

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Docteur Vétérinaire

Etude de la valeur nutritive du tourteau de la figue de barbarie chez le lapin

Présenté par :

MAROUF Rafik

KAHLERRAS Nabil

Soutenu le : 12 / 07 / 2023

Devant le jury composé de:

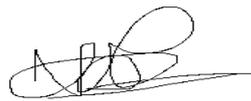
- | | |
|---------------------------------|--------------------------|
| - Présidente : Dr Benali Nadia | Grade : MCA, ENSV, Alger |
| - Promoteur : Dr Belabbas Rafik | Grade : MCA, ENSV, Alger |
| - Examineur: Pr Mimoune Nora | Grade: MCA, ENSV, Alger |

Année universitaire : 2022 / 2023

Déclaration sur l'honneur

Nous soussignées KEHLERRAS Nabil et MAROUF Rafik, déclarons d'être pleinement conscientes que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour écrire ce mémoire

Signatures



Dédicaces

C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que nous dédions ce modeste travail de fin d'étude à nos chers parents, qui ont sacrifié leur vie pour nous voir réussir la nôtre et qui nous ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. Nous espérons qu'un jour nous pourrions leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour nous, qu'Allah leur prête bonheur et longue vie.

Nous le dédions également à nos sœurs et à nos chers frères.

À nos amis de l'ENSV, surtout à l'équipe : Aymen badreddin, Bouarfa Abdelmalek, Zahir Zidane, Oualid Meghrabi, Zini Mohammed Bilal, Raouf Haryouch, Meghazi Mohammed El Amine, Boussaha Mokhlis.

À tous les professeurs qui nous ont enseignés durant notre cursus et à tous ceux qui nous sont chers

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu, Dieu le Miséricordieux qui nous a agréées l'achèvement ce travail.

Nous remercions vivement notre promoteur **Dr Belabbas**, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail et nous avoir soutenues, pour ses enseignements, ses précieux conseils, sa disponibilité et sa gentillesse. Veuillez croire en notre profond respect.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury **Dr Benali** et **Pr Mimoune** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leur propositions.

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont participé à ce mémoire en tant que participants ou en fournissant des ressources et des données essentielles à nos recherches. Leur contribution a été inestimable et a permis de consolider nos résultats.

Cette étude a pour objectif de déterminer la valeur nutritive du tourteau de la figue de barbarie chez le lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*). Au total, nous avons utilisé 24 lapins pour le test de l'appétibilité du tourteau de la figue de barbarie. Les lapins sont logés dans des cages individuelles et sont réparties par alternance dans un moules d'engraissement. Ils ont reçu le tourteau de la figue de barbarie concassé en petits morceaux. L'appétibilité du tourteau de la figue de barbarie a été mesurée pendant 6 jours. Pour étudier le bilan digestif, le tourteau de la figue de barbarie a été incorporé dans un aliment standard pour lapins à deux taux, 10% et 20%. Trois groupes de lapins ont été formés (n = 7 par groupe) : groupe T0 (Témoin recevant un aliment standard), groupe T10% (recevant un aliment à 10% de tourteau de la figue de barbarie) et le groupe T20% (recevant un aliment à 20% de tourteau de la figue de barbarie). Après une adaptation au régime alimentaire pendant 7 jours, en une collecte quotidienne à la même heure, individuelle et totale des fèces durant quatre jours consécutifs. Le poids vif moyen des lapins a diminué progressivement entre le début et la fin de la période du test d'appétibilité et ceci pour les deux lots de lapins. Cette diminution est de 7% et 11% pour les lapins nourris avec le tourteau 2021 et 2022, respectivement. Les lapins des deux lots expérimentaux ont consommé de faibles quantités de tourteau (en moyenne, 47g pour le tourteau 2021 et 60g pour le tourteau 2022). Nous avons noté une perte du poids entre le premier et le dernier jour (25 g pour le lot FB 2021 et 33g pour le lot FB 2022). L'analyse statistique a révélé que les coefficients d'utilisation digestive n'ont pas été affectés par les régimes expérimentaux. Concernant la valeur nutritive des trois régimes, nous avons rapporté que l'énergie digestible est plus élevée avec le régime T0 en comparaison à celui des autres aliments (T0 : 2987 Kcal/kg MS vs T10% : 2718 Kcal/kg MS et T20% : 2624 Kcal/kg MS). Quant aux protéines digestibles, nous avons constaté que les animaux du lot T0 ont mieux digéré les protéines brutes par rapport aux animaux du lot T10% et T20% (12,64 g vs 9,24 et 8,5, p<0,05). En conclusion, le tourteau du Figuier de Barbarie peut être considéré comme une bonne source de fibres.

