



**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE
ET POPULAIRE**
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Production et Nutrition Animale

THEME

**Formulation des blocs nutritionnels à base de sous-
produits agro-industriels**

Présenté par :

DJIDJELI Abdessalem

Devant le jury :

Mme OUAKLI K.	MCA	USDB1	Président de jury
Mr BENCHERCHALI M.	MCA	USDB1	Promoteur
Mme MAAMRI Y.	Doctorante	USDB1	Co-promotrice
Mme BOUBEKEUR S.	MCB	USDB 1	Examinatrice

Année universitaire : 2024 – 2025

Remerciements

Avant tout, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour mener à bien et à terme ce travail.

Je tiens à présenter tout d'abord ma profonde gratitude :

À **Mr BENCHERCHALI M.** pour avoir accepté de diriger ce travail, pour m'avoir soutenue et orientée tout au long de ce travail.

À **Mme MAAMRI Y.** pour son encadrement, ses précieux conseils et sa disponibilité.

Sa contribution a été essentielle à la réalisation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont également à **Mme OUAKLI K.** pour L'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury et d'évaluer mon travail.

je tiens à exprimer m'a sincère gratitude à **Mme BOUBEKEUR S.** de s'être intéressée à ce sujet et d'avoir accepté d'examiner ce travail.

J'adresse mes plus sincères remerciements à tous les enseignants du département de Biotechnologie et agro-écologie qui par leur enseignement, ont contribué à notre formation durant tous notre cursus universitaire.

Enfin, je tiens à remercier de façon générale toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail et de façon particulière mes parents pour leurs encouragements et leur soutien.

Djidjeli abdessalem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :

Ma mère et mon père pour leur amour, patience, conseils, aide et aussi de m'avoir encouragé pour la réalisation de ce travail, ainsi que leur soutien moral et matériel durant toute ma vie.

A toute ma famille paternelle et maternelle.

À mes enseignants,
Pour leur encadrement, leur patience et les savoirs précieux qu'ils m'ont transmis tout au long de mon parcours.

A mes collègues, étudiants de production animale.

Enfin, à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Avec toute ma gratitude,

Djidjeli abdessalem

Résumé

Ce travail s'inscrit dans une démarche de valorisation des sous-produits agro-industriels en alimentation animale, en réponse aux défis de durabilité, de souveraineté alimentaire et de réduction des coûts d'élevage. Dix coproduits issus des filières agroalimentaires algériennes (pulpes d'agrumes, d'olives, de tomates, de pommes de terre, grignons d'olives, rebuts de dattes, drêches de brasserie, gluten de maïs, son de blé et mélasse) ont été étudiés pour leurs caractéristiques physico-chimiques (MS, MM, MO, MAT, CB, MG) et leurs valeurs nutritionnelles (UFL, UFV, PDIN, PDIE).

Sur la base de ces données, huit formulations ont été réalisées : quatre concentrés farineux et quatre blocs multi-nutritionnels, conçus pour atteindre un objectif de 1 UFL, 100 g de PDIN et 100 g de PDIE par kg de matière sèche. Les résultats ont montré que tous les concentrés formulés ont respecté ces seuils nutritionnels, avec des valeurs allant de 0,984 à 1,00 UFL, 107,6 à 118,7 g de PDIN, et 123,7 à 127,5 g de PDIE/kg MS.

De même, les blocs multi-nutritionnels ont affiché une excellente complémentarité entre énergie et azote, avec des résultats allant de 0,993 à 1,07 UFL, 100,5 à 108,4 g de PDIN et 117,1 à 121,8 g de PDIE/kg MS.

Ces résultats confirment la faisabilité technico-nutritionnelle d'une valorisation rationnelle des sous-produits locaux dans des formulations équilibrées et. Ce travail contribue à la promotion d'une alimentation animale durable, fondée sur l'économie circulaire et la mobilisation efficace des ressources agro-industrielles locales.

Mots clés : sous-produits agro-industriels, valeur nutritive, formulation, concentrés, blocs nutritionnels.

Formulation of nutritional blocks based on agro-industrial by-products

Abstract

This study is part of an approach to valorize agro-industrial by-products in animal feeding, addressing the challenges of sustainability, food sovereignty, and reduction of livestock production costs. Ten by-products from Algerian agro-industrial sectors (citrus pulp, olive pulp, tomato pulp, potato pulp, olive cake, date residues, brewery spent grains, corn gluten, wheat bran, and molasses) were analysed for their physicochemical characteristics (DM, Ash, OM, CP, CF, EE) and nutritional values (UFL, UFV, PDIN, PDIE).

Based on these data, eight formulations were developed: four flour-based concentrates and four multi-nutritional blocks, designed to meet a target of 1 UFL, 100 g of PDIN and 100 g of PDIE per kg of dry matter. Results showed that all formulated concentrates met these nutritional thresholds, with values ranging from 0.984 to 1.00 UFL, 107.6 to 118.7 g of PDIN, and 123.7 to 127.5 g of PDIE/kg DM.

Similarly, the multi-nutritional blocks demonstrated excellent complementarity between energy and protein content, with results ranging from 0.993 to 1.07 UFL, 100.5 to 108.4 g of PDIN, and 117.1 to 121.8 g of PDIE/kg DM.

These results confirm the techno-nutritional feasibility of rationally integrating local by-products into balanced feed formulations. This work contributes to promoting sustainable animal feeding, based on circular economy principles and effective use of local agro-industrial resources.

Keywords: agro-industrial by-products, nutritional value, formulation, concentrates, nutritional blocks

تكوين قوالب متعددة العناصر الغذائية من منتجات ثانوية للصناعات الزراعية

ملخص :

يأتي هذا العمل في إطار سعي لتعزيز الاستفادة من المنتجات الثانوية للصناعات الزراعية في تغذية الحيوانات، وذلك استجابة لتحديات الاستدامة، وتحقيق الأمن الغذائي، وخفض تكاليف الإنتاج الحيواني. تمت دراسة عشرة منتجات ثانوية مستمدة من الصناعات الزراعية الغذائية الجزائرية - تشمل لب الحمضيات، والزيتون، والطماطم، والبطاطس، ونفل الزيتون، وبقايا التمور، ورواسب الجعة، وجلوتين الذرة، ونخالة القمح، والدبس - من حيث خصائصها الفيزيائية والكيميائية (المادة الجافة، المواد المعدنية، المادة العضوية، المواد الأزوتية الكلية، الألياف الخام، المواد الدسمة) وقيمتها الغذائية (وحدات علف حليب، وحدات علف لحم، بروتين معوي قابل للهضم ذو مصدر آزوتي، بروتين معوي قابل للهضم ذو مصدر طاقي).

بناءً على هذه البيانات، تم إعداد ثماني تركيبات: أربعة منها على شكل أعلاف مسحوقية مركزة، وأربعة على شكل قوالب متعددة العناصر الغذائية، مصممة لتحقيق هدف يقارب 1 وحدة علف حليب، و100 غرام من البروتين المعوي القابل للهضم ذو المصدر الأزوتي، و100 غرام من البروتين المعوي القابل للهضم ذو المصدر الطاقي لكل كيلو غرام من المادة الجافة. أظهرت النتائج أن جميع التركيبات المركزة حققت هذه المعايير الغذائية، حيث تراوحت القيم بين 0.984 إلى 1.00 وحدة علف حليب، و107.6 إلى 118.7 غراماً من البروتين المعوي القابل للهضم ذو المصدر الأزوتي، و123.7 إلى 127.5 غراماً من البروتين المعوي القابل للهضم ذو المصدر الطاقي لكل كيلو غرام من المادة الجافة.

وبالمثل، أظهرت القوالب المتعددة العناصر الغذائية توازناً ممتازاً بين الطاقة والبروتين، حيث تراوحت النتائج بين 0.993 إلى 1.07 وحدة علف حليب، و100.5 إلى 108.4 غراماً من البروتين المعوي القابل للهضم ذو المصدر الأزوتي، و117.1 إلى 121.8 غراماً من البروتين المعوي القابل للهضم ذو المصدر الطاقي لكل كيلو غرام من المادة الجافة.

تؤكد هذه النتائج الجدوى التقنية والغذائية للاستفادة المثلى من المنتجات الثانوية المحلية في تركيبات متوازنة. كما يسهم هذا العمل في تعزيز أسس التغذية الحيوانية المستدامة، القائمة على الاقتصاد الدائري والاستغلال الفعال للموارد المحلية للصناعات الزراعية.

الكلمات المفتاحية: المنتجات الثانوية للصناعات الزراعية، القيمة الغذائية، صياغة، أعلاف مركزة، القوالب المتعددة العناصر الغذائية.

SOMMAIRE

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Caractéristiques physico-chimiques des sous-produits agro-industriels	04
---	-----------

Partie expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et méthode.....	22
---	-----------

Chapitre 2 : Résultat et discussions.....	41
--	-----------

Conclusion.....	54
------------------------	-----------

Références bibliographique.....	57
--	-----------

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique de la pulpe d'agrumes(en % de MS)	4
Tableau 2 : Composition chimique des pulpes d'olive (en % de MS)	5
Tableau 3 : Composition chimique des grignons grignons d'olive (en % MS).....	6
Tableau 4 : Composition chimique de la pulpe de tomate (en % de MS)	6
Tableau 5 : Composition chimique des pulpes de pomme de terre (en % MS).....	7
Tableau 6 : Composition chimique des rebuts de dattes (en % de MS).....	8
Tableau 7 : Composition chimique des drêches de brasserie (en % de MS).....	8
Tableau 8 : Composition chimique du gluten de maïs (en % de MS)	9
Tableau 9 : Composition chimique du son de blé (en % de MS)	10
Tableau 10 : Composition chimique de la mélasse (en % de MS).....	11
Tableau 11: Exemples de formules utilisées (% de produits brut).....	17
Tableau 12 : Les quantités de bloc ingéré dans la majorité des contrôles effectués.....	18
Tableau 13 : Effets des blocs sur la croissance (GMQ).....	19
Tableau 14: Valeurs énergétiques et azotées des sous-produits agro-industriels étudiés.....	26
Tableau 15 : Disponibilité des sous-produits dans le temps.....	27
Tableau 16 : Formulation du concentré farineux annuel.....	28
Tableau 17 : Formulation du concentré farineux d'Automne.....	28
Tableau 18 : Formulation du concentré farineux d'Hiver.....	29
Tableau 19 : Formulation du concentré farineux d'été.....	29
Tableau 20 : Formulation du bloc nutritionnel annuel.....	31
Tableau 21 : Formulation du bloc nutritionnel d'automne.....	31
Tableau 22 : Formulation du bloc nutritionnel d'hiver.....	32

Tableau 23 : Formulation du bloc nutritionnel d'été.....	33
Tableau 24 : Composition chimique des concentrés et des blocs nutritionnels.....	41
Tableau 25 : Valeurs énergétiques et azotées des des concentrés et des blocs nutritionnels étudiés.....;;;	48

Listes des figures :

Figure 1: Pulpes tomates.....	23
Figure 2: Pulpes de d'agrumes.....	23
Figure 3: Pulpe de pomme de terre.....	23
Figure 4 : Pulpes d'olives.....	24
Figure 5: Grignons d'olive.....	24
Figure 6: Rebutts de dates.....	24
Figure 7: Drèches de brasserie.....	24
Figure 8: Gluten de maïs.....	25
Figure 9: Son de blé.....	25
Figure 10: La mélasse.....	25
Figure 11 : Concentrés farineux.....	27
Figure 12: moulage des blocs nutritionnels.....	30
Figure 13: Démoulage et séchage des blocs nutritionnels.....	30
Figure 14 : Teneur en matière sèche des concentrés et des blocs.....	42
Figure 15 : Teneur en matière organique des concentrés et des blocs	43
Figure 16 : Teneur en matières azotées totales des concentrés et des blocs.....	44
Figure 17 : Teneur en cellulose brute des concentrés et des blocs.....	45
Figure 18 : Teneur en matières grasses des concentrés et des blocs.....	46
Figure 19 : Teneur en matières minérales des concentrés et des blocs.....	47
Figure 20 : Valeurs UFL/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels.....	49
Figure 21 : Valeurs UFV/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels.....	50
Figure 22 : Valeurs PDIN g/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels.....	51
Figure 23 : Valeurs PDIE g/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels.....	52

Liste des abréviations

ADF : Acide Detergent Fiber

AOAC : Association of Official Analytical Chemists

BMN : Blocs Multi-Nutritionnels

CB : Cellulose Brute

CMV : Complément Minéraux Vitaminés

GMQ : gain moyen quotidien

MAT : Matières Azotées Totales

MG : Matières Grasses

MM : Matières Minérales

MO : Matière Organique

MS : Matière Sèche

NDF : Fibres Neutres Détergentes

PDIE : protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible

PDIN : Protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible

PEG 4000 : Polyéthylène Glycol 4000

UFL : Unité Fourragère Lait

UFV : Unité Fourragère Viande

INTRODUCTION

Introduction

Dans un contexte mondial marqué par la raréfaction des ressources alimentaires et l'urgence environnementale, la valorisation des sous-produits agro-industriels en alimentation animale s'impose comme une solution durable et économiquement viable. Ces coproduits, issus des industries de transformation des fruits, céréales et oléagineux, représentent une source nutritionnelle sous-exploitée malgré leur richesse en fibres, protéines et composés bioactifs **(FAO, 2021)**.

En Algérie, où le secteur agro-industriel génère des quantités importantes de résidus comme les pulpes d'agrumes, les grignons d'olives ou les drêches de brasserie, leur intégration dans les rations animales pourrait réduire la dépendance aux importations d'aliments concentrés tout en limitant le gaspillage **(Boukid et al., 2022)**.

Bampidis et al. (2021) ont démontré que l'inclusion modérée de sous-produits agro-industriels dans l'alimentation des ruminants, après un traitement ou une formulation appropriée, permet d'optimiser l'utilisation des ressources locales sans compromettre les performances zootechniques.

Le présent travail s'inscrit dans cette optique de valorisation scientifique et pratique des coproduits agro-industriels. Il vise à formuler, caractériser et comparer des concentrés et des blocs nutritionnels à base de dix sous-produits largement disponibles en Algérie, en s'appuyant sur une approche analytique rigoureuse de leur composition chimique, de leurs valeurs énergétiques (UFL, UFV) et azotées (PDIN, PDIE).

Ce mémoire se fixe ainsi pour objectif de démontrer la faisabilité technico-nutritionnelle de telles formulations, tout en contribuant à une économie circulaire agricole fondée sur la réutilisation efficiente de matières secondaires locales, dans une logique de durabilité, de réduction des coûts alimentaires et de sécurisation des systèmes d'élevage.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 :
**Caractéristiques physico-chimiques
des sous produits agro-industriels.**

1. Caractéristiques physico-chimiques des sous produits agro-industriels

1.1. Les pulpes d'agrumes

Les pulpes d'agrumes, sous-produit de l'industrie des jus et confitures d'agrumes, présentent des caractéristiques physiques déterminantes pour leurs utilisation en alimentation animale. Elles sont constituées principalement des vésicules à jus situées dans l'endocarpe des fruits **(Tisserat, 1990)**.

La couleur des pulpes, est variable, dépendant de l'espèce et du stade de maturation, mais elle correspond généralement à celle de l'écorce externe **(Tisserat, 1990)**. Fraîche, elle se caractérise par une texture humide et fibreuse, avec une teneur en eau élevée représentant environ 90 % de son poids frais **(Lu et al., 2023)**. Les pulpes contiennent également des fibres alimentaires, des sucres solubles, des acides organiques et des minéraux essentiels tels que le calcium, le potassium et le magnésium **(Filik et Kutlu, 2017)**.

Les pulpes d'agrumes, sont principalement composées de glucides (60 à 70 % de la matière sèche), notamment des pectines et des hémicelluloses, qui en font une source d'énergie fermentescible. Leur teneur en protéines, reste modeste (5 à 7 %) (tableau 1), mais elle sont riches en minéraux tels que le calcium (1,5 à 2,5 %) et le potassium (1 à 1,5 %). Les pulpes d'agrumes, contiennent également des composés phénoliques et des flavonoïdes, qui peuvent influencer sa digestibilité et ses effets sur la santé animale. Cependant, leur teneur élevée en fibres solubles peut limiter son inclusion dans les rations en raison des risques de perturbations digestives. Des études suggèrent qu'un traitement (séchage, ensilage) peut améliorer sa valorisation **(Bampidis et al., 2006)**.

