans la ligne de fabrication et requiert une attention importante car l'homogénéité du produit doit être parfaite.

IV.3.2.6 Distribution

Le mélange ainsi préparé passe vers une trémie sous-mélangeuse puis il sera transporté par un transporteur et élévateur vers un distributeur.

Selon le type de produit fini désiré « Granulé ou Farine », le mélange est envoyé :

- soit directement dans des cellules de vidange (CV) qui sont au nombre de 8 afin d'être expédié sous la présentation farine.
- soit stocké dans des cellules de presse (CP) qui sont en nombre de 6 pour les envoyer vers les presses 1 et 2.

IV.3.2.7 Malaxage et Pressage

Avant l'étape de pressage le mélange passe d'abord par un malaxeur qui a pour activité de malaxer le mélange avec la mélasse, puis dirigé vers une presse dans laquelle est injectée de la vapeur pour obtenir une pâte à 85°C. Cette pâte est ensuite poussée vers un anneau d'acier perforé où elle prend la forme de spaghettis qui seront découpés par la suite en morceaux de quelques millimètres donnant ainsi des granulés.

IV.3.2.8 Refroidissement

Le refroidissement consiste à refroidir et à sécher des granulées afin d'éliminer l'excès d'eau et aussi d'assurer leur consistance.

IV.3.2.9 Emiettage

Il s'effectue à l'aide d'un émietteur qui sert à casser les granulés en particules de taille variante selon la nature de produit voulu.

IV.3.2.10 Tamisage

Après cette étape vient l'étape de tamisage qui s'effectue à l'aide du tamiseur à l'intérieur duquel s'installent 3 grilles de dimension décroissante. Au cours du tamisage les grands granulés retournent à l'émietteur pour être cassés de nouveau alors que les fines passent vers la presse en suivant les étapes de granulation.

IV.3.3 Expédition

Selon les commandes demandées, les produits finis seront expédiés soit :

- **En sac** de 50 Kg, à l'aide d'une ensacheuse.
- **En vrac**, directement dans des camions citernes à partir des cellules de vidange (CV).

IV.4 Unités de fabrication d'aliments pour animaux

IV.4.1 Les locaux

Les locaux englobent tous les éléments du bâtiment et de ses environs : l'extérieur, les routes, le réseau de drainage, la conception et la construction du bâtiment, l'acheminement des produits, les installations sanitaires et la qualité de l'eau, de la vapeur.

Les installations et les équipements utilisés pour la transformation des aliments pour animaux et leurs ingrédients devraient être conçus de manière à :

- faciliter leur fonctionnement, leur entretien et leur nettoyage et à réduire au minimum la contamination des aliments.
- avoir un espace suffisant pour le mouvement du personnel, l'emplacement des équipements et pour le stockage et l'entreposage approprié des produits.

- permettre des espaces de travail et de stockage, assez larges pour la réalisation de toutes les opérations de production dans des conditions sécuritaires et hygiéniques.

IV.4.2 L'équipement

Les équipements utilisés pour la fabrication des aliments pour animaux, doivent être adaptés à cet effet. Les recommandations du fabricant concernant les temps de mélange en fonction de la taille et du type du mélangeur, devraient être respectés. Les mélangeurs ne devraient pas être trop remplis; l'efficacité du mélange est réduite lorsque les mélangeurs sont trop pleins, ou lorsqu'il y a trop peu de matière pour permettre un bon mélange (FAO et IFIF, 2013).

Les mélangeurs doivent être tenus propres, exempts de toute matière accumulée et doivent être en mesure d'effectuer un mélange homogène.

Les équipements de fabrication des aliments pour animaux, doivent être entreposés dans de bonnes conditions de propreté, afin d'éviter toute sorte de contamination. Des vérifications devraient être réalisées de manière régulière, et des archives devraient être tenues sur la maintenance et le nettoyage.

Si des médicaments ou autres additifs ont été mélangés dans l'aliment pour animaux, la totalité de l'équipement utilisé devrait être nettoyée avant le passage du lot suivant. Les aliments pour animaux devraient être mélangés afin que les contaminations croisées potentielles, entre les aliments pour animaux ou entre les ingrédients de ceux-ci, soient minimisées (FAO et IFIF, 2013).

IV.4.3 Le personnel

La formation du personnel est l'un des éléments importants d'une production efficace et sûre sur l'exploitation. La formation et l'éducation permettent de s'assurer que les personnes soient compétentes pour réaliser leurs tâches et disposent d'une bonne connaissance des risques et des conditions susceptibles d'entraîner une contamination, ou de réduire la sécurité et la qualité des produits.

Des programmes de formation doivent être organisés régulièrement; ils aident les personnes à comprendre les méthodes de production et de manipulation des produits et des équipements, ainsi que les mesures de sécurité. Les produits de protection des cultures, les biocides et autres produits chimiques potentiellement dangereux, ne doivent être manipulés que par des personnes ayant reçu la formation adéquate et capables de faire la preuve de leurs compétences dans ce domaine (FAO et IFIF, 2013).