Mots clés : Aliment, digestibilité, figue de barbarie, lapin.

The aim of this study was to determine the nutritional value of prickly pear cake in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). A total of 24 rabbits were used to test the palatability of prickly pear cake. The rabbits were housed in individual cages and rotated through a fattening mould. They were fed prickly pear cakes crushed into small pieces. The palatability of the prickly pear cake was measured for 6 days. To study the digestive balance, prickly pear cake was incorporated into a standard rabbit feed at two rates, 10% and 20%. Three groups of rabbits were formed (n = 7 per group): group **T0** (Control receiving a standard diet), group **T10%** (receiving a diet with 10% prickly pear cake) and group **T20%** (receiving a diet with 20% prickly pear cake). After adaptation to the diet for 7 days, individual and total faeces were collected at the same time each day for four consecutive days. The average live weight of the rabbits decreased progressively between the beginning and end of the palatability test period for both batches of rabbits. This decrease was 7% and 11% for rabbits fed with meal 2021 and 2022, respectively. The rabbits in the two experimental batches consumed small quantities of meal (on average 47g for meal 2021 and 60g for meal 2022). We noted a weight loss between the first and last day (25g for batch FB 2021 and 33g for batch FB 2022). Statistical analysis revealed that the digestive utilisation coefficients were not affected by the experimental diets. Regarding the nutritional value of the three diets, we reported that digestible energy was higher with the T0 diet compared with the other feeds (T0: 2987 Kcal/kg DM vs T10%: 2718 Kcal/kg DM and T20%: 2624 Kcal/kg DM). As for digestible protein, we found that animals in batch T0 digested crude protein better than animals in batches T10% and T20% (12.64 g vs 9.24 and 8.5, $p < 0.05$). In conclusion, prickly pear cakes can be considered a good source of fibre.

Key words: *Feed, digestibility, prickly pear, rabbit.*

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد القيمة الغذائية لدقيق حبوب التين الشوكي في الأرانب الاليفة (*Oryctolagus cuniculus*). في المجموع، استخدمنا 24 أرنبًا لاختبار شهية دقيق حبوب التين الشوكي. تم وضع الأرانب في أقفاص فردية وتم توزيعها بالتناوب في قوالب للتسمين. تلقت الأرانب دقيق حبوب التين الشوكي المفتت إلى قطع صغيرة. تم قياس شهية دقيق حبوب التين الشوكي لمدة 6 أيام لدراسة التوازن الهضمي، تم دمج دقيق حبوب التين الشوكي في طعام قياسي للأرانب بنسبتين 10% و 20% تم تشكيل ثلاث مجموعات من الأرانب (ن=7 لكل مجموعة) المجموعة TO (مجموعة شاهد تتلقى طعامًا قياسيًّا)، المجموعة T10% (تلقي طعامًا بنسبة 10%) من دقيق حبوب التين الشوكي والمجموعة T20 (تلقي طعام بنسبة 20% من دقيق حبوب التين الشوكي). بعد التكيف مع النظام الغذائي لمدة 7 أيام، تم جمع البراز اليومي في نفس الوقت ولمدة أربعة أيام متتالية انخفض الوزن المتوسط للأرانب تدريجياً بين بداية ونهاية فترة اختبار الشهية لكلا الدفعتين من الأرانب. كان هذا الانخفاض 7% و 11% على التوالي للأرانب التي تغذت على دقيق حبوب 2021 و 2022. استهلكت الأرانب في الدفعتين التجريبتين كميات قليلة من دقيق حبوب التين الشوكي (في المتوسط، 47 جرامًا دقيق حبوب 2021 و 60 جرام دقيق حبوب 2022). لاحظنا فقدان الوزن بين اليوم الأول والأخير (25) جرامًا دقيق حبوب التين الشوكي دفعة 2021 و 33 جرامًا دقيق حبوب التين الشوكي (2022). كشف التحليل الإحصائي أن معاملات الاستخدام الهضمي لم تتأثر بالنظم التجريبية فيما يتعلق بالقيمة الغذائية لثلاثة أنظمة، أفادت النتائج بأن الطاقة الهضمية أعلى مع النظام TO مقارنة بالأنظمة الأخرى (T0 2987 سعرة حرارية / كغ كتلة جافة مقابل T100: 2718 سعرة حرارية / كغ كتلة جافة مقابل T20: 2624 سعرة حرارية / كغ كتلة جافة). أما بالنسبة للبروتينات الهضمية، فقد لوحظ أن الحيوانات في الدفعة TO هضمت البروتينات الخام بشكل أفضل مقارنة بالحيوانات في الدفعة T10% (12.64) T20% (9.24 جم مقابل 8.5 و 0.05 > P). في الختام، يمكن اعتبار دقيق حبوب التين الشوكي مصدرًا جيدًا للألياف.