Tableau 1 : Composition chimique des pulpes d'agrumes (en % de MS)

Composant	MS %	MG %	MM %	MAT %	CB %
Valeurs moyennes	90	2,1	5,8	7,2	125

(López-Mendoza et al ., 2022)

1.2. Les pulpes d'olives

Selon **Romero-García et al., (2024)**, les pulpes d'olives se caractérisent par une texture fibreuse et hétérogène, avec une densité apparente variant entre 0,35-0,50 g/cm³. Sa capacité de rétention d'eau est particulièrement élevée (3-4 fois son poids sec), ce qui affecte ses propriétés de stockage et de mélange. Les pulpes fraîches, présentent une humidité initiale de 60-75%, nécessitant généralement un séchage partiel pour une conservation optimale. Sa coloration varie du brun foncé au noir selon le procédé d'extraction, avec une granulométrie irrégulière (1-15 mm). Ces caractéristiques physiques conditionnent directement sa manipulation, son stockage et son incorporation dans les rations animales.

Les pulpes d'olives, sont riches en fibres (45 à 55% de NDF), elle contiennent une proportion notable de matière grasse résiduelle (3 à 8%) (tableau 2) et de protéines brutes (5 à 9%). Leur composition en polyphénols (2 à 4%), notamment l'hydroxytyrosol et l'oleuropéine, leur confère des propriétés antioxydantes potentiellement bénéfiques pour la santé animale. Cependant, leur teneur élevée en lignine (15 à 25%) peut limiter leur digestibilité. Les études récentes montrent, qu'une inclusion modérée (10 à 20% de la ration) dans les régimes des ruminants permet une bonne valorisation sans affecter les performances zootechniques. **(Ruiz et al., 2023)**.

Tableau 2 : Composition chimique des pulpes d'olives (en % de MS)

Composant	MS %	MG %	MM %	MAT %	CB %	NDF %	ADF %
Valeurs moyennes	90-95	3,5-8,0	2,5-4,0	1,8-2,5	12,5-18,5	45-55	28-35

(Fernández-Bolaños et al., 2022)

1.3. Les grignons d'olives

Les grignons d'olives, sont principalement utilisés comme aliment de substitution dans les rations des ruminants, en raison de leur disponibilité saisonnière et de leur richesse en fibres. Malgré leur faible teneur en protéines **(Ferlisi et al., 2023)** (tableau 3) et leur digestibilité limitée, ils peuvent être valorisés après traitement ou intégrés à des rations équilibrées **(Molina-Alcaide et Yáñez-Ruiz, 2008)**. Leur incorporation dans l'alimentation des ovins et caprins a montré des effets neutres à

modérément positifs sur les performances, notamment lorsqu'ils sont associés à des sources azotées (Ouahida et al., 2002 ; Boussetta et al., 2014).

Tableau 3 : Composition chimique des grignons d'olive (en % de MS)

Composant	MS %	MG %	MM %	MAT %	CB %	lignine %	hémicellulose%
Valeurs moyennes	92-95	8-12	3,0-5,5	4,5-6,0	18-25	15-22	12-18

(Roselló-Soto et al., 2023).

1.4. Les pulpes de tomates

Selon Lenucci et al., (2020), les pulpes de tomates, sous-produit de l'industrie tomaticole présentent une texture intrinsèquement fibreuse et humide en raison de leur structure cellulaire végétale et de leur forte teneur en eau. Alvarado-Ramírez et al., (2021) ont observé qu'après séchage, cette texture évolue vers une structure plus friable et poreuse, améliorant ainsi leur conservation.

Concernant l'humidité, Knoblich et al., (2022) rapportent que les pulpes fraîches contiennent entre 75% et 90% d'eau, ce qui les rend hautement périssables. Sogi et al., (2019) précisent que le séchage permet de réduire cette teneur à 8-12%, rendant le produit stable pour le stockage.

La couleur, caractéristique importante, est due principalement aux lycopènes et caroténoïdes. Del Valle et al., (2020) et Lavelli et al., (2021), ont démontré que cette coloration peut évoluer vers des tons brunis lors de l'oxydation des composés phénoliques.

La composition chimique des pulpes de tomates (tableau 4), peut varier en fonction de la variété de tomate, du procédé d'extraction et des conditions de séchage

Tableau 4 : Composition chimique des pulpes de tomates (en % de MS)

Composant	MS %	MM %	MAT %	CB %	NDF %	ADF%
Valeurs moyennes	5,2 - 6,8	0,6 - 0,9	9,4 - 13,8	1,2 - 1,8	3,5 - 4,5	2,1 - 3,0

(Sánchez-González et al., 2021)

1.5. Les pulpes de pomme de terre

Les pulpes de pomme de terre, présentent des propriétés physiques distinctes qui conditionnent ses applications potentielles. **Zhang et al., (2021)**, ont démontré que les pulpes fraîche possèdent une texture humide et spongieuse, caractérisée par une structure cellulaire intacte riche en parois végétales.

Selon **Liu et al., (2020)**, cette structure particulière résulte principalement de la présence de polysaccharides pariétaux, avec des teneurs en cellulose variant entre 20 et 30% et en pectine entre 15 et 25% (tableau 5). **Kaur et al., (2021)** ont mesuré que les pulpes fraîche présentent une teneur en humidité élevée, comprise entre 75 et 85%, ce qui en fait un produit particulièrement périssable. Concernant ses caractéristiques visuelles, **Jiang et al., (2022)**, ont observé que les pulpes fraîches présentent une coloration blanc crème à légèrement grisâtre.

Tableau 5 : Composition chimique des pulpes de pomme de terre (en % de MS)

Composant	MS %	MM %	MAT %	CB %	MG %
Valeurs moyennes	90 - 95	3 - 5	6 - 10	15 - 20	0,5 - 1,5

(Arora et al ., 2022)

1.6. Les rebuts de dattes

Les rebuts de dattes, sont des sous-produits issus de la transformation industrielle des dattes, notamment lors de la production de sirop ou de pâte de dattes. Ces résidus présentent des caractéristiques physiques particulières qui influencent leur potentiel d'utilisation dans divers domaines, notamment l'alimentation animale.

Selon **Haris et al., (2023)**, les rebuts de dattes contiennent environ 60 % d'humidité dans leur état frais. Cette teneur élevée en eau affecte leur stabilité et leur conservation, nécessitant souvent un séchage préalable avant utilisation. Une fois déshydratés, ces résidus présentent une structure fibreuse composée majoritairement de fibres insolubles telles que la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (tableau 6), Cette structure confère aux rebuts de dattes une capacité élevée de rétention d'eau et d'huile, des propriétés bénéfiques pour l'alimentation animale et la formulation de produits alimentaires fonctionnels.

Tableau 6 : Composition chimique des rebuts de dattes (en % de MS)

Composant	MS %	MM %	MAT %	CB %	MG %
Valeurs moyennes	88 - 92	2,5 - 3,8	3,2 - 4,1	14 - 17	1,2 - 2,0

(Maqsood et al., 2022)

1.7. Les drêches de brasserie

Les drêches de brasserie, résidus solides obtenus après le processus de filtration du moût lors de la fabrication de la bière, présentent des propriétés physiques distinctes influençant leur valorisation en alimentation animale. Elles se caractérisent par une texture fibreuse et une granulométrie variable, dépendant du type de malt utilisé (orge, blé, etc.) et des méthodes de filtration employées (Fărcaș et al., 2020).

Leur taux d'humidité initial est généralement élevé (70-80 %), nécessitant un séchage ou une stabilisation pour éviter leur dégradation microbienne (Lynch et al., 2016). Après séchage, leur densité apparente se situe entre 0,4 et 0,6 g/cm³, et leur couleur varie du doré au brun foncé en fonction du degré de torréfaction des céréales (Mussatto, 2014). Leur forte teneur en fibres insolubles (25-50 % de la matière sèche) contribue à leur structure poreuse, ce qui peut influencer leur digestibilité chez les animaux (Steiner et al., 2015).

Les drêches de brasserie présentent une composition chimique riche en protéines et en fibres, avec une présence notable de matières grasses et de glucides résiduels (tableau 7). Elles contiennent également divers minéraux et vitamines, notamment du groupe B, bien que leur profil en acides aminés soit légèrement déséquilibré. Cette composition nutritionnelle variée en fait un coproduit intéressant pour l'alimentation animale, notamment chez les ruminants et les monogastriques (Steiner et al., 2015).

Tableau 7 : Composition chimique des drêches de brasserie (en % de MS)

Composant	MS %	MM %	MAT %	CB %	MG %	Hémicellulose %
Valeurs moyennes	92-96	3-4	24-28	15-20	6-8	25-30

(Ikram et al., 2021)

1.8. Le gluten de maïs

Le gluten de maïs est un coproduit protéique issu de la fabrication d'amidon de maïs, il se présente sous forme de poudre fine de couleur jaune vif à orangé, caractéristique liée à sa teneur en pigments xanthophylles (**Wang et al., 2022**). Sa densité apparente varie entre 0,5 et 0,6 g/cm³, avec une granulométrie généralement inférieure à 200 µm, ce qui facilite son incorporation dans les aliments composés (**Johnson, 2021**). Ce coproduit possède une texture friable et une faible hygroscopicité, bien qu'il puisse former des agglomérats en présence d'humidité (**Zhang et Liu, 2023**). Sa solubilité dans l'eau est limitée en raison de sa nature principalement protéique, avec une capacité d'absorption d'eau modérée (environ 1,5 à 2 fois son poids) selon les conditions de traitement (**Martínez-Alvarenga et al., 2023**).

Le gluten de maïs est principalement caractérisé par sa haute teneur en protéines et sa composition nutritionnelle particulière (tableau 8). Il se distingue par son profil en acides aminés, sa faible teneur en fibres et la présence de pigments naturels, ce qui en fait un ingrédient intéressant pour l'alimentation animale (**Wang et al., 2022**).

Tableau 8 : Composition chimique du gluten de maïs (en % de MS)

Composant	MS %	MM %	MAT %	CB %	MG %
Valeurs moyennes	90-92	1,0-2,0	60-65	1,5-2,5	2,0-4,0

(**Wang et al., 2022**)

1.9. Le son de blé

Selon **Sztupecki et al., (2023)**, le son de blé est la fraction externe du grain de blé, comprenant principalement les couches péricarpe, testa, hyaline et aleurone, séparées de l'endosperme lors du processus de mouture. Il est particulièrement riche en polysaccharides non-amylacés, tels que les arabinoxylanes et les β -glucanes, une concentration importante en fibres alimentaires, ainsi que des composés bioactifs comme les polyphénols, les vitamines (notamment celles du groupe B), et des minéraux essentiels.

L'étude de **Boukid et al., (2022)** caractérise les propriétés physiques du son de blé. Les analyses révèlent une couleur brun clair typique. La granulométrie montre que

85% des particules présentent une taille comprise entre 315 et 800 μm , avec une surface spécifique de 0,85 m^2/g . Les propriétés hydriques sont remarquables, avec une capacité d'absorption d'eau atteignant 3,8 g d'eau par gramme de son. La structure physique, se distingue par une densité apparente faible (0,39 g/cm^3) et une porosité élevée (68%).

Le son de blé, présente une composition chimique complexe et riche en nutriments essentiels. Selon l'étude de **Wang et al., (2022)**, le son de blé se caractérise principalement par sa teneur élevée en fibres alimentaires, représentées par la cellulose brute (8,5-10,2% MS), les fibres ADF (11,3-14,7% MS) et NDF (35,6-42,3% MS). L'analyse révèle également une teneur notable en protéines brutes (15,5-18,7% MS) ainsi qu'en matières minérales totale (4,8-6,2% MS) (tableau 9). Les fractions d'hémicelluloses (23,1-28,9% MS), obtenues par différence entre NDF et ADF. Cette composition, confère au son de blé des propriétés nutritionnelles intéressantes pour diverses applications alimentaires et industrielles.

Tableau 9 : Composition chimique du son de blé (en % de MS)

Composan	MS %	MM %	MAT %	CB %	MG %	NDF %	ADF %
Valeurs moyennes	87,2-89,5	4,8-6,2	2,8-3,4	8,5-10,2	3,2-4,5	35,6-42,3	11,3-14,7

(Wang et al., 2022)

1.10. La mélasse

La mélasse, est un coproduit visqueux et hygroscopique de l'industrie sucrière, obtenu après cristallisation du saccharose, caractérisé par sa teneur élevée en sucres résiduels (saccharose, glucose, fructose), sa densité élevée, généralement supérieure à 1,4 g/cm^3 , et son pH acide (environ 5,0-6,5) résultent de sa composition riche en matières minérales et composés organiques (**García et al., 2022**).

Ces propriétés physiques, combinées à son hygroscopicité marquée, influencent directement ses conditions de stockage et son incorporation dans les rations animales (**Lee et Brown, 2023**). La mélasse présente également une solubilité élevée dans l'eau, ce qui facilite son utilisation comme liant ou appétent dans les aliments composés.

Selon **Silva et al., (2021)**, la mélasse de canne à sucre présente une composition chimique caractéristique dominée par une forte teneur en sucres totaux (45-55% de la matière sèche), principalement sous forme de saccharose, glucose et fructose. Les analyses révèlent également une teneur notable en matières minérales (8-12% MS) (tableau 10), témoignant de sa richesse en éléments comme le potassium, le calcium et le magnésium. Les fractions fibreuses, bien que peu abondantes, sont présentes avec des valeurs de 0,3-1,2% MS pour l'ADF et 0,8-2,5% MS pour l'NDF. Les matières azotées totales, quantifiées entre 1,2-2,5% de la MS, et la cellulose brute (0,1-0,5% MS) complètent ce profil.

Tableau 10 : Composition chimique de la mélasse (en % de MS)

Composan	MS %	MM %	MAT %	CB %	MG %	NDF %	ADF %
Valeurs moyennes	75-80	8-12	1,2-2,5	0,1-0,5	0,1-0,3	0,8-2,5	0,3-1,2

(Silva et al., 2021)

2. Utilisation des sous produits agro-industriels en alimentation animale

2.1. Utilisation des pulpes d'agrumes en alimentation animale

Les pulpes d'agrumes présentent, un potentiel intéressant comme ingrédient dans les régimes alimentaires des animaux en raison de leur teneurs en fibres, en énergie et en composés bioactifs. Selon **Bampidis et Robinson (2016)**, leur incorporation dans les rations des ruminants peut améliorer la digestibilité des fibres et réduire les coûts alimentaires sans affecter négativement les performances zootechniques. Une étude de **Alnaimy et al., (2022)** confirme que les pulpes d'agrumes, grâce à leur composition riche en pectine et en polyphénols, peuvent également agir comme prébiotique, favorisant ainsi la santé intestinale chez les monogastriques. Ces travaux soulignent l'importance d'une formulation adaptée pour optimiser leur utilisation tout en évitant les excès qui pourraient perturber l'équilibre nutritionnel.

2.2. Utilisation des pulpes d'olives en alimentation animale

Les pulpes d'olives, sous-produit de l'extraction de l'huile d'olive, sont une ressource alimentaire intéressante pour les animaux en raison de leur teneur en fibres, en polyphénols et en lipides résiduels. Selon **Molina-Alcaide et al. (2017)**, leur incorporation dans les rations des ruminants améliore la fermentation ruminale sans affecter négativement la digestibilité globale, grâce à leur composition riche en lignocellulose et en composés bioactifs.

Chez les monogastriques **Borges et al. (2021)**, ont montré que les pulpes d'olives, après détoxification partielle (par ensilage ou traitement thermique), peuvent être utilisées comme source de fibres alimentaires dans les régimes alimentaire, avec un impact neutre sur le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation.

2.3. Utilisation des grignons d'olives en alimentation animale

L'intégration des grignons d'olives dans les rations animales permet de substituer partiellement des ingrédients plus onéreux, tels que les concentrés commerciaux, ce qui contribue à la réduction des charges d'exploitation pour les éleveurs. Plusieurs études ont montré que l'incorporation contrôlée de ces sous-produits peut maintenir des performances animales satisfaisantes tout en réduisant les coûts liés à l'alimentation (**Molina-Alcaide et Yáñez-Ruiz, 2008 ; Abbeddou et al., 2011**).

L'incorporation de ces coproduits dans les rations participe à une meilleure gestion des déchets agro-industriels et à la promotion d'une alimentation animale circulaire et durable (**Boussetta et al., 2014**).

2.4. Utilisation des pulpes de tomates en alimentation animale

Selon **Attia et al. (2021)**, l'incorporation de 8 à 10 % de pulpes de tomates séchées dans les rations alimentaires des poulets de chair a permis d'améliorer significativement l'intégrité de la muqueuse intestinale et la diversité du microbiote, grâce à leur richesse en lycopène et en fibres fermentescibles. Ces modifications se sont traduites par une réduction des marqueurs d'inflammation et une meilleure absorption des nutriments, contribuant ainsi à optimiser les performances

zootechniques, avec un gain moyen quotidien accru de 5-7% et une meilleure efficacité alimentaire, le tout sans recours aux antibiotiques promoteurs de croissance.

2.5. Utilisation des pulpes de pomme de terre en alimentation animale

Les pulpes de pomme de terre, sous-produit riche en amidon, sont une alternative prometteuse dans l'alimentation animale, notamment pour leur potentiel à améliorer les performances de croissance. Selon **Wadhwa et Bakshi (2016)** l'incorporation des pulpes de pomme de terre dans les rations des ruminants permet d'obtenir un gain moyen quotidien (GMQ) comparable à celui obtenu avec des aliments conventionnels, grâce à leur bonne digestibilité énergétique.