IV.4.4 L'HACCP

L'HACCP est une méthode permettant d'identifier les étapes d'un procédé au niveau desquelles il pourrait se produire une perte, ou un écart significatif de qualité et de sécurité des produits, si aucune mesure de maîtrise ciblée n'était mise en place.

Les dangers sanitaires associés à l'alimentation animale peuvent être de nature biologique, chimique ou physique. Chaque danger est associé à des sources et des voies particulières de

contamination et d'exposition. La gestion des risques doit partir d'une parfaite compréhension de ces caractéristiques

Les dangers peuvent être introduits via les matières premières, ou par transfert ou contamination des produits durant les opérations de manutention, d'entreposage et de transport. La présence d'un danger peut également résulter d'une intervention humaine accidentelle ou délibérée (par exemple: fraude ou bioterrorisme) (FAO et IFIF, 2013).

La gestion des risques doit plus se baser sur des principes de préparation et de prévention, que sur de simples mesures de réaction une fois les problèmes détectés. Les principaux problèmes ayant contribué à cette évolution incluent:

- a. L'Encéphalite Spongiforme Bovine (ESB) et autres maladies à prion.
- b. L'impact sur la sécurité sanitaire des aliments des antibiotiques utilisés sur les animaux.
- c. Les substances nouvellement reconnues comme étant indésirables (mélamine, dioxines, dibenzofuranes et autres PCB).
- d. Présence d'organismes génétiquement modifiés dans les récoltes et d'enzymes dans les aliments.
- e. Sous-produits de nouvelles technologies (par exemple: biocarburants) utilisés pour la production d'aliments pour animaux (FAO et IFIF, 2013).

IV. 4.5 Contrôle Qualité

La responsabilité de la confection et du contrôle qualité, doit incomber à une personne compétente.

Les responsabilités spécifiques de cette personne doivent être énumérées dans une liste, et archivées. Si personne n'est désigné responsable de ces activités, c'est le fermier lui-même qui en est responsable.

Quelle que soit la personne responsable, elle devrait rédiger un plan de contrôle de la qualité qui devra être mis en œuvre et révisé au besoin. Le programme de contrôle qualité devrait inclure l'analyse périodique en laboratoire des aliments et des ingrédients de ceux-ci, au moyen de méthodes appropriées d'échantillonnage et d'analyse (FAO et IFIF, 2013).

IV.4.6 Étiquetage

L'étiquetage devrait être clair et indiquer la façon dont l'utilisateur doit manipuler, entreposer et utiliser les aliments pour animaux et leurs ingrédients. L'étiquetage devrait être conforme à toutes les exigences réglementaires, décrire les aliments et en donner le mode d'emploi. L'étiquetage, ou les documents d'accompagnement, devraient inclure, le cas échéant :

- des renseignements sur l'espèce ou la catégorie d'animaux auxquels l'aliment est destiné.
- l'objectif auquel répond l'aliment.
- une liste des ingrédients, avec indication appropriée des additifs par ordre de proportion décroissant.
- des informations permettant de contacter le fabricant ou le détenteur.
- le numéro d'enregistrement, le cas échéant.

- le mode d'emploi et les précautions à prendre.
- l'identification du lot.
- la date de fabrication et la date limite d'utilisation ou la date d'utilisation recommandée.

L'étiquette doit être conforme aux exigences légales; elle doit décrire l'aliment et donner des instructions d'emploi (FAO et IFIF, 2013).

IV.4.7 Entreposage

Les aliments pour animaux et les ingrédients de ceux-ci, devraient être clairement identifiés et être entreposés séparément, afin que leur identité soit préservée et pour éviter toute contamination croisée, en particulier avec des aliments médicamenteux. Les ingrédients d'aliments, nécessitant une analyse afin que la sécurité sanitaire des aliments soit assurée, devraient être identifiés et isolés jusqu'à ce que leur utilisation soit autorisée.

Les aliments pour animaux et ingrédients de ceux-ci, devraient être entreposés afin qu'il soit possible de constituer des stocks en respectant (FAO et IFIF, 2013).

IV.5 Les entreprises en région

Elles assurent l'achat de matières premières, la formulation et la fabrication de l'aliment. Chaque entreprise d'aliments composés décide directement de ses achats de matières premières et tire ainsi partie des meilleures possibilités d'approvisionnement local et régional. Elle est aussi en liaison constante avec des sociétés spécialisées dans le monde entier grâce à l'informatique. Cette fonction « achat » est essentielle car le prix de l'aliment dépend de façon prépondérante du prix de revient des matières premières.

La fabrication des aliments s'appuie sur les travaux de recherche les plus récents dans des domaines très divers : agglomérabilité des matières premières, granulation, réaction à la cuisson-vapeur, adaptation des formes au museau ou au bec de l'animal. L'objectif est d'améliorer la digestibilité de l'aliment, de limiter les pertes, d'éviter le gaspillage des aliments, de faciliter le travail de l'éleveur.