الكلمات المفتاحية: طعام، قابلية الهضم، التين الشوكي، أرنب.

N°	Titre	Page
01	Distribution géographique du figuier de barbarie	05
02	Des champs de figue de barbarie à Kesserine en Tunisie	05
03	Raquette du figuier de Barbarie	07
04	Fruit de figue de barbarie	07
05	Fleur du figuier de Barbarie	09
06	Quelques produits dérivés de la pulpe de figue de barbarie	11
07	Huile de figue de barbarie	12
08	L'utilisation des fleurs séchées	12
09	Fleurs de figue de barbarie naturelles et après séchage	13
10	Jeune raquette (cladodes) avec des épines	14
11	Poudre de raquette de figue de barbarie	17
12	Lapin de la souche blanche	19
13	Bâtiment d'élevage cunicole	20
14	La répartition des lapins expérimentaux	20
15	Dispositif de récolte de crottes	21
16	Digestibilité de la matière sèche	22
17	Schéma des prélèvements pour l'évaluation du bilan digestif	23
18	Séchage des échantillons pour les différentes analyses chimiques	24
19	Evolution du poids moyen des lapins	25
20	Evolution de la consommation alimentaire moyenne	26
21	Evolution du gain moyen quotidien	26

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Composition chimique et valeur nutritive des raquettes de cactus	16
02	Composition chimique des tourteaux	27
03	Composition chimique des aliments expérimentaux	27
04	Effet de la substitution du tourteau de figue de barbarie sur les coefficients d'utilisation digestive chez le lapin de population blanche	28

Dédicaces

Remerciements

Résumé

Abstract

Résumé en arabe

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction..... 01

Partie bibliographique

Chapitre I : Les Cactées et la figue de barbarie 03

I. Définition..... 03

II. La figue de barbarie03

III. Origine et diffusion..... 04

IV. Description morphologique des différentes parties de la plante 06

IV.1. Raquette et épines (Cladode)...06

IV.2. Fruit 07

IV.2. Fleur.....08

IV.3. Graine 09

IV.4. Feuille (cladode)...09

IV.4. Appareil racinaire 09

Chapitre II : Usage de la figue de barbarie 11

I. Applications agro-alimentaire et pharmaceutiques... 11

I.1. Pulpe de figue de barbarie 11

I.2. Huile de graines de figue de barbarie 11

I.3. Farine de graine figue de barbarie..... 12

I.4. L'utilisation des fleurs séchées... 12

I.5. Utilisation de cladodes 13

I.6. Extraction des colorants..... 14

I.7. Usage médical 14

II. L'utilisation de la plante dans l'alimentation des animaux	15
II.1. Production de fourrage à partir les raquettes... ..	15
II.2. Poudre de Nopal de figue de barbarie	17
II.3. Tourteaux de la graine de la figue de barbarie	17
Matériel et méthodes	19
I. Objectif	19
II. Matériel et méthodes	19
II.1. La période d'étude	19
II.2. Les animaux.....	19
II.3. Le bâtiment d'élevage	19
II.4. La conduite expérimentale	20
II.4.1. Le test de l'appétibilité du tourteau de la figue de barbarie.....	20
II.4.2. Etude de la valeur nutritive du tourteau de la figue de barbarie	21
II.4.2. L'analyse des échantillons	23
III. Analyses statistiques... ..	24
I. Résultats et discussion	25
I. Test d'appétibilité.....	25
I.1. Evolution du poids des animaux	25
I.2. Evolution de l'ingéré alimentaire.....	25
I.2. Evolution du gain moyen quotidien... ..	26
II. Etude de la valeur nutritive... ..	26
II.1. Composition chimique des tourteaux.....	26
II.2. Composition chimique des régimes expérimentaux	27
II.3. Coefficients d'utilisation digestive et valeur nutritive... ..	28
Conclusion et perspectives	29
Références bibliographiques	