Chez les monogastriques, les pulpes de pomme de terre, après traitement thermique pour réduire ses facteurs antinutritionnels, peuvent remplacer jusqu'à 15 % des céréales sans affecter négativement le GMQ, tout en réduisant les coûts alimentaires (**Juskiw et al., 2020**).

2.6. Utilisation des rebuts de dattes en alimentation animale

Les rebuts de dattes, constitués de dates non conformes aux standards commerciaux ou de sous-produits de transformation, représentent une ressource alimentaire prometteuse pour les animaux d'élevage en raison de leur haute teneur en énergie (glucides solubles) et en composés phénoliques. L'incorporation de rebuts de dattes jusqu'à 30 % dans les rations des ruminants (ovins et caprins) améliore la fermentation ruminale et la production laitière, grâce à leur digestibilité élevée et leur apport en sucres rapidement fermentescibles (**Al-Dabeeb et al., 2018**).

Chez les volailles, l'inclusion de 10 à 15 % de rebuts de dattes dans l'aliment permet d'obtenir des performances de croissance (GMQ) comparables aux régimes conventionnels, tout en réduisant les coûts alimentaires. Il est cependant nécessaire de contrôler la teneur en tanins et en fibres, qui peuvent limiter l'ingestion à des taux plus élevés (**Mehrez et al., 2021**).

2.7. Utilisation des drêches de brasserie en alimentation animale

Les drêches de brasserie, représentent une ressource nutritionnelle de premier choix pour l'alimentation des bovins laitiers. L'incorporation de drêches jusqu'à 30% de la matière sèche totale dans les rations des vaches laitières permet d'obtenir plusieurs bénéfices zootechniques notables : une augmentation de 5-8% de la production laitière, une amélioration de 3-5% du taux butyreux grâce à la présence d'acides gras à chaîne courte et une réduction des coûts alimentaires de l'ordre de 15-20% (**Mussatto et al., 2018**). Ces effets positifs s'expliquent par la structure fibreuse particulière des drêches favorisant une rumination optimale et un pH ruminal stable, leur profil protéique riche en peptides à dégradation lente améliore l'efficacité de l'utilisation de l'azote et leur teneur en composés bioactifs (polyphénols, mélanoidines) module favorablement la flore microbienne du rumen. Les performances maximales sont obtenues lorsque les drêches sont correctement conservées (par ensilage ou séchage) et incorporées dans des rations équilibrées complémentées en énergie rapidement disponible (**Mussatto et al., 2018**).

2.8. Utilisation du gluten de maïs en alimentation animale

Li et al. (2019), ont mené une étude approfondie sur l'incorporation du gluten de maïs dans les rations de poulets de chair, révélant que sa teneur en protéines brutes (60-65% MS) et son profil équilibré en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) permettent d'obtenir des performances zootechniques optimales. Leurs résultats montrent qu'à un taux d'incorporation de 18% dans la ration, associé à une complémentation en lysine synthétique (0,15%), on observe une amélioration significative du GMQ (63,5 g/j vs 58,7 g/j pour le témoin) et de l'indice de conversion (1,62 vs 1,71).

Chez les ruminants, **Zhang et al., (2021)** ont démontré que la fraction bypass du gluten de maïs (environ 65% de la protéine brute) présente une dégradabilité ruminale réduite (35-40% contre 60-65% pour le tourteau de soja), ce qui en fait une source protéique idéale pour les vaches laitières hautes productrices. Leur essai sur 120 vaches laitières, a mis en évidence qu'un apport de 1,5 kg/j de gluten de maïs permet d'augmenter la production laitière de 2,5 kg/j ($p < 0,01$) tout en améliorant le taux protéique du lait (+0,2 point).

2.9. Utilisation du son de blé en alimentation animale

Le son de blé, sous-produit de la mouture des grains de blé, constitue une source de fibres alimentaires de qualité pour différentes espèces animales. Selon **Slama et al., (2020)**, l'incorporation de son de blé dans les rations des ruminants jusqu'à 20% de la matière sèche améliore significativement l'activité ruminale grâce à sa structure fibreuse stimulant la mastication et la production salivaire. Leur étude démontre une augmentation de 5-8% de la digestibilité des fibres et une réduction de 10-12% des risques d'acidose ruminale.

Chez les monogastriques, l'incorporation de 8-10% dans les aliments pour volailles favorise le développement du jabot et améliore la santé intestinale par stimulation des populations microbiennes bénéfiques (*Lactobacillus*). Néanmoins des teneurs supérieures à 12 % peuvent entraîner une diminution de l'ingestion volontaire, en raison de la concentration élevée en arabinoxylanes. (15-18% MS) (**Kheravii et al., 2021**).

2.10. Utilisation de la mélasse en alimentation animale

Selon **Oliveira et al. (2018)**, la mélasse est un sous-produit de l'industrie sucrière, elle peut être intégrée dans les rations animales, notamment comme source d'énergie et/ou agent liant dans les aliments composés pour le bétail, son incorporation à des taux de 5-8% dans les rations des ruminants induit des bénéfices multiples : une amélioration significative de la palatabilité (12-15% d'ingestion), une stabilisation remarquable du pH ruminal (limitation des fluctuations à 6,2-6,8 contre 5,8-6,5 pour les témoins) et une optimisation de l'efficacité fermentaire avec une augmentation de 8-10 points de la digestibilité des NDF .

Chez les monogastriques une supplémentation à 3-6% permet non seulement d'améliorer le croît et l'indice de conversion (de 2,85 à 2,65), mais aussi de moduler favorablement le microbiote intestinal avec une augmentation des *Bifidobacterium* et une réduction des *Escherichia coli*. Ces effets s'expliquent par la richesse de la mélasse en sucres rapidement fermentescibles en minéraux et en composés phénoliques aux propriétés prébiotiques et antioxydantes (**Lynch et al., 2020**).

3. Les blocs multi-nutritionnels : un mode d'utilisation des sous-produits agro-industriels

3.1. Définition des blocs multi-nutritionnels

Les blocs multi-nutritionnels (BMN) sont des suppléments alimentaires solides, composés d'ingrédients énergétiques, protéiques, minéraux et vitaminés, destinés à améliorer la nutrition des ruminants, particulièrement en période de pénurie fourragère **(Ben Salem et Smith, 2020)**.

Selon **Makkar et al., (2016)** ces blocs, sont formulés à partir de sous-produits agro-industriels (tourteaux, mélasse, son de céréales) et de liants, permettant une libération lente des nutriments dans le rumen. Leur utilisation optimise la digestion des fibres, augmente la disponibilité énergétique et compense les carences nutritionnelles, contribuant ainsi à l'amélioration des performances zootechniques .

3.2. Objectifs des blocs multi-nutritionnels

Les blocs multi-nutritionnels (BMN) représentent une innovation importante dans l'alimentation des ruminants, particulièrement dans les systèmes d'élevage confrontés à des contraintes fourragères saisonnières. Leur formulation répond à trois objectifs principaux : nutritionnel, économique et environnemental. Sur le plan nutritionnel, les BMN permettent de combler les déficits en protéines, énergie et minéraux des fourrages de base, particulièrement durant la saison sèche **(Ben Salem et Nefzaoui, 2015)**.

Leur composition, souvent basée sur de la mélasse, de l'urée et des tourteaux, améliore la digestion ruminale en stimulant l'activité microbienne et en augmentant la dégradation des fibres. D'un point de vue économique, ces blocs offrent une solution rentable en valorisant des sous-produits agricoles locaux, réduisant ainsi la dépendance aux aliments concentrés importés, leur utilisation présente un intérêt environnemental en limitant les émissions de méthane entérique grâce à une meilleure efficacité digestive **(Makkar, 2016)**.

3.3. Principe de fabrication et formulation des BMN

Le procédé, consiste à déshydrater un mélange préalablement humidifié, composé d'urée, de minéraux, d'un support riche en fibres et d'un agent liant, afin

d'obtenir un bloc solide, homogène et résistant, non friable et pouvant être léché par les ruminants (**Moujahed et al., 2003**).

3.3.1. Formulation des blocs multi-nutritionnels

Il n'existe pas de formulation standardisée pour les blocs multi-nutritionnels, leur composition variant selon les disponibilités locales et les objectifs nutritionnels. Cependant, la plupart des formulations partagent des composants de base essentiels : urée (source d'azote non protéique), mélasse (apport énergétique), un liant (généralement du ciment ou de la chaux), une source de fibres (son de céréales ou autres sous-produits agricoles) et du sel. À ces ingrédients de base s'ajoutent fréquemment des compléments nutritionnels comme les sous-produits agro-industriels (tourteaux, drèches), les oligo-éléments et les additifs alimentaires (**Moujahed et al., 2003**). Le tableau 11, présente un panorama des différentes formulations utilisées dans la pratique au cours des dernières années.

Tableau 11 : Exemples de formules de blocs nutritionnels utilisées (% de produits bruts)

Ingrédients	Formules								
Auteurs	Hassoun et Ba (1990)		Dorchier et al., (1996)	Chenost et Kayouli (1997)	Moujahed et al., (2000)		Kayouli et Buldgen (2001)		Ben Salem et al., (2002)
Urée	10	10	5,9	10	10	10	10	10	4,4
Mélasse	-	-	-	50	10	10	10	-	-
Son de blé	65	60	23,5	25	35	30	43	48	26,7
Gruau de blé	-	-	11,8	10,7	-	-	-	-	-
Grignons de blé	-	-	35,3	-	20	15	-	-	42,2
Ciment	10	-	-	5	10	10	15	20	-
Chaux	5	20	7,8	5	-	-	5	5	10,7
Sel	-	-	3,9	5	5	5	10	10	4,4
Phosphate bi calcique	10	10	-	-	5	5	5	5	-
CMV	-	-	1	-	5	5	2	2	0,9
PEG 4000	-	-	10,7	-	10	-	-	-	-

(Moujahed et al., 2003)

3.4. Utilisation des blocs multi-nutritionnels dans l'alimentation des animaux

Les BMN, sont utilisés notamment chez les ruminants, pendant la saison sèche, avec une utilisation possible jusqu'au début de l'hivernage. Le mode de distribution des blocs varie selon le système d'élevage. Lorsque les animaux pâturent durant la journée, les blocs doivent être mis à leur disposition le soir, à leur retour. En revanche, pour les animaux maintenus en stabulation permanente, les blocs peuvent être laissés à disposition tout au long de la journée (**APESS, 2015**).

Cependant, les BMN contiennent de l'urée, qui peut devenir toxique en cas de mauvaise utilisation. Il est donc essentiel de respecter les recommandations suivantes:

- **Utilisation réservée aux ruminants**, seuls capables de valoriser l'urée grâce à la flore microbienne de leur rumen (**APESS, 2015**).
- **Les blocs, sont un complément et non une alimentation principale**. Ils doivent être accompagnés d'un apport en fourrages grossiers. Il est fortement déconseillé d'en donner à des animaux affamés ou à jeun, car un rumen vide favorise une ingestion excessive d'urée, entraînant un risque d'intoxication (**APESS, 2015**).
- **Une phase d'adaptation est indispensable**. L'introduction des blocs doit se faire progressivement sur une période d'une à deux semaines (2 à 4 heures par jour), le temps que la flore microbienne s'ajuste. Après cette période, les animaux réguleront d'eux-mêmes leur consommation et les blocs pourront être distribués en libre-service (**APESS, 2015**).

La distribution des blocs doit être effectuée de façon régulière et continue afin d'éviter les à coups d'adaptation de la flore microbienne du rumen qui est de 2 semaines environ à chaque reprise de distribution. Le tableau 12, présente les quantités de bloc ingérées dans la majorité des contrôles effectués.

Tableau 12 : Les quantités de bloc ingéré dans la majorité des contrôles effectués.

Espèces	Quantités journalières (g/j)	Observations
Bovins	de 400 à 800 g/j	Ces valeurs ne doivent pas être dépassées au risque d'intoxiquer les animaux.
Petits ruminants	de 100 à 250 g/j	
Camélidés	de 300 à 500 g/j	

(**APESS, 2015**).

3.5. Effets des blocs multi-nutritionnels dans l'alimentation animale

Les blocs multi-nutritionnels (BMN), constituent une solution alimentaire innovante particulièrement efficace pour améliorer les performances zootechniques des ruminants en période de pénurie fourragère. Selon **Khan et al., (2021)**, leur utilisation permet une amélioration significative de la digestibilité des matières organiques (+18%) et du taux de croissance (+15%), grâce à une stimulation de l'activité microbienne ruminale. Les travaux de **Patra et al., (2017)** démontrent des effets systémiques remarquables chez les vaches laitières, avec une augmentation de la production laitière (+1,2 kg/jour), une meilleure efficacité alimentaire et une réduction des troubles métaboliques (-30%). Le tableau 13, présente les effets des blocs sur la croissance (GMQ).

Tableau 13 : Effets des blocs sur la croissance (GMQ).

Espèces	Fourrages	Performances (GMQ)		Auteurs
		sans blocs	avec blocs	
Brebis	Paille de blé	+ 2,8 kg de PV	+ 6,4 kg de PV	Nyarko-Badohu et al., (1993)
Ovins	Tiges de maïs	-	+ 9,17 g/j	Zanetti (2010)
Veaux de vaches	Paille de riz	-	+ 360 g/j	Ferdous et al., (2010)
Veaux de buffles	Paille de riz	-	+ 400 g/j	
Agneaux	Paille de blé	- 88 g/j	- 53 g/j	Hadjipanayiotou et al., (1993)
Brebis	Paille	+ 41 g/j	+ 67 g/j	
Brebis	Chaumes	56 g/j	- 6 g/j	
Buffles	Paille	90 g/j	288 g/j	Tiwari et al., (1990)

(Nahimana, 2012).

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 1 :

Matériels et Méthodes

1. Matériel et méthodes

1.1. Objectif expérimental

L'objectif de cette étude, est la valorisation des sous-produits agro-industriels cités ci-dessous, par leurs formulations en concentrés farineux et en blocs multi-nutritionnels (BMN).

- Drèches de brasserie.
- Gluten de maïs.
- Grignons d'olives.
- Pulpes d'agrumes.
- Pulpes d'olives.
- Pulpes de pomme de terre.
- Pulpes de tomates.
- Rebus de dattes.
- Son de blé
- Mélasse de cannes à sucre

Ce travail, se divise en trois parties :

- a) Formulation de quatre (04) concentré et de quatre (04) BMN
- b) Détermination de la composition chimique (MS, MM, MO, MAT, CB, MG) des concentrés et BMN.
- c) Détermination de leurs valeurs énergétiques (UFL, UFV) et azotées (PDIN, PDIE).

1.2. Lieu de l'expérimentation

L'expérimentation, s'est déroulée au niveau du laboratoire d'analyses fourragères du département de biotechnologie et agro-écologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida 1.

1.3. Matériel

1.3.1. Les sous produits

L'étude expérimentale, a porté sur dix (10) sous produits agro-industriels, prélevés au niveau des unités de transformation, situées dans diverses wilayas du pays (Algérie). Une quantité de 25 kg de chaque sous produit, a été ramenée de ces unités de transformation. Ceux se présentant sous forme fraîche, ont subis une déshydratation dans des étuves à circulation d'air chaud à 70 °C pendant 48 heures.

Seuls le gluten de maïs et le son de blé, se présentent sous forme déshydraté. Ces sous produits, sont :

1.3.1.1. Les pulpes de tomates

Les pulpes de tomates (figure 1), utilisées dans cette expérimentation, ont été récupérées auprès d'une entreprise privée (SARL AMOUR), située dans la daïra de Mouzaia (Wilaya de Blida).



Figure 01 : Pulpes de tomates.

1.3.1.2. Les pulpes d'agrumes

Les pulpes d'agrumes (figure 2), testées dans cette expérimentation, ont été prélevées auprès d'une entreprise privée (SARL AMOUR), située dans la daïra de Mouzaia (Wilaya de Blida).



Figure 02 : Pulpes d'agrumes.

1.3.1.3. Les pulpes de pomme de terre

Les pulpes de pomme de terre (figure 3), employées dans cette expérimentation, ont été récupérées auprès d'une entreprise privée (chips mahboul), située dans la daïra de Baba Ali (Wilaya d'Alger).



Figure 03 : Pulpes de pomme de terre.

1.3.1.4. Les pulpes d'olives

Les pulpes d'olives (figure 4), exploitées dans cette expérimentation, ont été prélevées auprès d'une entreprise privée (Tristar), située dans la daïra de Ouled Yaich (Wilaya de Blida).



Figure 04 : Pulpes d'olives

1.3.1.5. Les grignons d'olives

Les grignons d'olives (figure 5), exploitées dans cette expérimentation, ont été prélevées auprès d'une entreprise privée (Tristar), située dans la daïra de Ouled Yaich (Wilaya de Blida).