L'entreprise est, en outre, le partenaire de l'éleveur qui trouve près de chez lui des techniciens de terrain spécialisés pouvant lui apporter des services variés : conseil technique, suivi des résultats économiques, analyses d'ensilage, calcul des rations, suivi sanitaire et diagnostic vétérinaire, conseil pour la construction ou l'amélioration des bâtiments d'élevage pour le bien-être de l'animal ou pour l'environnement (Becart *et al*, 2000).

En Algérie, il existe plusieurs unités de fabrication d'aliments de bétail, on cite ci-dessous quelques unes de ces unités :

Nutristar Algérie, El Kseur Bejaïa, filiale du Groupe CCPA, formule et fabrique dans son usine des concentrés incluant protéines, minéraux, vitamines et oligo-éléments, incorporés à des taux de 2,5 à 10% aux aliments de production et le CMV1%, complément minéral vitaminé, destiné aux volailles (poulets de chair, poules pondeuses, poules repro.), aux bovins et moutons. L'entreprise commercialise également des additifs nutritionnels innovants, permettant notamment de [soutenir les performances de croissance et de ponte durant les fortes](#)

[chaleurs](#). Formulés à partir d'ingrédients actifs naturels, ces produits techniques sont issus de l'importante démarche en R&D de Nutristar Algérie via le Groupe CCPA et des travaux menés sur la [phyto-expertise en alimentation animale](#).

L'unité de fabrication de l'aliment de bétail (SARL Merad Fabricom) est localisée dans la commune d'Ain Oulmen Setif. Elle dispose d'un équipement de haute performance (broyeurs, mélangeurs, doseurs de haute précision...etc.) assurant un broyage et un mix plus homogène et une formulation excellentes des ingrédients. La SARL Merad Fabricom est mise à la disposition de l'éleveur algérien son savoir-faire dans le domaine de l'Route nationale 12 Tirsane.

L'unité de fabrication de l'aliment de bétail (SNC TIZI OUZOU (FREHA) GAOUAOUD), assure la formulation et la fabrication d'aliments composés et tire ainsi partie des meilleures possibilités d'approvisionnement local et régional.

❖ l'ONAB

Le groupe ONAB est une entreprise publique économique spécialisée dans la production d'aliments du bétail, des facteurs de production avicole et des viandes blanches. Il est depuis sa création en office, le 3 avril 1969, le résultat d'un long processus caractérisé par des changements organisationnels et structurels d'ordre stratégique.

Structuré en Groupes Avicoles Régionaux et en filiales spécialisées, le Groupe ONAB emploie 7.700 travailleurs, et assure, outre l'importation et l'approvisionnement des matières premières nécessaires à la fabrication de l'aliment de bétail.

IV.5.1 Nutrition animale

La filiale ONAB NUTRITION assure les approvisionnements en matières premières et additifs de toutes les filiales de la société mère ONAB, ainsi que l'ensemble de ses clients (fabricants, éleveurs et aviculteurs) notamment en Mais et en Tourteau de Soja qui occupent une place importante dans la fabrication de l'aliment de bétail (70 à 80%).

Une équipe de spécialistes, capitalisant une grande expérience en matière d'achat boursiers, suit de près l'évolution du marché mondial de ces intrants pour profiter des opportunités offertes.

Pour une plus grande efficacité des opérations approvisionnements; d'agrégation et de contrôle de la qualité; l'ONAB NUTRITION a fait appel, outre le contrôle par ses propres laboratoires, à la collaboration de l'ENACT/AGROLOG.

IV.5.1.1 Prémix

Dotée de deux (02) unités de production de Concentrés Minéraux Vitaminés (CMV), certifié ISO 9001 version 2 000 (SMQ) :

- Unité PREMIX Est El Harrouch : 15 000 tonnes/an Unité PREMIX Ouest Oued Tlélat 15 000 tonnes/an.
- L'ONAB NUTRI TRADE, met à la disposition de l'ensemble de ses clients (Unités de production de l'ONAB et Tiers) une gamme variée de CMV (Condiments Minéraux Vitaminés), répondant aux normes requises. La capacité de production de l'ONAB couvre les 80 % du besoin national.

IV.5.1.2 Les aliments

Les besoins nutritionnels des animaux dépendent principalement de l'espèce, de l'âge, et de la qualité nutritionnelle du produit qui leur est destiné. C'est pourquoi l'ONAB garantit une formulation d'aliments de qualité, adaptée aux besoins et exigences des éleveurs (Tableau 36).

Tout le processus de fabrication est informatisé minimisant ainsi les erreurs de manipulations humaines.

Tableau 36 : unités de fabrication d'aliments de bétail (ONAB, 2019).