En Algérie, le coût des matières importées pour l'alimentation animale est de 1,2 milliard de dollars (AlgérieEco, 2021). Sur le plan international, les prix de ces matières premières augmentent, affectant négativement le prix de la viande sur le marché national. Pour faire face à cette situation de dépendance, il est nécessaire de diversifier et valoriser les ressources agricoles locales, particulièrement chez les espèces en élevage hors sol, telle que le lapin.

Parmi ces ressources locales, le cactus ou figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) encore sous exploité en Algérie comparativement aux pays voisins (Tunisie et Maroc), commence à susciter de l'intérêt depuis quelques années. Ainsi, en 2019, la filière cactus a vu le jour (JORADP, Mai 2019), regroupant plusieurs associations, accompagnées par la communauté scientifique (INRAA, Universités, laboratoire de recherche). Aussi plusieurs travaux scientifiques ont été initiés à des fins médicinales (Dedaf et Benkahoul, 2019), pharmacologiques et cosmétique (Halmi, 2015).

En Algérie, la culture du figuier de barbarie (cactus) sert comme haies de délimitation, ou bien pour la consommation de ses fruits en frais. Lors de cette dernière décennie, son intensification a été remarquable au niveau de la steppe, permettant de créer des emplois, du moment qu'elle présente une large gamme de produits à savoir : l'huile de la graine de la figue de Barbarie, la farine de la graine, la pulpe, les fleurs sèches et la poudre des cladodes. En Algérie, la surface de la culture du cactus est estimée à 120 000 ha dont 52 000 ha sont destinés à la culture intensive, bien loin de celle de la Tunisie qui compte 500 000 ha.

Le cactus est une culture qui se trouve dans toutes les régions d'Algérie, mais sa particularité réside dans sa résistance à un environnement aride et semi-aride (Sahoo et al., 2017). En effet, cette culture ne nécessite pas de sources importantes en eau, ni de traitements spécifiques. Du point de vue économique, le cactus est intéressant pour son usage en alimentation du bétail, entre autres. Cultivée comme espèce fourragère dans plusieurs pays, les raquettes sont particulièrement appréciées par les éleveurs (Arba, 2009). Aussi, les fruits de cactus non commercialisables pour la consommation humaine peuvent être utilisés dans l'alimentation des ruminants. Du point de vue de la composition chimique, les raquettes du cactus, le fruit et la pulpe du fruit sont riches en eau, en glucides, en lipides, en fibres et en éléments minéraux (Abidi et Bensalem, 2010).

Par ailleurs, l'extraction de l'huile à partir des graines de cactus donne un tourteau de qualité nutritionnelle appréciable pouvant être utilisé dans l'aliment de la volaille et du lapin. Plusieurs travaux montrent que l'huile issue des graines, riche en acide linoléique, comprend des composés ayant des effets antioxydant, antiinflammatoire et antibactérien (Brahmi *et al.*, 2020). Plusieurs études, notamment sur le poulet et le lapin se sont penchées sur les produits et sous-produits du figuier de barbarie en tant que complément alimentaire en substitution au maïs et à l'orge (Reguab, 2007).

L'objectif de notre travail est de déterminer la valeur nutritive du tourteau de la figue de barbarie chez le lapin.

Pour cela, notre mémoire s'articule en deux parties :

La première partie est une revue bibliographique où nous allons aborder, dans un premier temps, les caractéristiques de cactacées et de la figue de barbarie. Dans un second temps, l'utilisation de la figue de barbarie dans différents domaines sera étudiée.

La deuxième partie est l'étude expérimentale où nous allons présenter la méthodologie de l'étude, une analyse des résultats obtenus et une discussion générale et on terminera par une conclusion générale qui permettra d'ouvrir sur quelques recommandations et perspectives.