Figure 05 : Grignons d'olives.

1.3.1.6. Les rebuts de dattes

Les rebuts de dattes (figure 6), utilisées dans cette expérimentation, ont été récupérées auprès d'une entreprise privée située dans la Wilaya de Biskra.



Figure 06 : Rebuts de dattes

1.3.1.7. Les drèches de brasserie

Les drèches de brasserie (figure 7), utilisées dans cette expérimentation, ont été récupérées au niveau d'une entreprise privée (Tango), située dans la wilaya d'Alger (Rouiba).



Figure 07 : Drèches de brasserie

1.3.1.8. Le gluten de maïs

Le gluten de maïs (figure 08), utilisé dans cette expérimentation, a été récupérées auprès d'une entreprise privée (Amidor), située dans la wilaya de Mostaganem.



Figure 08 : Gluten de maïs

1.3.1.9. Le son de blé

Le son de blé (figure 09), utilisé dans cette expérimentation, a été récupéré auprès d'une unité de fabrication d'aliments du bétail, située à Guerrouaou dans la wilaya de Blida.



Figure 09 : Son de blé

1.3.1.10. La mélasse de canne

La mélasse de canne (figure 10), utilisée dans cette expérimentation, a été récupérée au niveau de l'unité CEVITAL dans la wilaya de Béjaia.



Figure 10 : mélasse de canne

1.3.2. Valeur nutritive des sous-produits

La valeur nutritive des sous-produits étudiés qui a servi à la formulation des concentrés et des BMN, est représentée dans le tableau 14 (**Boukabous et Bourezeg, 2025**).

Tableau 14 : Valeurs énergétiques et azotées des sous-produits agro-industriels étudiés

Sous-produits	Valeurs énergétiques/kg de MS		Valeurs azotées g/kg de MS	
	UFL	UFV	PDIN	PDIE
Drêches de brasserie	0,95 ± 0,02 d	0,81 ± 0,02 d	155,07 ± 4,77 b	156,56 ± 3,91 b
Gluten de maïs	1,42 ± 0,02 a	1,33 ± 0,02 a	411,50 ± 10,67 a	391,29 ± 7,64 a
Grignons d'olives	0,31 ± 0,01 g	0,17 ± 0,00 f	18,43 ± 1,37 g	33,32 ± 0,84 g
Pulpes d'agrumes	0,99 ± 0,01 c	0,89 ± 0,01 c	43,31 ± 2,13 f	84,46 ± 0,64 d
Pulpes d'olives	0,84 ± 0,01 f	0,68 ± 0,01 e	45,57 ± 0,58 f	71,07 ± 0,64 e
Pulpes de pomme de terre	0,90 ± 0,01 e	0,80 ± 0,01 d	55,56 ± 4,25 e	85,70 ± 2,43 d
Pulpes de tomates	0,34 ± 0,01 g	0,19 ± 0,01 f	65,36 ± 0,33 d	48,94 ± 0,53 f
Rebuts de dattes	1,01 ± 0,01 c	0,90 ± 0,02 c	21,20 ± 0,44 g	72,32 ± 0,95 e
Son de blé	1,04 ± 0,02 b	0,94 ± 0,02 b	82,75 ± 3,83 c	92,43 ± 2,21 c
Mélasse de canne *	0,86	0,84	32	62

* valeurs de l'INRA, 2018, UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée ; PDIE : protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique. Les valeurs suivies d'une même lettre dans la même colonne, sont comparables au seuil de 5%.

1.3.3. Formulation des concentrés et des blocs nutritionnels à base de sous produits agro-industriels

En fonction de la disponibilité des sous produits dans le temps (tableau 15) et a l'aide d'un logiciel de formulation, quatre combinaison sous forme de concentré farineux et quatre autres sous forme de blocs nutritionnels ont été effectuées. L'objectif, est d'atteindre pour chacune des huit formulations, une valeur nutritive ayant environ **1 UFL**, **100 g PDIN** et **100 g PDIE** par kg de MS afin d'obtenir une concentration énergétique dans un concentré, par la suite c'est la quantité distribuée qui diffèrera d'un animal à un autre en fonction de ces besoins. Les sous-produits, ont été concassés en granulés dans un broyeur et mélangés manuellement.

1.3.3.1. Concentrés farineux

Après le mélange des sous-produits, on obtient un mélange homogène prêt pour la distribution aux animaux. Les concentrés, sont présentés dans la figure 11.

Tableau 15 : Disponibilité des sous produits dans le temps

Sous produits	Disponibilité
Drêches de brasserie	Toute l'année
Gluten de maïs	Toute l'année
Pulpes de pomme de terre	Toute l'année
Son de blé	Toute l'année
Mélasse de canne à sucre	Toute l'année
Pulpes d'olives	Automne (Octobre - Novembre - Décembre)
Grignons d'olives	Automne (Octobre - Novembre - Décembre)
Rebuts de dattes	Automne (Octobre - Novembre - Décembre)
Pulpes d'agrumes	Hiver (Janvier - Février - Mars)
Pulpes de tomates	Été (Juin - Juillet - Août - Septembre)



Concentré annuel



Concentré d'Automne



Concentré d'Hiver



Concentré d'Eté

Figure 11 : Concentrés farineux

a) Concentré farineux annuel

C'est une formulation intégrant tous les sous-produits agro-industriels étudiés (tableau 16).

Tableau 16 : Formulation du concentré farineux annuel

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN	PDIE
Pulpes d'agrumes	120	12	0,119	5,20	10,1
Pulpes de pomme de terre	80	8	0,072	4,44	6,86
Pulpes de tomates	30	3	0,010	1,96	1,47
Pulpes d'olives	50	5	0,042	2,28	3,55
Grignons d'olives	20	2	0,006	0,37	0,67
Rebus de dattes	80	8	0,081	1,70	5,79
Gluten de maïs	70	7	0,099	28,8	27,4
Drêches de brasserie	270	27	0,257	41,9	42,3
Son de blé	280	28	0,291	23,2	25,9
Total + 20 g NaCl	1000	100	0,998	109,85	124,34

b) Concentré farineux d'Automne

Formulation intégrant les sous-produits suivants : Pulpes d'olives + Grignons d'olives + Rebut de dattes + Pulpes de pomme de terre + Gluten de maïs + Drêches de brasserie + Son de blé (tableau 17).

Tableau 17 : Formulation du concentré farineux d'Automne

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Pulpes d'olives	70	7	0,059	3,19	4,97
Grignons d'olives	30	3	0,009	0,55	1,00
Rebut de dattes	200	20	0,202	4,24	14,46
Pulpes de pomme de terre	150	15	0,135	8,33	12,86
Gluten de maïs	90	9	0,128	37,04	35,22
Drêches de brasserie	240	24	0,228	37,22	37,57
Son de blé	220	22	0,229	18,21	20,33
Total + 20 g NaCl	1000	100	1,00	108,8	126,4

c) Concentré farineux d'Hiver

Formulation intégrant les sous-produits suivants : Pulpes d'agrumes + Pulpes de pomme de terre + Gluten de maïs + Drêches de brasserie + Son de blé (tableau18)

Tableau 18 : Formulation du concentré farineux d'Hiver

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Pulpes d'agrumes	200	20	0,198	8,7	16,9
Pulpes de pomme de terre	200	20	0,180	11,1	17,1
Gluten de maïs	50	5	0,071	20,6	19,6
Drêches de brasserie	300	30	0,285	46,5	47,0
Gros son	250	25	0,260	20,7	23,1
Total + 20 g NaCl	1000	100	0,994	107,6	123,7

d) Concentré d'été

Formulation intégrant les sous-produits suivants : Pulpes de tomates + Pulpes de pomme de terre + Gluten de maïs + Drêches de brasserie + Son de blé (tableau 19).

Tableau 19 : Formulation du concentré farineux d'Eté

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Pulpes de tomate	150	15	0,123	9,15	11,10
Pulpes de pomme de terre	150	15	0,135	8,33	12,86
Gluten de maïs	70	7	0,100	28,78	27,65
Drêches de brasserie	280	28	0,266	43,42	43,84
Son de blé	350	35	0,360	28,99	32,08
Total + 20 g NaCl	1000	100	0,984	118,7	127,5

1.3.3.2. Blocs nutritionnels

Les sous-produits sous forme de granulés, ont été mélangés manuellement avec la mélasse dans des bassines qui ont servis de moule pour confectionner des blocs nutritionnels, le mélange pâteux, est fortement tassé (figure 12). Une fois séchés (48 heures) les blocs ont été démoulés et conservés sur une paillasse du laboratoire (figure 13). les BMN a une long durée de conservation s'il n'y'a pas un développement de moisissures.



Figure 12 : Moulage des blocs nutritionnels



Figure 13 : Démoulage et séchage des blocs nutritionnels

a) Blocs nutritionnels annuel

Formulation intégrant tous les sous-produits agro-industriels, avec l'objectif de formuler un bloc nutritionnel ayant environ 1 UFL, 100 g PDIN et 100 g PDIE par kg de matière sèche (MS) (tableau 20).

Tableau 20 : Formulation du bloc nutritionnel annuel

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Pulpes d'agrumes	80	8	0,079	3,46	6,76
Pulpes de pomme de terre	80	8	0,072	4,488	6,856
Pulpes de tomates	40	4	0,014	2,616	1,96
Pulpes d'olives	80	8	0,067	3,65	5,69
Grignons d'olives	20	2	0,006	0,37	0,67
Rebus de dattes	60	6	0,061	1,275	4,342
Gluten de maïs	100	10	0,142	41,15	39,13
Drêches de brasserie	160	16	0,152	24,80	25,05
Son de blé	130	13	0,135	10,755	12,012
Mélasse de canne	250	25	0,265	8,0	15,50
Total + 100 g de gypse + 20 g NaCl	1000	100	0,993	100,56	117,97

b) Blocs nutritionnels d'automne

Formulation intégrant les sous-produits suivants : Pulpes d'olives + Grignons d'olives + Rebut de dattes + Pulpes de pomme de terre + Gluten de maïs + Drêches de brasserie + Son de blé + Mélasse de canne (tableau 21).

Tableau 21 : Formulation du bloc nutritionnel annuel

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Mélasse de canne	250	25	0,215	8,00	15,50
Pulpe d'olives	60	6	0,050	2,74	4,27
Grignons d'olives	40	4	0,012	0,74	1,34
Rebut de dattes	70	7	0,071	1,49	5,06
Pulpe de pomme de terre	100	10	0,090	5,56	8,57
Gluten de maïs	100	10	0,142	41,15	39,13
Drêches de brasserie	200	20	0,190	31,02	31,31
Son de blé	180	18	0,187	14,94	16,65
Total + 100 g de gypse + 20 g NaCl	1000	100	1,057	105,6	121,8

c) Blocs nutritionnels d'Hiver

Formulation intégrant les sous-produits suivants : Pulpes d'agrumes, Pulpes de pomme de terre, Gluten de maïs, Drêches de brasserie, Son de blé, Mélasse de canne (tableau 22).

Tableau 22 : Formulation du bloc nutritionnel annuel

Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Mélasse de canne	250	25	0,215	8,00	15,50
Pulpes d'agrumes	120	12	0,119	5,20	10,14
Pulpes de pomme de terre	130	13	0,117	7,23	11,14
Gluten de maïs	90	9	0,128	37,04	35,22
Drêches de brasserie	170	17	0,162	26,36	26,62
Son de blé	240	24	0,249	19,85	22,18
Total + 100 g de gypse + 20 g NaCl	1000	100	1,07	103,7	120,8

d) Blocs nutritionnels d'Eté

Formulation intégrant les sous-produits suivants : Pulpes de tomate + Pulpes de pomme de terre + Gluten de maïs + Drêches de brasserie + Son de blé + Mélasse de canne (tableau 23)

Tableau 23 : Formulation du bloc nutritionnel d'Eté

.Sous produits	Quantité (g)	en %	UFL	PDIN (g)	PDIE (g)
Mélasse de canne	250	25	0,215	8,00	15,50
Pulpe de tomate	120	12	0,056	8,28	5,59
Pulpe de pomme de terre	100	10	0,090	5,56	8,57
Gluten de maïs	90	9	0,128	37,04	35,22
Drêches de brasserie	180	18	0,171	27,91	28,18
Son de blé	260	26	0,270	21,58	24,03
Total + 100 g de gypse + 20 g NaCl	1000	100	1,03	108,4	117,1

1.4. Méthodes d'analyses chimiques

Les méthodes d'analyses chimiques utilisées, sont celles de l'AOAC (1990). Les échantillons ont été broyés finement (1 mm) et conservés hermétiquement dans des sacs en papier identifiés. Toutes les analyses, ont été faites en triples (03 répétitions), les résultats sont rapportés à la matière sèche (en %).

1.4.1- Détermination de la matière sèche (MS)

Dans une capsule séchée et tarée au préalable, introduire 1 à 2 g de l'échantillon à analyser, porter la capsule dans une étuve à circulation d'air réglée à 105°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), laisser durant 24h, refroidir au dessiccateur, peser, remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à poids constant. La teneur en MS est donnée par la relation :

$$MS\% = \frac{Y}{X} \times 100$$

Y : poids de l'échantillon après dessiccation.

X : poids de l'échantillon humide.

1.4.2. Détermination des matières minérales (MM).

La teneur en MM d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après incinération. Porter au four à moufle la capsule contenant 2g de l'échantillon à analyser. Chauffer progressivement afin d'obtenir une combustion sans inflammation de la masse.

-1 heure 30 mn à 200°C

-2 heures 30 mn à 500°C.

L'incinération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et obtention d'un résidu blanc ou gris clair. Refroidir au dessiccateur la capsule contenant le résidu de l'incinération, puis peser.

La teneur en matière minérale est donnée par la relation :

$$\text{Teneur en MM}\% = \frac{A \times 100}{B \times MS}$$

A : poids des cendres.

B : poids de l'échantillon.

MS : teneur en matière sèche (%).

1.4.3. Détermination de la matière organique (MO).

La teneur en matière organique est estimée par différence entre la matière sèche (MS) et les matières minérales (MM) : $MO \% = 100 - MM$

1.4.4. Détermination de la cellulose brute (CB).

La teneur en cellulose brute est déterminée par la méthode de WEENDE. Par convention, la teneur en cellulose brute est le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

Peser 2g d'échantillon, l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot, ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1 litre. Chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 mn exactement. Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse, séparer le ballon du réfrigérant. Transvaser dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible de produit dans le ballon. Centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube a centrifugé avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1 litre. Faire bouillir durant 30 mn exactement, filtré sur creuset (de porosités 1 ou 2). Passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglée à 105°C jusqu'à poids constant.

Après refroidissement au dessiccateur, peser puis incinérer dans le four à moufle à 400°C durant 5 heures. Refroidir au dessiccateur et peser à nouveau.

La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques, une grande partie de cellulose vraie, une partie de la lignine et des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB en \% MS} = \frac{(A-B) \times 100}{C \times MS}$$

A : poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : poids du creuset + résidu après incinération.

C : poids de l'échantillon de départ.

1.4.5. Détermination des matières azotées totales (MAT).

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL.

1.4.5.1. Minéralisation.

Opérer sur un échantillon de 0,5 à 2 g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2 g de catalyseur

(composé de 250 g de K_2SO_4 , 250 g de $CuSO_4$ et 5 g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1,84). Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une coloration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

1.4.5.2. Distillation.

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (Buchi), rincer la burette graduée. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

- 20 g d'acide borique.
- 200 ml d'éthanol absolu.
- 10 ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ de rouge de méthyle à 0,2% dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ de vert de bromocresol à 0,1% dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude ($d = 1,33$), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par l'acide sulfurique à N/20 ou N/50 jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.

$$1 \text{ ml d'H}_2\text{SO}_4 \text{ (1N)} \longrightarrow 0.014 \text{ d'N}$$

$$1 \text{ ml d'H}_2\text{SO}_4 \text{ (N/20)} \longrightarrow 0.0007 \text{ d'N}$$

$$Ng = X.0,0007. \frac{100}{Y} . \frac{200}{A}$$

X: descente de burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT (\% MS)} = Ng \times 6,25$$

1.4.6. Détermination des matières grasses (MG).

On introduit 5 g de l'échantillon à analyser dans une cartouche soxhlet. On pèse aussi le ballon (ballon de 500 ml rodé au goulot). La cartouche est placée dans un extracteur soxhlet. On verse un volume et demi de solvant dans le ballon qui est monté sur l'extracteur monté lui-même par une colonne réfrigérante. L'extraction dure 6 heures. A la fin de l'extraction, on siphonne dans le ballon, le reliquat du solvant restant dans l'extracteur. Au rotavapor, on pousse la distillation à sec. On place le ballon + résidu à l'étuve à 102 °C pendant 2 heures en position couchée. On laisse refroidir au dessiccateur, puis on pèse.

$$\text{Teneur en MG (\% MS)} = (A - B) \times 100 / C \times \text{MS}$$

A = poids du ballon + résidu après étuve.