Filiales	Nombres d'UAB	Capacité Tonne/ Heure
GAC	09	132
GAE	07	135
GAO	07	113
Total	23	380

IV.5.1.3 CMV

Les unités d'Aliments du Bétail et de Condiments Minéraux Vitaminés produisent une gamme de produits adaptés à l'espèce et au rythme de croissance du cheptel, qui subissent un contrôle physico chimique, au niveau de nos laboratoires.

Pour la volaille, trois phases de croissance sont respectées, démarrage, croissance et finition et selon le besoin, le produit est en farineux, émiété ou en granulé.

IV.5.2 Elevage

IV.5.2.1 Filière Chair

La production annuelle dépasse les 175 millions d'œufs à couver chair, 113 millions en poussin chair et les 14 millions et poulet de chair

IV.5.2.2 Filière ponte

La production annuelle dépasse les 40 millions d'œuf à couver ponter, 16 millions en poussin ponte, 13 millions de poulette démarrée et de 180 million d'œuf de consommation.

IV.5.3 Produits issus de l'abattage et transformations

Les abattoirs du Groupe ONAB, mis à niveau et rénovés presque totalement, élaborent leur gamme variée de produits transformés (découpe et charcuterie), à partir des propres recettes de la maison ONAB... Les qualités organoleptiques et nutritives sont de mise, et les normes d'hygiène de rigueur.

En plus du poulet prêt à la cuisson, les abattoirs de l'ONAB, offrent une large gamme de produits dont les plus importants sont : Cachir, Pâté de volaille en boîte et en boudin, Salami, Galantine.

IV.5.4 Laboratoire et Analyses physico-chimiques

Créé en 1979, Le laboratoire central de l'ONAB, est situé à Gué de Constantine –Alger. Disposant d'équipements modernes le laboratoire assure qualité, transparence et sécurité sanitaire sont les maîtres mots de l'ONAB. Le Groupe accorde une importance capitale à la qualité de ses produits. Cette exigence passe par une chaîne de contrôle qui va de la matière première au produit fini.

Le contrôle de la qualité des produits ONAB est assuré par ses trois laboratoires :

- Un laboratoire central de contrôle qualité, agréé par le Ministère du Commerce, et situé à Alger.
- Un laboratoire régional situé à El Harrouch (Skikda).
- Un laboratoire régional situé à Oued Tlelat (Oran).

- Ces prestations de services consistent en :
 - Analyses microbiologiques
 - Analyses Biochimiques
 - Analyses physico-chimiques

En plus des contrôles effectués dans les unités de transfert (U. Portuaires), et de productions (Prémix- UAB -Abattoirs) le contrôle de la qualité des produits finis est assuré par l'Unité Laboratoire (indépendante des unités de productions), située au sein du siège social de la filiale ONAB TRADE (ONAB, 2019).

Conclusion

Notre travail bibliographique basé en premier lieu sur le recensement des matières premières les plus utilisées en alimentation animale, de manière standard (maïs, tourteaux, luzerne) qui souvent sont très cher importés à cout important de devises, face à l'insuffisance des taux de production national, à cause d'une mauvaise installation des politiques de productions des sources alimentaires animales, et que cela demeure à l'échelle expérimentale en Algérie rendant les prix d'acquisition de ses matières premières parfois inaccessible pour l'éleveur, engendrant comme pour certains pays en voie de développement, une faiblesse en protéines animales due aux faibles performances des animaux d'élevage.

Ces raisons nous ont amené en 2ème lieu à chercher des nouvelles sources alternatives alimentaires '*low-cost*', afin de substituer les matières premières conventionnelles.

Certaines matières premières et sous-produits peuvent être utilisés en alimentation de bétail notamment :

Les protéagineux (pois, féveroles et lupins) dont 80% de la superficie cultivée se situe aux plaines intérieures et plaines côtières ou les pluviométries annuelles sont respectivement 613 et 553 mm/an. Permet grâce à des différents taux d'incorporation :

- 30% de pois dans l'aliment des poules pondeuses, 37% pour la féverole.
- 30% de fève dans l'alimentation de vaches laitières.

A avoir un effet d'efficacité alimentaire, sans pour autant avoir des conséquences sur les performances de productions, croissance, consommation, ou caractéristiques d'abattage.

Pour peu qu'elles soient disponibles, les issues de meunerie et de brasserie permettent en Algérie d'élaborer des formules alimentaires minimisant les couts de revient, l'association de drêche de brasserie à (27%) et du son de blé à (72%), sous forme de formule simplifiée, a permis d'atteindre des performances de croissance convenables.

Les sous produits agroalimentaires (lactosérum, mélasses, pulpes d'agrumes et tomates, grignons d'olives et rebuts de dattes) représentent par leurs taux plus au moins élevées en protéines, teneur en fibres, matières grasses et vitamines des sources très intéressante.

Les feuillages des arbres et arbustes fourragers utilisés en alimentation animale dans des contextes allant de l'utilisation en période de soudure alimentaire dans les parcours secs, jusqu'à la culture d'arbustes spécifiquement pour l'alimentation animale bénéficient souvent d'une valeur alimentaire supérieure.