Chapitre I : Les Cactées et la figue de barbarie.

I. Définition :

La famille des cactées appartient aux plantes grasses. Elles ont la capacité de survivre sur leurs réserves durant une période de sécheresse temporaire grâce à un système de stockage de l'eau. Dans une situation similaire, la plupart des autres plantes dépériraient et mourraient par manque d'eau (Mace, 2003).

Leur aspect souvent étrange est lié aux mutations qu'elles ont mises au point pour stocker l'eau dans leurs tiges, leurs feuilles ou leurs racines qui sont très charnues. D'autres évolutions plus importantes ont permis d'augmenter les réserves d'eau en réduisant l'évaporation. Elles présentent souvent un épiderme soit charnu, soit couvert de poils ou d'une couche cireuse qui réduit l'évaporation. Le revêtement dense en épines joue un rôle décisif et limite les effets de la chaleur solaire intense en fournissant une ombre partielle à la plante. Les cellules de ces plantes supportent de grandes variations de leur teneur en eau que les autres plantes « normales » (Mace, 2003).

II. La figue de barbarie :

Le figuier de Barbarie, est un arbre originaire des régions arides et semi-arides du Mexique (El Mannoubi *et al.*, 2008). L'introduction du cactus en Afrique du Nord a été favorisée par l'expansion Espagnole durant le seizième et dix-septième siècle et aussi par le retour des Maures vers leur terre natale quand ils ont finalement été expulsés d'Espagne en 1610. Ils emmenèrent avec eux « l'arbre à figue Indien » avec ses fruits succulents et le plantèrent autour de leurs villages (Diguët, 1928).

Historiquement, l'introduction du cactus en Algérie a été similaire à celle du Maroc et de la Tunisie. Aujourd'hui, les zones dédiées à la culture de l'*Opuntia* s'étendent sur plus de 30 000 ha dont 60% dans la municipalité de Sidi-Fredj (45 km au nord de Souk Ahras) et le reste à Ouled Mimoune, Taoura, Dréa et Ouilène (Huffpost Algérie, 2015).

A l'origine, la zone a été étendue par le Haut-Commissariat pour le développement de la Steppe, la Direction des Services Agricoles et la Conservation des Forêts pour contrôler la

progression du désert (Belgacem, 2012). Dans le nord, *O. ficus-indica* est utilisé comme clôture autour des maisons et des petites villes ; les clôtures de plantes sont aussi utilisées pour la production de fruits et, en saison sèche, comme source de fourrage. Les fruits sont récoltés dans des plantations naturelles et sont utilisés pour la consommation humaine ou vendus sur les marchés locaux. Dans le sud, les cladodes d'*Opuntia* émergent comme aliment pour les petits ruminants et les dromadaires.

Des séminaires internationaux ont été organisés en Algérie depuis 2013 et des experts mexicains aident les agriculteurs algériens à améliorer les rendements en identifiant les "variétés les plus avantageuses" à cultiver. Selon l'association nationale pour le développement du cactus (née en 2013), une première unité de production a ouvert dès 2015 à Souk Ahras, dédiée aux huiles, vinaigres et jus. Dans cette région, la transformation du cactus a fait émerger une économie familiale qui offre aux femmes, souvent employées pour la récolte, une indépendance financière et aux jeunes un espoir d'avenir.

En Mai 2019, le ministère Algérien de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche a officiellement déclaré la plante comme filière agricole autonome. Ceci va permettre l'élaboration et l'amélioration des stratégies de développement des cultures de la plante. La plantation de figuiers de barbarie permet de lutter contre l'érosion hydrique et éolienne, régénère les sols épuisés et les stabilise, résistante au feu, elle est aussi un obstacle contre la propagation d'incendies chaque partie de la plante est un excellent fertilisant. La multiplication du figuier de Barbarie peut se faire soit par semis, soit par bouture. Dans les plantations fruitières, il sera planté en poquet, en lignes espacées et à intervalles de trois à quatre mètres.

III. Origine et diffusion :

La plante originaire du Mexique et qui est maintenant cultivée un peu partout dans le monde (**Figure 1**).