B = poids du ballon vide.

C = poids de la prise d'essai.

1.5. Calcul de la valeur nutritive

Le calcul des valeurs énergétiques (UFL et UFV) et des valeurs azotées (PDIN et PDIE) des sous produits agro-industriels étudiés, a été faite à partir des équations de l'INRA, 2018.

1.5.1 Équations de prévision de la valeur énergétique.

$$\text{EB} = 4134 + 1,473 \text{ MAT} + 5,239 \text{ MG} + 0,925 \text{ CB} - 4,46 \text{ MM}$$

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MO.

MAT = matières azotées totales en g/Kg de MO.

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

EB = énergie brute en Kcal / Kg de MS.

dE = digestibilité de l'énergie en %.

$$\text{EM} = \text{ED} - \text{ECH4} - \text{EU}$$

$$\text{ED} = \text{EB} \times \text{dE} \times 0,01$$

$$\text{ECH4} = \text{CH4/MOD} \times 10^{-3} \times \text{MOD} \times 12,5$$

$$\text{MOD} = \text{MO} \times 0,01 \times \text{dMO}$$

$$\text{CH4/MOD} = 45,42 - 6,66 \times \text{Nlref} + 0,75 \times \text{Nlref} \text{ (en kcal/kg MO)}$$

Nlref (% PV) = 1,44 pour les fourrages et 2 pour les concentrés

$$\text{EU} = \text{EU\%EB} \times \text{EB} \times 0,01 \text{ (en kcal/kg MS)}$$

$$\text{EU\%EB} = 2,9 + 0,017 \text{ MAT} - 0,47 \text{ Nlref}$$

1.5.2 Équations de prévision de la digestibilité de la MO (dMO).

$$\text{Équation globale : dMO} = 89,6 - 0,106 \text{ CB} + 0,0088 \text{ MAT} - 0,003 \text{ MM}$$

1.5.3 Équations de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE).

Aliments concentrés :

$$\text{dE} = - 3,94 + \text{dMO} + 0,0104 \text{ MAT} + 0,0149 \text{ MG} + 0,0022 \text{ NDF} - 0,0244 \text{ MM}$$

$$\text{dE} = - 3,50 + \text{dMO} + 0,0046 \text{ MAT} + 0,0155 \text{ MG}$$

$$\text{dE} = - 2,90 + \text{dMO} + 0,0051 \text{ MAT}$$

dE = digestibilité de l'énergie, est fonction de la dMO de l'aliment.

dE et dMO en %.

1.5.4 Calculs des valeurs énergétiques.

UFL / Kg de MS = ENL / 1760.

UFV / Kg de MS = ENV / 1760.

UFL = unité fourragère lait.

UFV = unité fourragère viande.

ENL = EM x kls en Kcal / Kg.

ENV = EM x Kmf en Kcal / Kg.

EM = énergie métabolisable en Kcal / Kg de MS.

Kls = $0,65 + 0,247 (q - 0,63)$ = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de lait.

Km = $0,78 q + 0,554$ = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour l'entretien.

Kf = $0,78 q + 0,006$ = rendement de l'énergie métabolisable en énergie nette utilisée pour la production de viande.

Kmf = $(Km \times Kf \times 1,5) / (Kf + 0,5 \times Km)$

q = EM / EB = concentration en EM de l'aliment.

1.5.5 Équations de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).

DT = 31 pour le gluten -

DT = 45 pour les drêches

DT = 41 pour les grignons

DT = 41 pour les pulpes d'olives

DT = 65 pour les pulpes de pomme de terre

DT = 65 pour les pulpes d'agrumes

DT = 60 pour les pulpes de tomate

1.5.6 Équations de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).

$dr = 100 \times [1,11 \times (1 - DT / 100) \times MAT - PANDI] / [1,11 \times (1 - DT / 100) \times MAT]$
dr en %, MAT en g / Kg de MS.

$PANDI = 7,9 + 0,08 MAT - 0,00033 MAT^2$ = protéines alimentaires non digestibles dans l'intestin

dr = 90 pour le gluten -

dr = 84 pour les drêches

dr = 40 pour les grignons

dr = 50 pour les pulpes d'olives

dr = 75 pour les pulpes de pomme de terre

dr = 92 pour les pulpes d'agrumes

dr = 50 pour les pulpes de tomate

1.5.7 Calculs des valeurs azotées (g / Kg).

PDIN = PDIA + PDIMN

PDIE = PDIA + PDIME

PDIA = MAT x [1,11 (1 – DT)] x dr.

PDIN = protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'azote disponible (g/Kg de MS).

PDIE= protéines digestibles dans l'intestin grâce à l'énergie disponible (g/Kg de MS).

PDIA = protéines digestibles dans l'intestin d'origine alimentaire (g/Kg de MS).

PDIMN = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'azote dégradable (g/Kg de MS).

PDIMN = MAT x [1 – 1,11 (1 – DT)] x 0,9 x 0,8 x 0,8.

PDIME = protéines digestibles dans l'intestin d'origine microbienne, limitées par l'énergie fermentescible (g/Kg de MS).

PDIME = MOF x 0,145 x 0,8 x 0,8

MOF = matière organique fermentescible.

MOF = MOD - [MAT x (1 – DT)].

MAT, MO et MOF en g / Kg de MS.

MOD = MO x dMO

1.6. Calculs statistiques

Le calcul des moyennes et des écarts types, a été réalisé par Excel. La comparaison des moyennes par le test de Student, a été faite grâce au logiciel Statgraphics Centurion XVI Version 19.7.01

Chapitre 2 :

Résultats et discussions

2. Résultats et discussion

2.1. Composition chimique des concentrés et des blocs nutritionnels

La composition chimique des concentrés et des blocs nutritionnels étudiés, est rapportée dans le tableau 24.

Tableau 24 : Composition chimique des concentrés et des blocs nutritionnels

Aliments	MS %	En % de la MS				
		MO	MAT	CB	MG	MM
Concentré annuel	90,67 ± 0,34 b	94,32 ± 0,57 ab	15,73 ± 0,26 c	12,68 ± 0,41 b	5,81 ± 0,71 a	5,68 ± 0,57 cd
Concentré d'hiver	90,69 ± 0,56 ab	95,37 ± 0,55 a	14,98 ± 0,73 c	17,82 ± 0,88 a	4,00 ± 0,49 b	4,63 ± 0,55 d
Concentré d'automne	90,98 ± 0,18 ab	94,20 ± 0,31 b	16,37 ± 0,12 b	13,61 ± 0,76 b	5,58 ± 0,16 a	5,80 ± 0,31 c
Concentré d'été	91,21 ± 0,08 a	93,97 ± 0,20 b	17,25 ± 0,55 a	17,04 ± 0,98 a	5,36 ± 0,58 a	6,03 ± 0,20 c
Bloc nutritionnel annuel	87,27 ± 0,43 c	90,24 ± 0,52 c	10,60 ± 0,36 de	8,28 ± 0,38 c	2,38 ± 0,48 cd	9,76 ± 0,52 b
Bloc nutritionnel d'hiver	87,14 ± 0,21 c	89,64 ± 0,80 cd	10,04 ± 0,39 e	6,39 ± 0,71 d	1,53 ± 0,11 e	10,36 ± 0,80 ab
Bloc nutritionnel d'automne	87,03 ± 0,19 c	88,88 ± 0,15 d	10,88 ± 0,34 d	7,27 ± 0,61 d	2,10 ± 0,04 d	11,12 ± 0,15 a
Bloc nutritionnel d'été	87,21 ± 0,15 c	89,48 ± 0,24 cd	10,95 ± 0,30 d	7,09 ± 0,35 d	2,70 ± 0,19 c	10,52 ± 0,24 ab

MS : matière sèche ; MO : matière organique ; MAT : matières azotées totales ; CB : cellulose brute ; MG : matières grasses ; MM : matières minérales.

Les valeurs suivies d'une ou de deux lettres dont l'une est commune dans la même colonne, sont comparables au seuil de 5%.

2.1.1. Teneur en matière sèche (MS)

La teneur en matière sèche (MS) des concentrés, est élevée traduisant une bonne aptitude à la conservation. Cette teneur, est comparable entre les concentrés annuel (90,67%), d'hiver (90,69%) et d'automne (90,98%) ainsi qu'entre ces deux derniers et le concentré d'été (91,21%).

Les quatre blocs nutritionnels, présentent une teneur en matière sèche comparable mais plus faible que celle des concentrés (figure 14). Elle est respectivement de 87,27 - 87,14 - 87,03 et 87,21 pour les blocs : annuel, d'hiver, d'automne et d'été. Cette teneur en MS plus faible chez les blocs, est liée à l'incorporation de la mélasse (73,7 % de MS, **INRA, 2018**). Ces valeurs, sont supérieures à celles observées par **Bouzaida et Bouhicha (2021)**, qui ont trouvé une MS de 77,9% dans un bloc contenant 30% de grignons d'olives et 27% de patte de margine. Nos résultats sont cependant comparables à ceux de **Mousli et Dahmen (2022)**, qui rapportent une MS de 85,6%.

Montcho et al., (2017), ont noté des taux de MS variables entre 78 et 89% dans des blocs fabriqués à partir de coques d'arachide, de son de maïs et de mélasse. Cela confirme que la composition, la méthode de séchage et les conditions de stockage influencent fortement la MS finale.

On peut dire donc que nos formulations (concentrés et blocs), présentent une matière sèche satisfaisante, compatible avec une bonne conservation et un usage sécuritaire en alimentation animale.

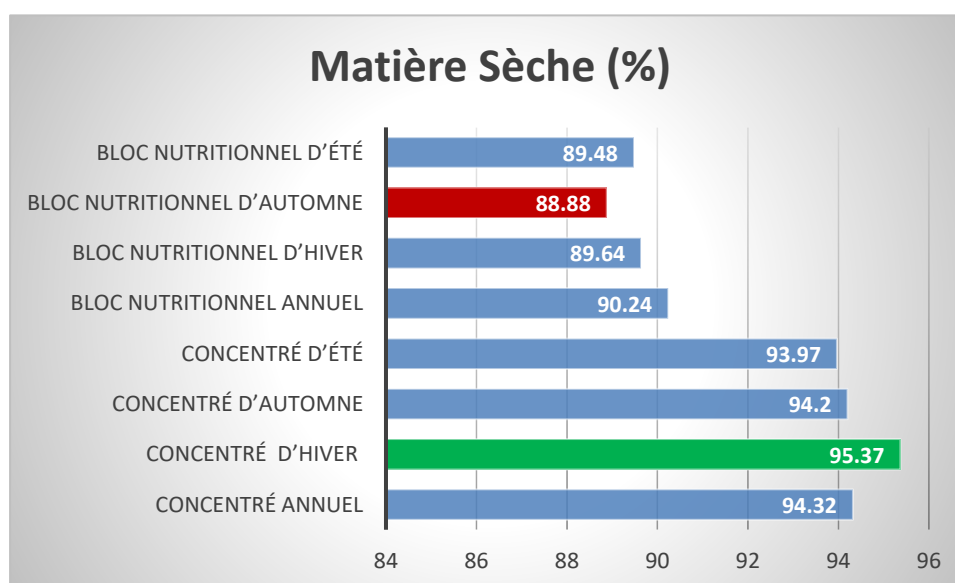


Figure 14 : Teneur en matière sèche des concentrés et des blocs

2.1.2.Teneur en matière organique (MO)

Les concentrés, présentent des teneurs en matière organique (MO) comprises entre 93,97 % (concentré d'été) et 95,37 % (concentré d'hiver) (figure 15). Ces taux très élevés sont caractéristiques des concentrés riches en nutriments et pauvres en éléments minéraux. Cette forte proportion de MO indique une bonne densité énergétique et protéique, ce qui est souhaitable pour les ruminants en production.

Concernant les blocs nutritionnels, les teneurs en MO sont plus faibles, allant de 88,88 % (bloc d'automne) à 90,24 % (bloc annuel). Cette teneur plus faible chez les blocs par rapport aux concentrés, peut s'expliquer par l'incorporation d'additifs tels que le gypse et le sel (NaCl) riches en minéraux.

Abecha et Mengaa (2007), ont rapporté une matière organique de 87,5 % dans des blocs formulés pour des chèvres laitières, ce qui reste légèrement inférieur aux valeurs obtenues dans notre étude. De même, **Montcho et al., (2016)**, ont enregistré des MO allant de 85,2 % à 88,9 % selon les formules utilisées. Les blocs développés notre essai, montrent donc des teneurs supérieures de 2 à 5 %, ce qui reflète une proportion réduite de cendres.

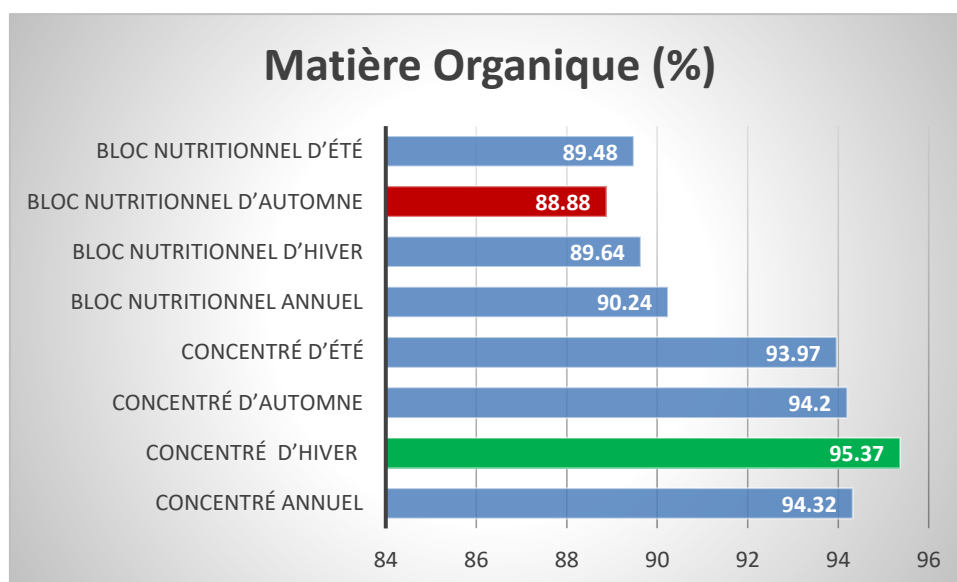


Figure 15 : Teneur en matière organique des concentrés et des blocs

2.1.2. Teneur en matières azotées totales (MAT)

Les concentrés, présentent des teneurs en matières azotées totales (MAT) plus élevées que celles des blocs ; cela est vraisemblablement due à l'incorporation de mélasse dans les blocs moins riche en MAT que les autres sous produits (5,50 %, **INRA, 2018**). Cette teneur, est comprise entre 14,98 % pour le concentré d'hiver et 17,25 % pour le concentré d'été. Ces taux s'expliquent par l'ajout de sous-produits protéiques (drêches de brasserie et gluten de maïs). Ces valeurs sont conformes aux standards pour concentrés destinés à soutenir les besoins métaboliques et énergétiques des ruminants. En effet **Sauvant et al., (2004)**, rapportent une teneur de 17 à 18 % pour un concentré classique composé de 35% de maïs, 20% d'orge, 15% de tourteaux de soja et 10% de son de blé.

Pour les blocs nutritionnels, les teneurs en MAT se situent entre 10,04 % pour le bloc d'hiver et 10,95 % pour le bloc d'été (figure 16), reflétant une formulation modérée en azote, adaptée comme complément. Cette fourchette permet un apport suffisant pour soutenir la synthèse protéique microbienne sans atteindre des niveaux excessifs, susceptibles de provoquer une surcharge azotée.

Kebede et al., (2018), ont rapporté des teneurs en MAT de 15 à 17 % dans des blocs urée-mélasse, utilisés pour les bovins laitiers, ce qui est nettement supérieur à nos résultats. **Cordão et al., (2014)**, ont mesuré des MAT de 12 à 14%, ce qui reste légèrement supérieur à ce que nous avons obtenu. Ces différences peuvent être liées à l'absence d'urée pure dans nos blocs et à l'usage limité de sous-produits riches en azote.