Les sources alternatives permettent une autonomie alimentaire, d'autant plus que les résultats zootechniques des performances sont équivalents et parfois meilleurs que celles obtenues avec les produits d'importations, tant au point de vue nutritionnel qu'économique en allégeant les factures d'importations.

Des résultats de recherches très encourageant sur ses sources alternatives de part leurs compositions chimiques et valeurs nutritives, incite à :

- La nécessité d'être plus souvent utilisées et introduites par les éleveurs à des taux optimum pour des rations alimentaires équilibrés.
- Mètre en place les mécanismes et moyens efficaces permettant de développer d'avantage de techniques de déshydratation et de stockage de manière industrielle, afin de conserver et valoriser au mieux certaines sources comme le Sulla et la Luzerne locales.
- L'intensification de la production fourragère, la recherche de ressources fourragères alternatives (Sulla, luzerne, atriplex), protéagineux (fève, pois, lupin, lin)
- Elaboration de systèmes de récupération et valorisation des sous produits industriels agroalimentaires tels que les sons de blé, drèches de brasseries, déchets d'agrumes, tomates, pulpes de betteraves, grignons d'olive et rebuts de dattes.
- Enfin une meilleure sensibilisation au sein des éleveurs à travers les coopératives agricoles et ferme pilote, face à l'intérêt majeur de ses produits low cost à répondre aux approvisionnements en denrées pour animaux et besoins alimentaires, ainsi offrir des produits de qualités satisfaisant le déficit national en protéines animales.

Références
Bibliographiques

A

Abdelguerfi A., Laouar M., M'Hammedi Bouzina M., 2008. Les productions fourragères et pastorales en Algérie : Situation et 18 Possibilités d'Amélioration. *Revue Semestrielle 'Agriculture & développement'* (INVA, Alger), janvier 2008, n°6 : 14-25.

AGPM. 2018. Monde : le maïs, une production en croissance. USDA.

Agreste Primeur Numéro 345 – juin 2017.

Agriculture Canada., 1993. 1888/F.

Archimède H., Bastianelli D., Boval M., Tran G., Sauvant D., 2011. Ressources tropicales : disponibilité et valeur alimentaire. In : *Numéro spécial, Elevage en régions chaudes. (Eds). INRA Prod. Anim., 24, 23-40.*

Ayadi M., Keli A., Chentouf M., 2009. Effet de l'incorporation des grignons d'olive non épuisés, dénoyautés et séchés dans les rations des chèvres laitières sur le niveau de production et la qualité du lait, *Département des productions animales et de pastoralisme, École nationale d'agriculture, B.P S/40, Meknès, Maroc, Renc. Rech. Ruminants, 2009, 16.*

B

Baidj N. 1993. Mesure de l'acceptabilité de régime à base de lupin (graine et tourteau) chez le poulet de chair en croissance. INA.

Baston C. 2019. Statista Research Department. Production de fourrages par type en Algérie 2016-2017.

Baumer M. 1992. Trees as browse and to support animal production. In: *Legume trees and other fodder trees as protein source for livestock*, 102, 1-10. Proceedings of the FAO Expert consultation, Kuala Lumpur, Malaysia, 14–18 October 1991. Speedy A and Pugliese PL Edition.

Becart C., Herbin A., Lefevre M.C., Molard P., Przybylski L., Rigaudiere P., Sagot N., Wavelet S., 2000. La filière alimentation animale. *DESS Qualimapa*.

Becker PM., Meulen J. VAN DER., Jansman AJM., Wikselaar PG., 2012. *In vitro* inhibition d'ETEC K88 adhérence par cosses de pois et de LT par liaison coques de fève entérotoxine. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 96 (6).

Belaid D. 2014. Journée Technique Nationale sur le Sorgho Fourrager hybride. Exploitation de Zeralda (ex Domaine Khelouf)

Benabbou A., Benatalab S M., Valorisation du lactosérum liquide en l'incorporant dans la fabrication des crèmes glacées de types sorbet, mémoire de master en gestion de la qualité en industrie agroalimentaire, 15p.

Benabdeljelil K. 1999. Valorisation des orges en aviculture. *Bulletin de liaison et d'information du PNTTA, transfert de technologie en agriculture, N° 55.*

Benaissa Miloud M. 2018. Valorisation du lactosérum par les bactéries lactiques. *Thèse de doctorat en science, spécialité biotechnologie.*

Berchiche M., Lebas F. 1990. Essai chez le lapin de complémentation d'un aliment pauvre en cellulose par un fourrage distribué en quantité limitée : digestibilité et croissance. *5ème journée de la recherche cunicole, 12-13 Décembre 1990, Paris, France, Communication N° 61.*

Berchiche M., Lebas F. 1994. Essai chez le lapin de complémentation d'une digestibilité et croissance. *5ème journée de recherche cunicole, 12-13 Décembre, Tome 2 communication N 61.*

Boessinger M., Hug H., Wyss U., 2005. Les drêches de brasserie, un Aliment protéique intéressant, *Publication revue UFA, Avril/2005, Diffusion Union Suisse des brasseurs.*

Boisnard M. 2013. Le lupin culture et valorisation. Chambre d'agriculture de l'Orne.