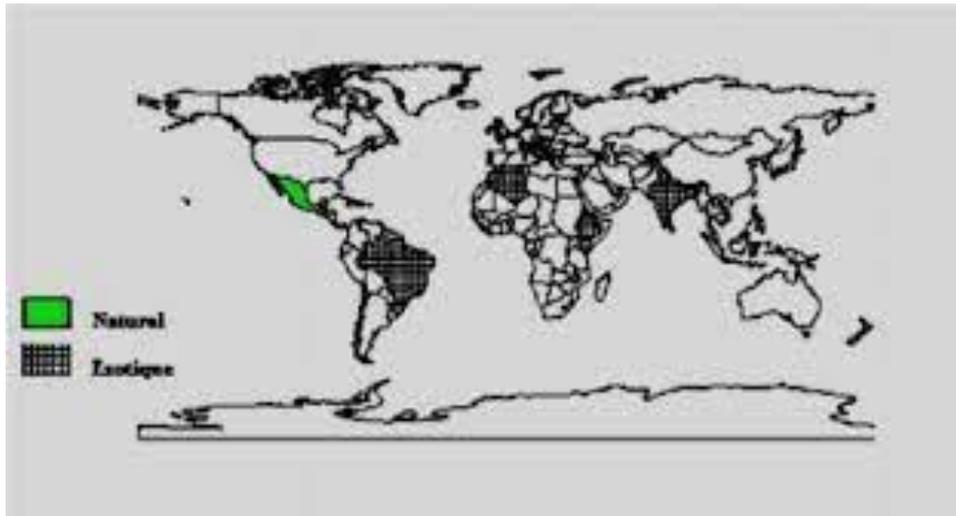


Figure 01 : Distribution géographique du figuier de barbarie (NEFFAR, 2012).

C'est une plante arborescente robuste, annuelle et épineuse, ce qui fait que sa récolte est difficile. Elle pousse dans les zones arides et semi-arides et elle a une large faculté d'adaptation pour des différents sols (**Figure 2**). Figuier de Barbarie ou *Opuntia ficus-indica*, se propagent par multiplication asexuée, effectuée par bouturage, ou sexuée à travers les semis de graines.

Une culture *in vitro* est possible en cas de recherche ou d'insuffisance de matériel végétal à multiplier. Beaucoup de facteurs biotiques et/ou Abiotiques fait varier le rendement et la qualité des fruits et des raquettes d'une zone à une autre et d'une année à une autre. Grâce à sa composition chimique, toutes les parties du figuier de barbarie sont utilisées dans plusieurs domaines : alimentation, cosmétique, médecine.



Figure 02 : Des champs de figuier de barbarie à Kesserine en Tunisie.

IV. Description morphologique des différentes parties de la plante :

Le figuier de Barbarie est une plante arborescente érigée, rameuse, et xérophile à tige ovale, charnus et aplatis, de hauteur qui varie de 2 à 6 m, son tronc ligneux, est formé par des articles appelées raquettes (cladodes) qui en se desséchant perdent peu à peu leur forme ovale pour devenir cylindrique. Les variétés prospérant dans le Sud de l'Europe et au Maghreb, issues pour la plupart de l'*O. Vulgaris* ou de l'*O. ficus-indica*, présentent à partir de petites racines extrêmement résistantes, un tronc court à bourrelets, d'où s'élancent des tiges charnues plus ou moins ramifiées, de couleur verte. Ces tiges se composent de segments (articles) ovales, aplatis, aux articulations rétrécies, qui leur donnent cette forme curieuse et amusante (Schweizer, 1997).

L'*Opuntia* peut se reproduire à partir d'un cladode tombé sur le sol. Il prend racine du simple contact d'un de ses alvéoles avec la terre. La plante se caractérise par une remarquable adaptation à la sécheresse obtenue au fil du temps par la fantastique évolution de la structure de son organisme. L'*Opuntia* se plaît dans les sols calcaires et les climats semi-arides avec des températures de 18 à 30 °C (Schweizer, 1997).

Le figuier de Barbarie comprend les parties suivantes : raquette, fruit, fleur, graine, feuille (tige), et appareil racinaire :

IV.1. Raquette et épines (Cladode) :

Les épines du figuier de Barbarie sont de deux sortes : des blanchâtres et rigides, de un à deux centimètres, solidement implantées et groupées par trois au centre de petites verrues ; et de fines épines centimètres, solidement implantées et groupées par de quelques millimètres, de couleur brunâtre (les glochides). Il existe des variétés de figuier de Barbarie sans épines (inermes), cultivées souvent pour l'alimentation animale. Les variétés épineuses servent à faire des haies vives ou défensives (**Figure 03**).