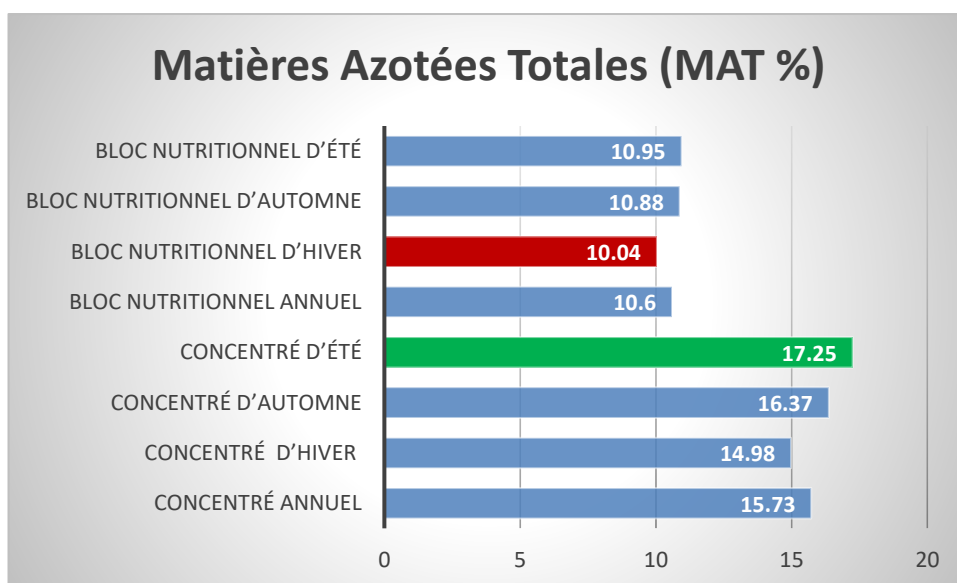


Figure 16 : Teneur en matières azotées totales des concentrés et des blocs

2.1.3. Teneur en cellulose brute (CB)

Les teneurs en cellulose brute (CB) des concentrés formulés varient entre 12,68 % pour le concentré annuel et 17,82 % pour le concentré d'hiver. Ces taux relativement élevés par rapport à un concentré classique (5 à 10%) (**Lebas et al., 2011**), s'expliquent par l'incorporation importante de sous-produits fibreux tels que le son de blé, les drêches de brasserie et les pulpes. Cette proportion de fibres contribue à stimuler l'activité ruminale, favoriser la salivation et prévenir les troubles digestifs, tout en maintenant une bonne valorisation énergétique des concentrés. Ce niveau de CB reste adapté aux régimes à base de fourrages modérés, pour assurer un bon fonctionnement digestif chez les ruminants.

Concernant les blocs nutritionnels, les taux enregistrés, sont plus faibles, variant de 6,39 % pour le bloc d'hiver à 8,28 % pour le bloc annuel (figure 17). Ces niveaux modérés facilitent la consommation tout en garantissant un apport minimal de fibres, suffisant pour soutenir la rumination. Toutefois, ces valeurs sont inférieures à celles rapportées par **Abecha et Mengaa (2007)**, qui ont observé une teneur moyenne de 11,2 % de CB dans des blocs formulés pour les chèvres laitières. De même, **Montcho et al., (2016)**, ont rapporté des valeurs comprises entre 11,3 % et 15,2 % dans des blocs à base de coques d'arachide et son de maïs au Bénin.

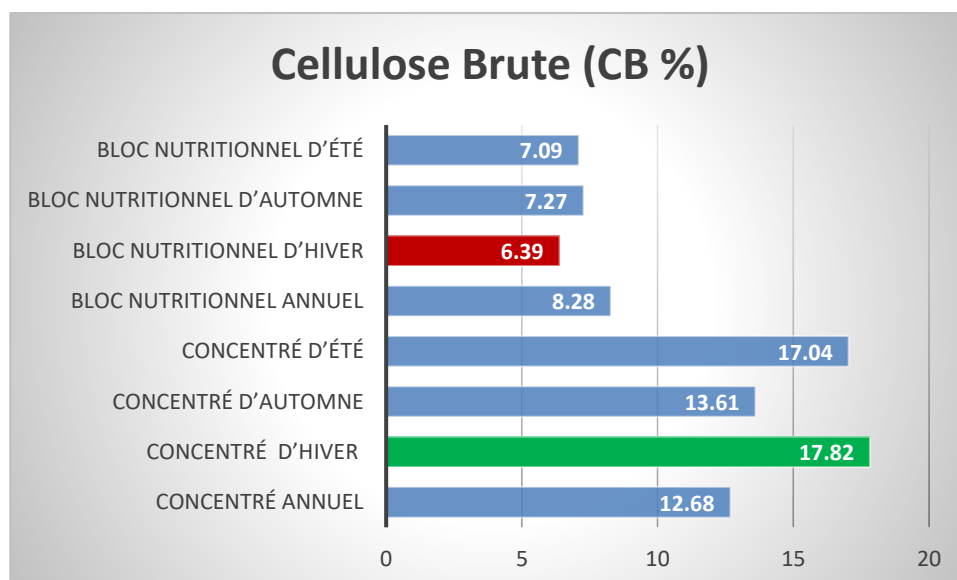


Figure 17 : Teneur en cellulose brute des concentrés et des blocs

2.1.4. Teneur en matières grasses (MG)

Les teneurs en matières grasses (MG) des concentrés formulés dans cette étude varient entre 4,00 % pour le concentré d'hiver et 5,81 % pour le concentré annuel (figure 18). Ces niveaux sont liés à la nature des sous-produits utilisés. Ces taux sont modérés, ce qui est favorable pour l'équilibre digestif des ruminants. Une teneur trop élevée en matières grasses pourrait nuire à la fermentation ruminale, alors qu'un apport modéré, comme ici, contribue à couvrir une partie des besoins énergétiques sans effet négatif.

Pour les blocs nutritionnels, les valeurs enregistrées sont plus faibles, allant de 1,53 % pour le bloc d'hiver à 2,70 % pour le bloc d'été, avec une moyenne inférieure à 2,5 %. Ces niveaux reflètent une moindre concentration en ingrédients riches en lipides, car les blocs sont souvent composés d'éléments fibreux et sucrés (mélasse, rebuts de datte...), et moins de matières concentrées en graisses.

Abecha et Mengaa (2007), ont obtenu une teneur en matières grasses d'environ 3,1 % dans leurs blocs, soit une valeur légèrement supérieure à la nôtre. De même, dans leur étude au Bénin, **Montcho et al., (2016)**, ont observé des MG comprises entre 2,9 % et 4,5 %, selon la composition du bloc. Par conséquent, les valeurs obtenues dans notre étude sont plus faibles d'environ 20 à 40 %, ce qui pourrait s'expliquer par l'absence d'huiles ou de sous-produits oléagineux.

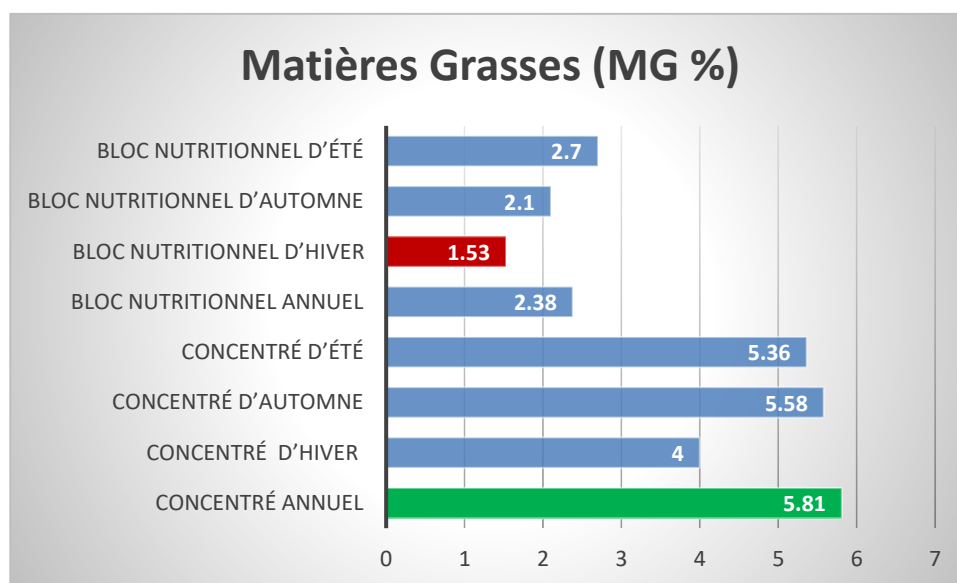


Figure 18 : Teneur en matières grasses des concentrés et des blocs

2.1.5. Teneur en Matières minérales (MM)

Les teneurs en matières minérales (résidus après combustion) des concentrés dans notre étude, se situent entre 4,63 % (concentré d'hiver) et 6,03 % (concentré d'été). Ces niveaux reflètent la nature des ingrédients employés (drêches, son, gluten, pulpes), qui apportent des cendres en quantités modérées.

En ce qui concerne les blocs nutritionnels, les taux de MM varient entre 9,76 % (bloc annuel) à 11,12 % (bloc d'automne) (figure 19). Cette teneur plus élevée s'explique par l'ajout conscient d'additifs minéraux (comme le sel et le gypse). Ces niveaux assurent un apport en macro et micro-minéraux fonctionnels pour les ruminants, utile dans des systèmes à base de fourrages pauvres.

Comparativement, **Duressa et Bersissa (2016)**, ont observé une teneur en cendres de 10,2 % dans des blocs urée-mélasse destinés à des vaches laitières en Éthiopie, proche de nos valeurs. Par ailleurs, **Furtado et al., (2018)** au Brésil, ont rapporté des teneurs en MM entre 9,5 % et 12,0 % dans des blocs enrichis avec différents liants minéraux. Ainsi, nos blocs présentent des teneurs en minéraux similaires à celles identifiées dans la littérature, confirmant que leur composition minérale est adéquate et compatible avec les bonnes pratiques de complémentation minérale.

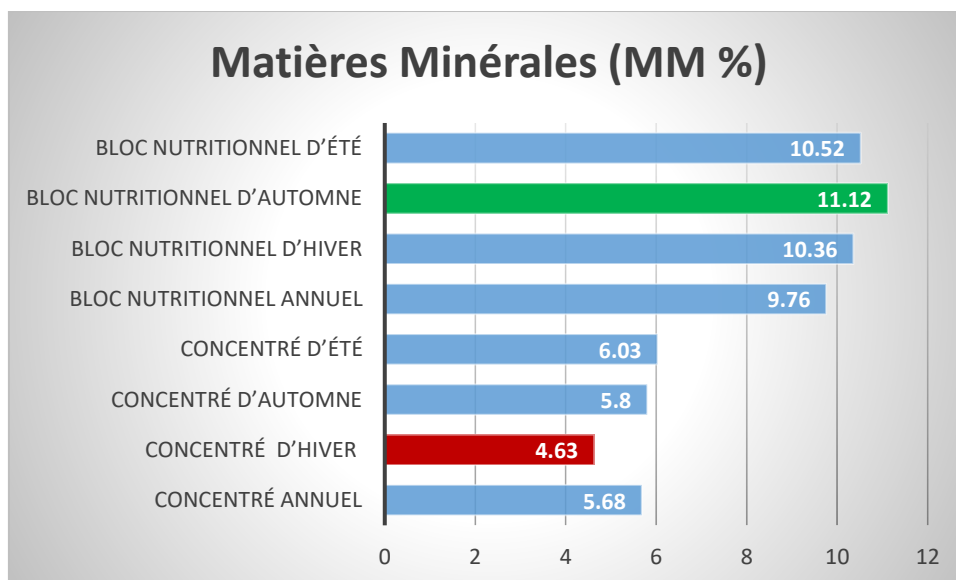


Figure 19 : Teneur en matières minérales des concentrés et des blocs

2.2. Valeurs énergétiques et azotées des concentrés et des blocs nutritionnels

Les valeurs énergétiques et azotées des concentrés et des blocs nutritionnels à base de sous-produits agro-industriels, sont rapportées dans le tableau 25.

Selon **Sauvant et al., (2021)**, Les écarts entre les différentes sous-produits, peuvent être dus aux traitements technologiques appliqués (cuisson, séchage, fermentation), qui modifient la digestibilité des composants. De plus, selon la proportion de peaux, de graines et de pulpe résiduelle, la composition chimique peut varier sensiblement.

En effet, les valeurs nutritionnelles des sous-produits agro-industriels, sont fortement dépendantes des contextes d'origine, de transformation et de conservation (**Niderkorn et al., 2023**).

Tableau 25 : Valeurs énergétiques et azotées des des concentrés et des blocs nutritionnels étudiés

Aliments	Valeurs énergétiques/kg de MS		Valeurs azotées g/kg de MS	
	UFL	UFV	PDIN	PDIE
Concentré annuel	1,07 ± 0,02 a	0,97 ± 0,02 ab	101,97 ± 1,68 b	122,10 ± 1,57 a
Concentré d'hiver	0,96 ± 0,02 b	0,85 ± 0,02 c	105,58 ± 5,19 b	116,87 ± 2,13 b
Concentré d'automne	1,05 ± 0,01 a	0,95 ± 0,02 b	97,10 ± 0,72 c	124,68 ± 1,32 a
Concentré d'été	0,99 ± 0,01 b	0,87 ± 0,02 c	115,25 ± 3,66 a	119,51 ± 0,98 b
Bloc nutritionnel annuel	1,06 ± 0,01 a	0,98 ± 0,01 ab	69,13 ± 2,33 e	100,12 ± 1,37 c
Bloc nutritionnel d'hiver	1,06 ± 0,01 a	1,00 ± 0,01 a	70,32 ± 2,73 de	101,74 ± 0,77 c
Bloc nutritionnel d'automne	1,05 ± 0,01 a	0,98 ± 0,01 ab	71,42 ± 2,21 de	101,93 ± 0,72 c
Bloc nutritionnel d'été	1,07 ± 0,01 a	1,00 ± 0,01 a	73,73 ± 2,01 d	101,59 ± 0,68 c

UFL : unité fourragère lait ; UFV : unité fourragère viande ; PDIN : protéines digestibles dans l'intestin d'origine azotée ; PDIE : protéines digestibles dans l'intestin d'origine énergétique.

Les valeurs suivies d'une ou de deux lettres dont l'une est commune dans la même colonne, sont comparables au seuil de 5%.

A cet effet, pour une utilisation optimale de ces coproduits dans l'alimentation animale, une évaluation locale, actualisée et contextualisée de leur valeur nutritive est indispensable, notamment en contexte méditerranéen où les pratiques agricoles, les

variétés cultivées et les techniques de transformation diffèrent largement des standards européens (FAO, 2020 ; Abo Omar et al. 2022).

2.2.1. Valeurs énergétiques

2.2.1.1. Valeur UFL

Les valeurs UFL (Unité Fourragère Lait) des concentrés, varient entre 0,96 (concentré d'hiver) et 1,07 UFL/kg MS (concentré annuel), ce qui reflète une bonne densité énergétique. Ces valeurs traduisent l'efficacité des formules et permettent de couvrir largement les besoins énergétiques des ruminants en production. **Sauvant et al., (2004)**, rapportent des valeurs UFL variant entre 1 et 1,05 pour un concentré classique composé de 35% de maïs, 20% d'orge, 15% de tourteaux de soja et 10% de son de blé et 0,90 à 0,95 UFL pour un concentré composé de 15% de maïs, 10% d'orge, 10% de tourteaux de soja, 10% de son de blé, 10% de drêches de brasserie, 10% de grignons d'olives, 10% de pulpes de betterave et 5% de mélasse.

Les blocs nutritionnels, présentent également des teneurs élevées en UFL, comprises entre 1,05 (bloc nutritionnel d'automne) et 1,07 UFL/kg MS (bloc nutritionnel d'été) (figure 20). Ces niveaux montrent que les blocs peuvent constituer une source d'énergie importante, notamment en complément de régimes pauvres en énergie.

Ces résultats, sont similaires à ceux rapportés par **Ayssiwede et al., (2016)**, qui ont observé des valeurs UFL comprises entre 0,95 et 1,08 UFL/kg MS dans des blocs à base de sous-produits agro-industriels. De même, **Montcho et al., (2017)**, ont rapporté des valeurs énergétiques avec des blocs allant jusqu'à 1,06 UFL/kg MS.