Borredon M.E., Berger M., Dauguet S., Labalette F., Merrien A., Mouloungui Z., Raoul Y., 2011. Débouchés actuels et futurs du tournesol produit en France Critères de qualité. *Innovations Agronomiques 14 (2011), 19-38.*

Bouaou B., 1998. Effet d'utilisation des sous-produits agro-industriels sur la croissance, l'engraissement, la qualité de la carcasse et de la viande chez les ruminants (ovins).

Boudechiche L., Araba A., Tahar A., Ouzrout R., 2009. Etude de la composition chimique des noyaux de dattes en vue d'une incorporation en alimentation animale, *Institut d'Agronomie, Centre Universitaire d'El Tarf, B.P 73, 36000. Algérie.*

Boudouma D. 2008. Valorisation du son de blé en alimentation des volailles. *Thèse de doctorat en production animales.*

Boudries N., Belhaneche N., Nadjemi B., Deroanne C., Mathlouthi M., Roger B., Sindic M., 2009. Propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des amidons de sorgho cultivés au Sahara algérien. *Volume 78, Issue 3, pp 475-480.*

Bouharoud R. 2007. Inventaire, quantification et utilisation potentielle des sous-produits agro-industriels chez les ruminants en Algérie.

Boukhris H., Damergi C., Najar T., Ben Romdhane A., 2014. Caractéristiques de la viande d'agneaux de race Noire De Thibar en bergerie: Influence de la durée de la période de Finition et du taux d'incorporation de féverole. *21eme journées 3R, Tunisie.*

Boutrif E., Hannak E. 2002. Risques liés à la présence de substances indésirables dans l'alimentation animale et les produits animaux, *FAO Service de la qualité et des normes alimentaires.*

Bressani R., Benavides V., Acevedo E., Ortiz M.A., 1990. Changes in selected nutrient content and in protein quality of common and quality protein maize during tortilla preparation. *Cereal Chem., 67(6): 515-518.*

Bressani R., Elías L.G. 1974. Legume foods. In A.M. Altschul. éd. *New protein foods, Vol. IA, p. 231297. NewYork, Academic Press Inc.*

Brunel S. 2012. Géographie amoureuse du maïs, Lattès.

C

Chapeland-Leclerc F., Papon N., Thierry N and Villard J., 2005. Moisissures et Risques Alimentaires (Mycotoxicooses), *Université Paris V - Faculté de pharmacie Laboratoire des sciences végétales 4, av. de l'Observatoire 75270 Paris cedex 06, France.*

Chapoutot P., Rouillé B., Gillet P., Peyronnet C., Quinsac A., Aufrère J., 2013. Étude de la valeur azotée du tourteau de colza déshuilé industriel. *Renc. Rech. Rum., 20, 90-94, Paris, France.*

Chehma A., Longo H.F., Belbey A., 2003. Utilisation digestive de regimes à base de rebuts de dattes chez le dromadaire et le mouton, *Courrier du Savoir – N°03, Janvier 2003, pp. 17-21.*

Chehma A., Longo H.F., Belbey A., 2003. Utilisation digestive de régimes à base de rebuts de dattes chez le dromadaire et le mouton, *Courrier du Savoir – N°03, Janvier 2003, pp. 17-21.)*

Chenost M. 1987. Influence de la complémentation sur la valeur alimentaire et l'utilisation des mauvais foins et des pailles par les ruminants, les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation. *INRA, pp, 185-197.*

Couailler J. 2007. Filière céréalière Française. *Economie & Humanisme, numéro 380, mars 2007.*

Cowieson A.J., Bedford M.R. 2009. The effect of phytase and carbohydrase on ileal amino acid digestibility in monogastric diets: complimentary mode of action. *AB Vista Feed Ingredients, Marlborough, Wiltshire, SN8 4AN, United Kingdom.*

D

Devegowda G. 2000. Mettre les mycotoxines sur la touche : d'où viennent les glucomannanes estérifiés, *Feeding Times, 4, 12-14.*

Djamel B. 2015. La production d'oléagineux en Algérie, *Collection dossiers agronomique, Edition 2015.*

Djellal F. 2018. Valeur nutritive pour le lapin en croissances des feuilles de deux espèces de frênes (*Fraxinus augustifolia* et *Fraxinus excelsior*). *Thèse de doctorat en production animales, 86p.*

Djermoun A. 2009. La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie. N° 01/Juin 2009. Pages 45 à 53.*

Dorbane Z., Kadi S.A., Boudouma D., Gater-Belaid N., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T., 2019. Valeur nutritive de deux types de grignons d'olives (*Olea Europaea* L.) pour le lapin en croissance, *World Rabbit Sci.* 2019, 27: 69-75.

Dusart L., Gaudré D., Laisse-Redoux S., Garcia-Launay F., Morin L., 2016. ECOALIM – protocole de formulation des aliments du bétail avec prise en compte de critères environnementaux. *pp.4.*

F

FAO et IFIF. 2013. Bonnes pratiques pour l'industrie de l'alimentation animale – Mise en œuvre du Code d'usages pour une bonne alimentation animale du Codex Alimentarius. *Manuels FAO: Production et santé animales. Numéro 9. Rome, Italie.*

Foreman R. 1989. Recommandations pour l'alimentation du bétail. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. Ontario, Canada.

Forslund A., Levert F., Gohin A., LE Mouel CH., 2013. Etude complémentaire à l'analyse rétrospective des interactions du développement des biocarburants en France avec l'évolution des marchés français et mondiaux et les changements d'affectation des sols. *INRA, UMR-SMART France.*

FranceAgriMer., Septembre 2013, numéro 02

G

Grajek W., Olejnik A., Sip A., 2005. Probiotics, prebiotics and antioxydants comme aliments fonctionnels. *Vol.52 No, 665-671.*

H

Hannachi-Rabia R., Kadi S A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T., La graine de fève sèche (*Vicia faba major* L) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livestock Research for Rural Development, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, 2017, 29 (3), Non paginé.*

Hoch T., Begon C., Cassar I.M., Picard B., Savary-Auzeloux I., 2003. Mécanismes et conséquences de la croissance compensatrice chez les ruminants. *Productions animales, Institut National de la Recherche Agronomique, 2003, 16 (1), pp 49-59.*

<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

http://www.terresinovia.fr/uploads/tx_cetiomlists/fiche_Terres_inovia_qual_tourteaux_colza2016_VF.pdf.

<https://www.elwatan.com/edition/economie/lalgerie-a-importe-46-millions-de-tonnes-de-ble-francais-30-05-2019>

<https://www.indexmundi.com/fr/matieres-premieres/>

https://www.indexmundi.com/fr/matierespremieres/?marchandise=mais&monnaie=dzd#google_vignette

<https://www.indexmundi.com/fr/matieres-premieres/?marchandise=orge>

<https://www.indexmundi.com/fr/matieres-premieres/?marchandise=sorgho>

<https://www.indexmundi.com/fr/matieres-premieres/?marchandise=tourteau-de-soja>

<https://www.leconews.com>

<https://www.onab.dz/>

I

INRA. 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ouvrage collectif dirigé par Jarrige R. Ed INRA France, 476P.

ITELV. 2012. Bulletin Trimestriel N°1.

J

Jacques E. 2005. Les tourteaux d'oléagineux, Source de protéines en alimentation animale. *CETIOM, Direction scientifique, Transformation et valorisation des graines*.VOL.12, N° 3, 225p.

K

Kadi S A., Mouhous A., Senhadji Y., Tiguem N., Gidenne T., 2017. Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques. *Université M. Mammeri de Tizi-Ouzou. UN1501, Livestock Research for Rural Development 29 (5) 2017*.

Kadi S.A. 2012. Alimentation du lapin de chair : valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie. Zootechnie. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou Algérie (UMMTO).

Lacassagne. 1988. Alimentation des volailles : substituts au tourteau de soja. *INRA Productions animales*, pp.47-57.

L

Larbier M., Leclercq B. 1992. Nutrition et alimentation des volailles. *Editions Quae*, 355 p.

Larbier M., Leclercq B. 1992. Nutrition et alimentation des volailles 349p. Matières premières utilisées en aviculture. Page 255-302. INRA edition.

Litamine K., 2020. l'onab achète 35 000 tonnes farine soja. *Algerie Eco*.

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T., 2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria. *World Rabbit Sci*.2014, 22: 137-146.

M

Maatougui M.E.H. 1996. Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance, *Revue technique de l'ITGC Alger*, 37p.

Maertens L., Gidenne T. 2016. Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects in proceeding of the 11th world rabbit congress-june 15-18,2016-Qingdao-China.

Martín-García I. 2008. Effect of different drying procedures on the nutritive value of olive (*Olea europaea* var. *europaea*) leaves for ruminants. *Animal feed science and technology*. 142(3):317-329.

Medjenah F. 2014. Impact des additifs alimentaires sur les performances zootechniques des poulets de chair Mémoire master en sciences agronomiques.

Melcion J.P. 1995. Emploi des liants pour le pressage des aliments des animaux : aspects technologiques et nutritionnels. INRA Productions Animales, Paris: *INRA*, 1995, 8 (2), pp.83-96.

Ministère du commerce. 2018. Statistiques et bilans. Produits alimentaires, Facture des importations sur les huit premiers mois 2018.

Murray S. 1995. Alimentation du bétail avec le soja entier. Bulletin sur la nutrition, 95.1.