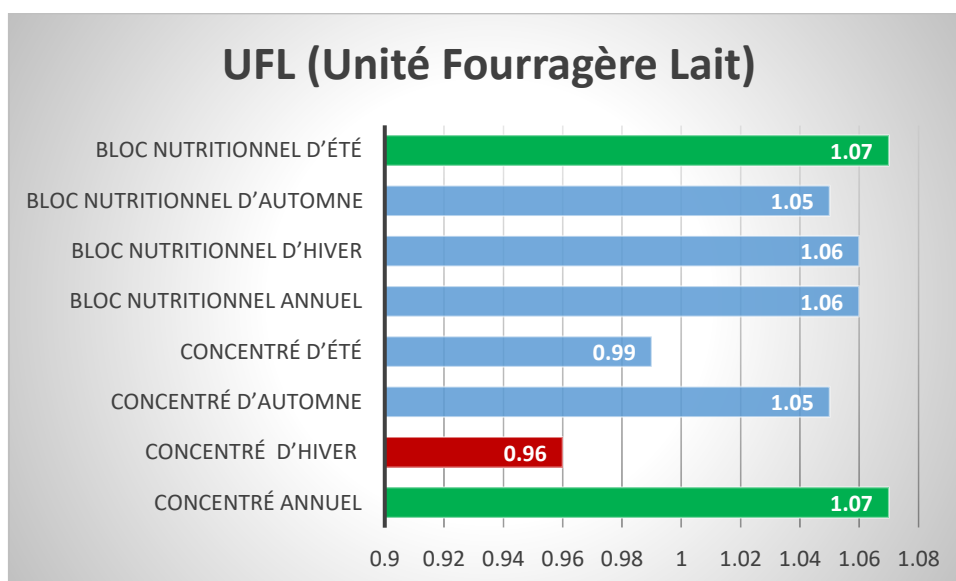


Figure 20 : Valeurs UFL/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels

2.2.1.2. Valeur UFV

Les valeurs UFV (Unité Fourragère Viande) des concentrés, sont comprises entre 0,85 (concentré d'hiver) et 0,97 UFV/kg MS (concentré annuel). Ces valeurs indiquent une bonne valeur énergétique utilisable pour les animaux à croissance rapide ou engraissement. La variation entre les formules est liée à la qualité des sous-produits utilisés qui influencent directement l'énergie métabolisable disponible pour la production de viande.

Les blocs nutritionnels, présentent également des teneurs intéressantes en UFV (0,98 à 1,00 UFV/kg MS), ce qui montre leur potentiel comme source d'énergie complémentaire. Notons que les quatre blocs, présentent des valeurs UFV comparables entre eux et avec le concentré annuel (figure 21).

Ces résultats, sont proches de ceux rapportés par **Montcho et al., (2017)**, qui ont observé des UFV comprises entre 0,95 et 1,02 UFV/kg MS avec des blocs composés de coques d'arachides, de son de maïs et de mélasse. De même, **Ayssiwede et al., (2016)**, ont trouvé des UFV de 0,96 à 1,01 UFV/kg MS.

Ainsi, les blocs testés dans notre étude, présentent une valeur énergétique viande comparable à la littérature et peuvent donc être utilisés efficacement dans les systèmes de finition ou de complémentation en zone à ressources limitées.

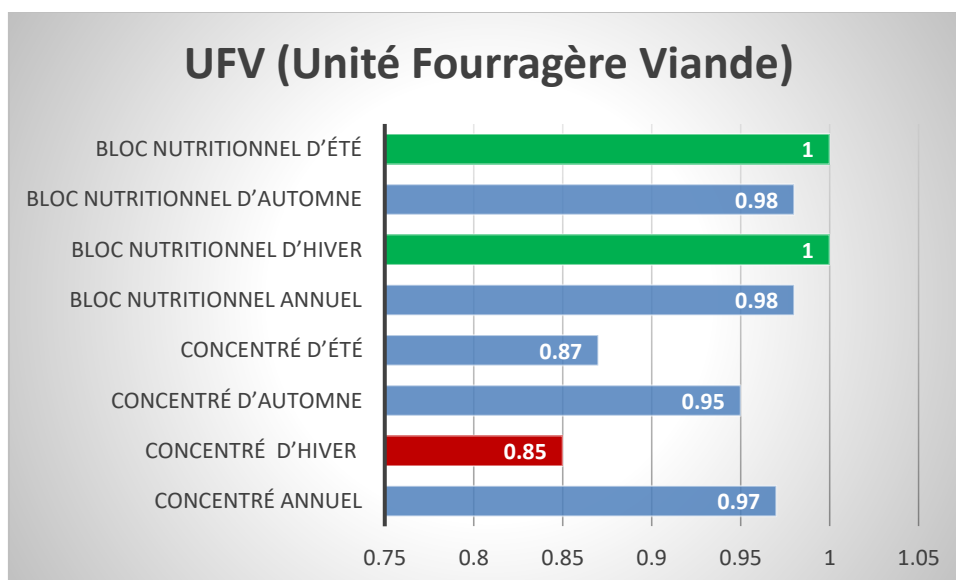


Figure 21 : Valeurs UFV/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels

2.2.2. Valeurs azotées

2.2.2.1. Valeurs PDIN

Les valeurs PDIN des concentrés étudiés, varient entre 97,10 (concentré d'automne) et 115,25 g/kg MS (concentré d'été), avec des valeurs élevées pour le concentré d'hiver (105,58 g/kg MS) et le concentré annuel (101,97 g/kg MS).. Cette richesse en PDIN, est attribuable à l'usage de sous-produits riches en azote comme les drêches de brasserie et le gluten de maïs.

Sauvant et al., (2004), rapportent des valeurs PDIN, variant entre 110 et 120 g/kg de MS pour un concentré classique composé de 35% de maïs, 20% d'orge, 15% de tourteaux de soja et 10% de son de blé et 100 à 110 g/kg de MS pour un concentré composé de 15% de maïs, 10% d'orge, 10% de tourteaux de soja, 10% de son de blé, 10% de drêches de brasserie, 10% de grignons d'olives, 10% de pulpes de betterave et 5% de mélasse.

Concernant les blocs nutritionnels, les valeurs PDIN, sont comprises entre 69,13 (bloc nutritionnel annuel) et 73,73 g/kg MS (bloc nutritionnel d'été) (figure 22). Bien que moins riches en azote digestible que les concentrés, ces blocs restent utiles comme source azotée d'appoint, notamment en période de pénurie de fourrages protéiques.

Ces résultats, s'alignent bien avec ceux obtenus par **Montcho et al., (2017)**, qui ont mesuré des teneurs en PDIN allant de 68 à 75 g/kg MS. De leur côté, **Ayssiwede et al., (2016)**, ont rapporté des valeurs comprises entre 66 et 74 g/kg MS dans des blocs enrichis en drêches, son de blé et mélasse.

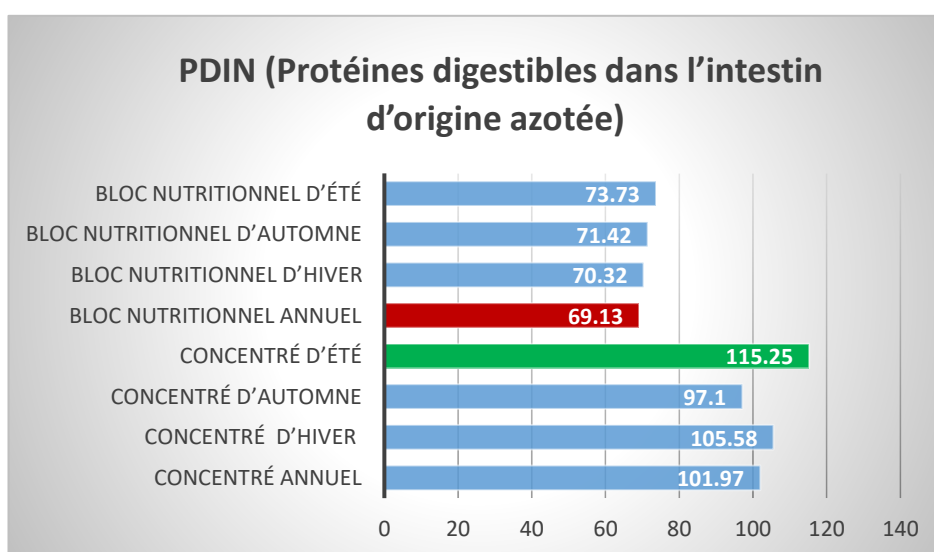


Figure 22 : Valeurs PDIN g/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels

2.2.2.2. Valeurs PDIE

Les valeurs PDIE, obtenues pour les concentrés vont de 116,87 g/kg MS (concentré d'hiver) à 124,68 g/kg MS (concentré annuel), avec des valeurs intermédiaires pour les autres formules. Ces niveaux élevés montrent que les concentrés apportent une quantité importante de protéines réellement digestibles, dont la synthèse dépend ici de la disponibilité en énergie fermentescible dans le rumen.

Pour les blocs nutritionnels, les valeurs PDIE, sont un peu plus faibles. Elles sont comparables entre les quatre formules (figure 23). Ces niveaux, restent toutefois satisfaisants, car ils témoignent d'un bon équilibre entre la disponibilité en énergie fermentescible (apportée par la mélasse, les pulpes et les rebuts) et la capacité du rumen à synthétiser des protéines microbiennes.

Ces résultats, sont comparables à ceux de **Montcho et al., (2017)**, qui ont observé des valeurs PDIE de 95 à 105 g/kg MS. De même, **Ayssiwede et al., (2016)** ont rapporté des PDIE comprises entre 98 et 104 g/kg MS dans leur blocs.

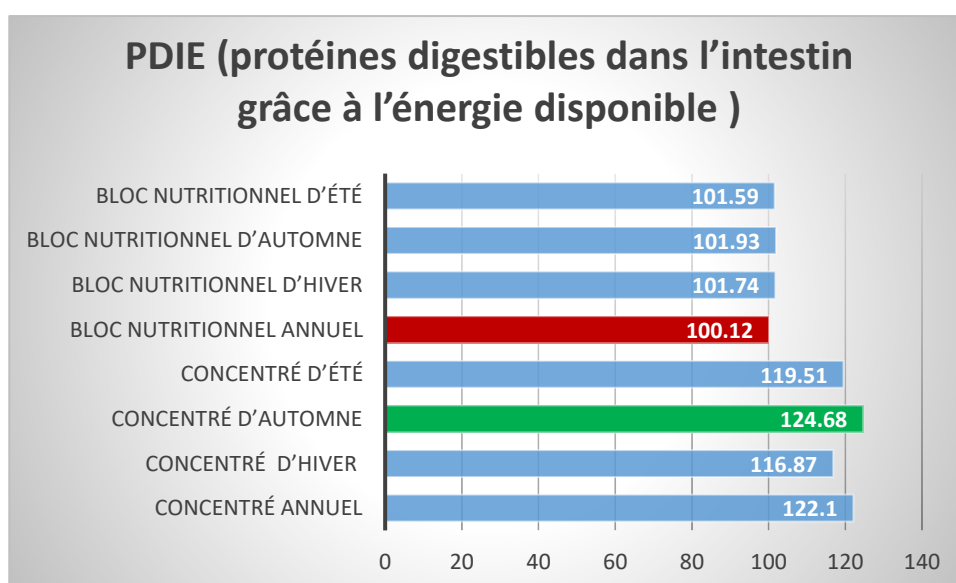


Figure 23 : Valeurs PDIE g/kg de MS des concentrés et des blocs nutritionnels

Conclusion

Conclusion

Face aux enjeux contemporains de sécurité alimentaire, de durabilité des systèmes d'élevage et de valorisation des ressources locales, la mobilisation des sous-produits agro-industriels s'impose aujourd'hui comme une voie pertinente, à la fois scientifique, économique et environnementale. Ce travail s'inscrit dans cette dynamique, en proposant une démarche expérimentale rigoureuse visant à explorer le potentiel nutritionnel de dix coproduits d'origine végétale issus des filières agroalimentaires algériennes.

L'étude a permis, dans un premier temps, de caractériser avec précision les propriétés physico-chimiques de ces sous-produits, révélant une grande hétérogénéité de composition, mais aussi une complémentarité nutritionnelle exploitable. Qu'il s'agisse des pulpes de fruits (agrumes, tomates, olives, pommes de terre), riches en fibres et sucres fermentescibles, ou des coproduits riches en azote (gluten de maïs, drêches de brasserie), chacun présente un intérêt particulier pour une utilisation ciblée en alimentation animale.

La formulation expérimentale de concentrés farineux et de blocs multi-nutritionnels (BMN) intégrant ces sous-produits a conduit à des profils nutritionnels équilibrés, respectant les standards en matière d'unité fourragère (UFL, UFV) et de protéines digestibles (PDIN, PDIE). Les résultats analytiques obtenus confirment que ces formulations peuvent constituer des alternatives crédibles aux aliments concentrés conventionnels, tout en valorisant des matières premières locales à moindre coût. Par ailleurs, les blocs nutritionnels offrent un avantage supplémentaire en termes de facilité d'usage, de conservation et de régulation de la consommation.

Au-delà des bénéfices zootechniques, cette étude met en évidence l'intérêt stratégique d'une intégration systémique de ces coproduits dans les filières d'élevage, dans une optique de développement durable. Elle répond ainsi à une triple exigence : améliorer la rentabilité des élevages, réduire la dépendance aux matières premières importées et limiter l'impact environnemental des rejets agro-industriels.

Toutefois, certaines limites doivent être soulignées. L'étude reste confinée à une échelle de laboratoire et ne prend pas en compte les performances zootechniques *in vivo*, les impacts à long terme sur la santé animale, ni les aspects économiques à grande échelle. Ces résultats, prometteurs, doivent donc être approfondis par des essais expérimentaux sur le terrain et intégrés dans une réflexion plus large sur la structuration des filières de valorisation locales.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abecha E., Mengaa H. (2007).** L'utilisation des blocs multi-nutritionnels en alimentation des chèvres laitières. Mémoire d'ingénieur, option: production animale. Université KASDIMerbah Ouargla, Algérie, 51- 79 Pp.
- Al-Dabeeb, S. N., Al-Harhi, M. A., & Bovera, F. (2018).** Animal Feed Science and Technology, *245*, 77–85.
- Alnaimy, A., Gad, A. E., Mustafa, M. M., Atta, M. A., & Basuony, H. A. M. (2022).** Animals, *12*(5), 621.
- Alvarado-Ramírez, E. R., Hernández-Sánchez, H., & García-Alvarado, M. A. (2021).** Physical properties of tomato pomace as influenced by drying methods. Journal of Food Engineering, 298, 110498.
- Arora, A., Singh, V. P., & Kumar, M. (2022).** Potato pulp valorization: A comprehensive review on nutritional composition, bioactive compounds, and techno-functional properties. Food Chemistry: X, 13, 100231.
- Association pour la Promotion de l'Élevage au Sahel et en Savane (APESS). (2015).** Projet pédagogique 1 : Les aliments pour bétail – VSPA Niveau 2. Livret de l'apprenant. Programme de Formation VSPA, Niveau 2, Version I, p55.
- Attia, Y.A., Al-Harhi, M.A., & El-Shafey, A.S. (2021).** Poultry Science, 100(3), 100924.
- Ayssiwede, S. B., Dieng, A., Bonfoh, B., & Missohou, A. (2016).** Effets de blocs multinutritionnels sur la digestibilité et la valeur alimentaire des fourrages tropicaux chez les ruminants. Revue Africaine de Santé et de Productions Animales, 14(2), 27–36.
- Bampidis, V., Robinson, P. H., & Bjelanovic, M. (2021).** Agro-industrial by-products as sustainable feed resources for ruminants: A review. Animal Feed Science and Technology, 276, 114920.
- Bampidis, V. A., & Robinson, P. H. (2006).** Citrus by-products as ruminant feeds: A review. Animal Feed Science and Technology, 128(3-4), 175-217.

- Bampidis, V. A., & Robinson, P. H. (2016).** Journal of Animal Science, *94*(3), 1123-1135.
- Ben Salem, H., & Nefzaoui, A. (2015).** Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. Small Ruminant Research, *59*(2-3), 125-138.
- Borges, C. A., Ribeiro, D. M., & Martins, C. F. (2021).** Journal of Animal Science, *99*(3), 1–12.
- Boukabous, Y et Bourezeg, N, 2025.** Étude de la valeur nutritive de quelques sous produits agro-industriels. Mémoire de master, Université de Blida 1.
- Boukid, F., Gagaoua, M., & Castellari, M. (2022).** Agro-industrial by-products valorization in North Africa: A case study of Algeria. Journal of Cleaner Production, *330*, 129801.
- Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., & Vittadini, E. (2022).** Techno-functional properties of wheat bran: From by-product to food ingredient. Food Research International, 157, 111240.
- Bouzaida, R., & Bouhicha, K. (2021).** Valorisation des déchets d'huileries d'olive dans la fabrication des blocs multi nutritionnels. Université de Ghardaïa.
- Cordão, M. A., Cezar, M. F., Cunha, M. G., Sousa, W. H., Pereira Filho, J. M., Lins, B. S., ... Nóbrega, G. H. (2014).** Efeito da suplementação com Blocos Multinutricionais sobre o desempenho e características de carcaça de ovinos e caprinos na Caatinga. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 66(6), 1762–1770. <https://doi.org/10.1590/1678-7169>.
- Del Valle, M., Cámara, M., & Torija, M. E. (2020).** Color stability of tomato by-products during storage: Role of polyphenoloxidase. Food Chemistry, 305, 125453.
- Duressa, T., & Bersissa, B. (2016).** Effects of urea-molasses multi-nutrient block supplementation on production performance of lactating Horro cows in Ethiopia. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 9(2), 53–60.
- FAO. (2021).** The State of Food and Agriculture: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fărcaș, A. C., Socaci, S. A., Nemeș, S. A., Pop, O. L., Coldea, T. E., Fogarasi, M., & Biriș-Dorhoi, E. S. (2020). An update regarding the bioactive compounds of brewer's spent grain and their potential pharmaceutical and biotechnological applications. *Molecules*, 25(23), 5722.