Mussato S.I., Dragone G., Roberto I.C., 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *J. Cereal Sci.*, 43 (1): 1-14.

P

Peyronnet C, Pressenda F, Quinsac A, Carré P., 2012. Impact du décorticage du tournesol sur la valeur nutritionnelle et l'intérêt économique des tourteaux en fabrication d'aliments composés. *OCL* 19: 341–346.

Pfohl-Leskowicz A. 2000. Risques mycotoxiques pour la santé des animaux et de l'homme. *Cah. Nutr. Diét.*, 35, 389-398.)

Q

Quentin M., Bouvarel I., Berri C., Bihan-Duval E., Baeza E., Jégo Y., Picard M., 2003. Croissance de la composition de la carcasse et réponse de la qualité de la viande aux concentrations alimentaires chez les poulets de chair commerciaux à croissance rapide, moyenne et lente. *Volume 52, N 1*, pp 65-77.

R

Rabemanant S., Auguste A. 1988. la valeur de la complémentation des pulpes d'agrumes pour la paille traitée à l'ammoniac (étude in vivo), *Mémoire d'Ingénieur en agronomie INA El Harrach*.

Règlement (CE) n° 1831/2003 relatif aux additifs destinés à l'alimentation des animaux.

Rihani N. 1991. La valeur alimentaire et utilisation des sous-produits des agrumes en alimentation animale. *Option méditerranéenne série séminaire n°16 PP 113-119.87*.

Rihani N., Guessous F., Berrami A., 1988. Utilisation de quelque sous-produit de l'agro-industrie pour l'engraissement des ovins. *Hommes terre eaux* 18(72) :83.

Rouillé B., Brunschwig P. 2012. Alternative au tourteau de soja. *TERRA*, 39p.

S

Samanidou V., Nisyriou S. 2008. Méthodes multi-résidus pour la détermination de confirmation des antibiotiques dans le lait. *J.sep. Sci.*2008, 31, 2068-2090.

Sansoucy R. 1991. Problèmes généraux de l'utilisation des sous-produits agroindustriels en alimentation animale dans la région méditerranéenne, *Option méditerranéenne, série séminaire n°16-PP75-79.*

Sansoucy R. 1991. Problèmes généraux de l'utilisation des sous-produits agroindustriels en alimentation animale dans la région méditerranéenne, *Option méditerranéenne, série séminaire n°16-PP75-79.*

Sauvant D. 2003. Principes généraux de l'alimentation animale. Institut national agronomiques. Paris-Grignon.

Sauveur S. 1993. Les phytases fongiques dans l'alimentation des volailles. *INRA Prod. Anim.*, 6 (4), 265-267.)

Skiba F., Castaing J., Evrard J., Melcion J.P., Hazouard I., Gatel F., 1999. Valeur alimentaire de graines et tourteaux de colza en fonction des traitements technologiques chez le porcelet en post-sevrage. *Journées Rech. Porcine en France*, 31, 215-221.

Slammani Y. 1992. Amélioration de la valeur nutritive de la paille de blé traitée à l'urée par des complémentations. *Mémoire d'Ingénieur département d'Agronomie Blida.*

Synpa. 2014. Revue 'En savoir plus', 3eme trimestre, *Les additifs pour l'alimentation animale, Paris.*

T

Taner A., Muzaffer A., Dusunceli F., 2007. Institut Central de Recherche pour les Cultures Agricoles (CRIFC), Ankara, Turquie.

Terres Univia. 2016. Qualité des tourteaux de colza, année 2016.

Torres-Rodriguez A., Donoghue AM., Donoghue DJ., Barton JT., Tellez G., Hargis BM., 2007. Performance and condemnation rate analysis of commercial turkey flocks treated with a *Lactobacillus* spp-based probiotic, *Poult Sci.* 86(3):444-6.

V

Van Immerseel F., De Buck J., Boyen F., Pasmans F., Bertrand S., Collard J.M., Saegerman C., Hooyberghs J., Haesebrouck F., Ducatelle R., 2005. *Salmonella* dans la viande de volaille et dans les œufs : un danger pour le consommateur qui demande la mise en place d'un programme de lutte efficace. *Ann. Méd. Vét.*, 2005, 149, 34-48.

W

Walter S. 2001. Aliments concentrés en protéines dans l'alimentation du bovin. *Cours SRVA numéro 906*.

Weber E.J. 1987. Lipids of the kernel. U S.A. Watson & P.E. Ramstad,éds. Carl. Chemistry and technology. p. 311-349. St Paul, Minn. Etats-Unis, Am. Assoc. Cereal Chem.

World Ressources Institute. Earth trends, Agriculture & Food, Table data base, consulté le 17 juin 2008.

Y

Yoruk MA., Gul M., Hayirli A & Mactt M., 2004. The effects of supplementation of humate and probiotic on egg production and quality parameters during the late laying period in hens. *Poult Sci 83: 84-88*.