Ferlisi, M., Tang, S., Cappelli, A., & Trabalza-Marinucci, M. (2023). Dietary supplementation with olive oil co-products rich in polyphenols: a novel nutraceutical approach in monogastric animal nutrition. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1272274.

Fernández Bolaños, J., Rodríguez Gutiérrez, G., López, O., & Prior, A. (2022). Chemical composition of olive pulp: Moisture, lipids, carbohydrates, proteins, and phenolic compounds. *Journal of Olive and Olive By-Products Research*, X(Y), 123–134.

Filik, G., & Kutlu, H. R. (2017). Determination of nutrient values in drying citrus pulp with alternative drying methods. *Animal Husbandry, Dairy and Veterinary Science*.

Furtado, D. A., Castro, T. B. D. S., Neto, J. P. L., Constantino, R. A., Cunha, M. D. G. G., & Nascimento, J. W. (2018). Physical-mechanical properties and chemical composition of multivitamin blocks with different binders for goats and sheep. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(6), 558–563.

García, A., Rodríguez, B., Fernández, J., & López, M. (2022). Physical-chemical properties of sugar industry by-products and their applications in animal feed. *Journal of Animal Feed Science*, 31(2), 145-158.

Haris, M., Al-Hilifi, S. A., Al-Marzouqi, A. H., & Al-Marzouqi, A. H. (2023). Characterization analysis of date fruit pomace: An underutilized waste bioresource rich in dietary fiber and phenolic antioxidants. *Waste Management*, 163, 34–42.

Ikram, S., Huang, L., Zhang, H., Wang, J., & Yin, M. (2021). Composition and nutrient value proposition of brewers' spent grain. *Journal of Food Engineering*, 300, 110549.

INRA. (2018). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage

- Jiang, H., Zhang, T., Wang, L., & Chen, Z. (2022).** Color stability of potato pulp under different storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 154*, 112765.
- Johnson, R. W. (2021).** Physical and nutritional properties of cereal coproducts for animal nutrition. *Journal of Animal Science*, 99(Supplement 3), 45-46.
- Juskiw, P., Helm, J., & Salmon, D. (2020).** *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 104(2), 567–576.
- Kaur, M., Singh, N., & Kaur, S. (2021).** Physicochemical properties of potato pulp and its potential applications. *Food Bioscience*, 41, 100984.
- Kebede, G., Guteta, A., & Dereje, F. (2018).** Characterization of dairy farms, farmers' training and on-farm evaluation of urea-treated straw and urea-molasses-block (UMB) feeding on performances of lactating crossbred cows in Ada District of East Shoa Zone, Ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences*, 14(3), 81–88. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjas.2018.81.88>.
- Khan, N. A., Yu, P., Ali, M., & Cone, J. W. (2021).** Nutritional value of multi-nutrient blocks for livestock: A meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(3), 512-525.
- Kheravii, S.K., Swick, R.A., & Wu, S.B. (2021).** *Poultry Science*, 100(2), 100905.
- Knoblich, M., Do, T.-A.-T., Hensel, O., & Sturm, B. (2022).** Moisture sorption isotherms of tomato processing residues. *Drying Technology*, 40(3), 412–425.
- Lavelli, V., Corti, S., & Fiori, L. (2021).** Degradation kinetics of bioactive compounds in tomato pomace during storage. *Food Research International*, 139, 109945.
- Lee, S., Brown, T., & Wilson, K. (2023).** Technological challenges in handling and storage of viscous feed ingredients in animal nutrition. *Animal Nutrition*, 12, 89-102.
- Lenucci, M. S., Durante, M., Marrese, P. P., & Mita, G. (2020).** Microstructure and rheology of tomato pomace suspensions. *Journal of Food Science*, 85(8), 2345–2354.
- Li, Y., Wang, X., & Zhu, F. (2019).** *Poultry Science*, *98*(6), 2567-2575.
- Liu, Y., Wang, X., & Xu, S. (2020).** Cell wall polysaccharides in potato pulp: Composition and structural characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 231, 115735.

- López-Mendoza, M. A., Romero-Huelva, M., Ramos-Morales, E., & Molina-Alcaide, E. (2022).** Nutritional evaluation of citrus by-products in animal feeding: Recent advances and future perspectives. *Animal Nutrition*, 10, 234-248.
- Lu, Y., Zhang, X., Li, W., Wang, J., & Chen, G. (2023).** Mineral content of the pulp and peel of various citrus fruit cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104987.
- Lynch, K. M., Steffen, E. J., & Arendt, E. K. (2016).** Brewers' spent grain: A review with an emphasis on food and health. *Journal of the Institute of Brewing*, 122(4), 553-568.
- Lynch, M.B., Sweeney, T., & O'Shea, C.J. (2020).** *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114315.
- Maqsood, S., Adiamo, O., Ahmad, M., & Mudgil, P. (2022).** Bioactive compounds from date fruit and their by-products: Composition, extraction and applications. *Food Chemistry*, 396, 134500.
- Makkar, H.P.S. (2016).** Animal nutrition in a 360-degree view and a framework for future R&D work: Towards sustainable livestock production. *Animal Production Science*, *56*(10), 1561-1568.
- Martínez-Alvarenga, M. S., Martínez-Razo, L. D., & García-Lara, S. (2023).** Functional and technological characterization of corn processing byproducts for animal feed applications. *Animal Feed Science and Technology*, 295, 115512.
- Mehrez, A. Z., Morsy, A. S., & Soltan, Y. A. (2021).** *Poultry Science*, *100*(4), 101023.
- Molina-Alcaide, E., Yáñez-Ruiz, D. R., & Moumen, A. (2017).** *Animal Feed Science and Technology*, *225*, 109–121.
- Montcho, M. et al. (2017).** Caractéristiques physiques et nutritionnelles des blocs multi-nutritionnels au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(6).
- Montcho, M., Babatoundé, S., Aboh, A. B., Bahini, M. J. D., Chrysostome, C. A. A. M., & Mensah, G. A. (2016).** Caractéristiques nutritionnelles des blocs multi

nutritionnels fabriqués à partir des sous-produits agricoles et agro-industriels du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(6), 2634–2646.

Montcho, M., Babatoundé, S., Aboh, A. B., Bahini, M. J. D., Chrysostome, C. A. A. M., & Mensah, G. A. (2017). Caractéristiques nutritionnelles des blocs multi nutritionnels fabriqués à partir des sous-produits agricoles et agro-industriels du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(6), 2634–2646.

Mousli, N., & Dahmen, W. (2022). Valeur alimentaire d'un bloc multi nutritionnel à base de sous-produits agricoles. Université de Blida 1.

Moujahed N., Kayouli c., Raach-Moujahed Aziza. (2003). La complémentation des fourrages pauvres par les blocs multinutritionnels chez les ruminants. *Livestock Research forRural Development*, V 15,(3).

Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(7), 1264-1275.

Mussatto, S. I., Dragone, G., & Roberto, I. C. (2018). "Brewers' spent grain: A valuable feedstock for industrial applications". *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9(1), 54.

Nahimana G. (2012). Effets de la supplémentation de la méthionine et des antioxydants sur la production laitière chez les Chèvres du Sahel au Sénégal. Mémoire de Master, option: Productions Animales, Université cheikh ANTA DIOP de Dakar, 32 p.

Oliveira, A.S., Ferreira, M.A., & Vêras, R.M.L. (2018). *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4002-4015.

Patra, A. K., Saxena, J., & Sejian, V. (2017). Multi-nutrient blocks as a strategic feed supplement for sustainable livestock production. *Animal Feed Science and Technology*, 231, 101-114.

Romero-García, J. M., Fernández-Bolaños, J., López-Linares, J. C., & Ruiz, E. (2024). Recent advances in the valorization of olive by-products: Physicochemical characterization and animal feed applications. *Journal of Cleaner Production*, 434, 140123.

- Roselló-Soto, E., Koubaa, M., Saraiva, J. A., & Barba, F. J. (2023).** Sustainable valorization of olive pomace: Composition analysis and circular economy approaches. *Journal of Cleaner Production*, 384, 135612.
- Ruiz, J., Romero-García, J. M., Fernández-Bolaños, J., & López, S. (2023).** Nutritional valorization of olive by-products in ruminant feeding: From waste to resource. *Animal Feed Science and Technology*, 305, 117-130.
- Sánchez-González, M., Blanco-Rojo, R., & Vaquero, M. P. (2021).** Nutritional and functional characterization of tomato by-products for their valorization in animal feed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(12), 3941-3950.
- Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (2004).** Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA Editions <https://www.quae.com/produit/592/9782738011589/tables-de-composition-et-de-valeur-nutritive-des-matieres-premieres-destinees-aux-animaux-d-elevage>.
- Silva, L. F., Rabelo, S. C., & Costa, A. C. (2021).** Chemical characterization and potential applications of sugarcane molasses in biorefineries. *Industrial Crops and Products*, 170, 113782.
- Slama, J., Salem, A.Z.M., & Kholif, A.E. (2020).** *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114377.
- Sogi, D. S., Siddiq, M., Greiby, I., & Dolan, K. D. (2019).** Functional and physical properties of tomato pomace powders. *Food Bioscience*, 28, 1–7.
- Steiner, J., Procopio, S., & Becker, T. (2015).** Brewer's spent grain: Source of value-added polysaccharides for the food industry in reference to the health claims. *European Food Research and Technology*, 241(3), 303-315.
- Sztupecki, W., Rhazi, L., Depeint, F., & Aussenac, T. (2023).** Functional and nutritional characteristics of natural or modified wheat bran non-starch polysaccharides: A literature review. *Foods*, 12(14), 2693.
- Tisserat, B., Jones, D., & Galletta, P. D. (1990).** Juice Vesicle Populations in Citrus Fruit. *Botanical Gazette*, 151(1), 64–72.

Wadhwa, M., & Bakshi, M. P. S. (2016). Animal Feed Science and Technology, 219, 222–231.

Wang, X., Li, Y., Liu, Y., Wang, J., & Chen, Z. (2022). Nutritional evaluation and applications of corn gluten meal in animal feed. Animal Feed Science and Technology, 285, 115215.

Wang, X., Li, Y., Liu, Y., Wang, J., & Chen, Z. (2022). Nutritional evaluation and applications of corn gluten meal in animal feed. Animal Feed Science and Technology, 285, 115215.

Zhang, G., Zhao, X., & Li, Y. (2021). Microstructural characterization of fresh potato pulp. Food Structure, 28, 100175.

Zhang, R., Liu, G., & Yang, Y. (2021). Journal of Dairy Science, *104*(3), 3025-3036.

Zhang, Y., & Liu, K. (2023). Handling, storage, and flow characteristics of plant protein ingredients. Powder Technology, 415, 118093.

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

chapitre1 : Caractéristiques physico-chimiques des sous produits agro industriels.....4

1. Caractéristiques physico-chimiques des sous produits agro industriels.....4

1.1. Les pulpes d'agrumes.....4

1.2. Les pulpes d'olives.....5

1.3. Les grignons d'olives.....5

1.4. Les pulpes de tomates.....6

1.5. Les pulpes de pomme de terre.....7

1.6. Les rebuts de dates.....7

1.7. Les drêches de brasserie.....8

1.8. Le gluten de maïs.....9

1.9. Le son de blé.....9

1.10. La mélasse.....	10
2. Utilisation des sous produits agro-industriels en alimentation animale.....	11
2.1. Utilisation des pulpes d'agrumes en alimentation animale.....	11
2.2. Utilisation des pulpes d'olives en alimentation animale.....	12
2.3. Utilisation des grignons d'olives en alimentation animale.....	12
2.4. Utilisation des pulpes de tomates en alimentation animale.....	12
2.5. Utilisation des pulpes de pomme de terre en alimentation animale.....	13
2.6. Utilisation des rebuts de dattes en alimentation animale.....	13
2.7. Utilisation des drêches de brasserie en alimentation animale.....	14
2.8. Utilisation du gluten de maïs en alimentation animale.....	14
2.9. Utilisation du son de blé en alimentation animale.....	15
2.10. Utilisation de la mélasse en alimentation animale.....	15
3. Les blocs multi-nutritionnels : un mode d'utilisation des sous produits agro-industriels.....	16
3.1. Définition des blocs multi-nutritionnels.....	16
3.2. Objectifs des blocs multi-nutritionnels.....	16
3.3. Principe de fabrication et formulation des BMN.....	16
3.3.1. Formulation des blocs multi-nutritionnels.....	17
3.4. Utilisation des blocs multi-nutritionnels dans l'alimentation des animaux.....	18
3.5. Effets des blocs multi-nutritionnels dans l'alimentation animale.....	19

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 1 :Matériels et Méthodes

1. Matériel et methods.....	22
1.1. Objectif expérimental.....	22
1.2. Lieu de l'expérimentation.....	22

1.3. Aliments.....	22
1.3.1. Les sous produits.....	22
1.3.1.1. Les pulpes de tomates.....	23
1.3.1.2. Les pulpes d'agrumes.....	23
1.3.1.3. Les pulpes de pomme de terre.....	23
1.3.1.4. Les pulpes d'olives.....	24
1.3.1.5. Les grignons d'olives.....	24
1.3.1.6. Les rebuts de dates.....	24
1.3.1.7. Les drèches de brasserie.....	24
1.3.1.8. Le gluten de maïs.....	25
1.3.1.9. Le son de blé.....	25
1.3.1.10. La mélasse de canne.....	25
1.3.2. Valeur nutritive des sous produits.....	26
1.3.3. Formulation des concentrés et des blocs nutritionnels à base de sous produits agro-industriels.....	26
1.3.3.1. Concentrés farineux.....	27
a) Concentré farineux annuel.....	28
b) Concentré farineux d'Automne.....	28
c) Concentré farineux d'Hiver.....	29
d) Concentré d'été.....	29
1.3.3.2. Blocs nutritionnels.....	30
a) Blocs nutritionnels annuel.....	31
b) Blocs nutritionnels d'automne.....	31
c) Blocs nutritionnels d'Hiver.....	32
d) Blocs nutritionnels d'Eté.....	33

1.4. Méthodes d'analyses chimiques.....	34
1.4.1- Détermination de la matière sèche (MS).....	34
1.4.2. Détermination des matières minérales (MM)....	34
1.4.3. Détermination de la matière organique (MO).....	35
1.4.4. Détermination de la cellulose brute (CB).....	35
1.4.5. Détermination des matières azotées totales (MAT).....	35
1.4.5.1. Minéralisation.....	35
1.4.5.2. Distillation.....	36
1.4.6. Détermination des matières grasses (MG).....	36
1.5. Calcul de la valeur nutritive.....	37
1.5.1 Équations de prévision de la valeur énergétique.....	37
1.5.2 Équations de prévision de la digestibilité de la MO (dMO).....	37
1.5.3 Équations de prévision de la digestibilité de l'énergie (dE)....	37
1.5.4 Calculs des valeurs énergétiques.....	38
1.5.5 Équations de prévision de la Dégradabilité théorique des MAT de l'aliment dans le rumen (DT).....	38
1.5.6 Équations de prévision de la digestibilité réelle des acides aminés alimentaires dans l'intestin grêle (dr).....	38
1.5.7 Calculs des valeurs azotées (g / Kg).....	39
1.6. Calculs statistiques.....	39
Chapitre 2 : Résultats et discussions	
2. Résultats et discussion.....	41
2.1. Composition chimique des concentrés et des blocs nutritionnels.....	41
2.1.1. Teneur en matière sèche (MS).....	42
2.1.2.Teneur en matière organique (MO).....	43

2.1.2. Teneur en matières azotées totales (MAT).....	44
2.1.3. Teneur en cellulose brute (CB).....	45
2.1.4. Teneur en matières grasses (MG).....	46
2.1.5. Teneur en Matières minérales (MM).....	47
2.2. Valeurs énergétiques et azotées des concentrés et des blocs nutritionnels.....	48
2.2.1. Valeurs énergétiques.....	49
2.2.1.1. Valeur UFL.....	49
2.2.1.2. Valeur UFV.....	50
2.2.2. Valeurs azotées.....	51
2.2.2.1. Valeurs PDIN.....	51
2.2.2.2. Valeurs PDIE.....	52
Conclusion.....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	57



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SAAD DAHLEB-BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ECOLOGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Production et Nutrition Animale

THEME

**Formulation des blocs nutritionnels à base de sous-
produits agro-industriels**

Présenté par :

DJIDJELI Abdessalem

Devant le jury :

Mme OUAKLI K.	MCA	USDB1	Président de jury
Mr BENCHERCHALI M.	MCA	USDB1	Promoteur
Mme MAAMRI Y.	Doctorante	USDB1	Co-promotrice
Mme BOUBEKEUR S.	MCB	USDB 1	Examinatrice

Boubek

Année universitaire : 2024 – 2025