Les cladode sont des tiges modifiées qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique, de forme ovoïde ou allongé (Feugang, 2006), mesurent 30-60 cm de longueur, 20-40 cm de largeur et 1,9-2,8 cm d'épaisseur (**Figure 03**). Le cladode d'*Opuntia ficus-indica* a une couleur verte opaque et ses épines sont absentes au niveau des cladodes

(Medina-Torres *et al*, 2011), elles sont couvertes de petites aréole, et de glochide blancs (Habibi, 2004)



Figure 3 : Raquette du figuier de Barbarie.

IV.2. Fruit :

Les fruits du cactus est une baie ovale allongée pourvues d'épines de 67 à 216 g de poids. Ils offrent un large éventail de couleurs à partir de blanc, jaune, orange, rouge et violet à base de bétalaïnes, la pulpe est toujours juteuse de couleur jaune-orangé, rouge ou pourpre se compose principalement d'eau (84-90 %) et de sucre réducteur (10 à 15 %) (**Figure 04**). Ils sont parsemés de nombreuses petites graines (Mobhammer *et al*, 2006 ; Habibi, 2004).



Figure 4 : Fruit de figue de barbarie.

En Algérie, Chougui *et al*. (2013) ont décrit les variétés de fruits, de la région de Béjaïa, par leurs couleurs. Huit variétés ont été étudiées pour leurs caractéristiques et composition des graines, elles ont été décrites comme étant vertes (sans épines, peau vert

clair, forme ovoïde, portion comestible vert clair), jaunes (épineuse, peau jaune forme allongée, portion comestible jaune-orange), rouge (avec épines, peau rouge, forme allongée, portion consommable rouge), et orange (épineuse, peau orange, forme ovoïde, portion comestible orange).

IV.2. Fleur :

À la belle saison, de mai à juillet, les raquettes les plus jeunes se couvrent de fleurs (**Figure 05**). Directement attachées (sans pétiole ou pédoncule) à la tige, elles naissent, le plus souvent, sur les aréoles situées au sommet de la raquette, sur la tranche arrondie et à proximité. Dans le cas de raquettes très chargées, les aréoles du centre donnent également naissance aux fleurs.

Le nombre de fleurs varie selon la position de la raquette sur la plante, son exposition au soleil, et aussi selon des facteurs physiologiques (nutrition). Une raquette fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs. Des fleurs écloses, aux larges corolles de 4 à 10 cm, de couleur jaune à rouge avec toutes les nuances intermédiaires et qui deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante, voisinent avec des fleurs en formation et des raquettes de l'année. Les fleurs hermaphrodites du figuier de Barbarie donneront naissance à des fruits imposants. Lorsqu'elles se fanent, les pétales, les étamines, les stylets et les stigmates tombent.

Au-dessous des pétales et directement rattaché au réceptacle floral, dans le haut d'une partie charnue et verte de la fleur, se trouve l'ovaire (dit infère) à une seule loge renfermant de nombreux ovules. Seule, la partie contenant l'ovaire reste fixée à la raquette. Au sommet, la cavité rugueuse correspond à l'ancien emplacement des pétales, étamines, stylés et stigmates.

Au fur et à mesure que la partie verte et l'ovaire se développent en fruit et que celui-ci mûrit, cette cavité se comble par la remontée de son fond, qui subsiste avec une surface rugueuse au sommet du fruit mûr, sous la forme d'une cicatrice circulaire. Le miel du pollen des fleurs du figuier de Barbarie est onctueux, crémeux, aux saveurs fruitées, un régal en

bouche riche en potassium et en polyphénols (flavonoïdes), il est indiqué contre les hémorroïdes.



Figure 5 : Fleur du figuier de Barbarie (Habibi, 2004).

IV.3. Graine :

Les graines de fruits du figuier de Barbarie présentent une variation de forme, taille, structure, caractéristiques de l'embryon. Ils représentent environ 10-15 % des aliments comestibles (Feugang *et al.*, 2006).

IV.4. Feuille (cladode) :

Les feuilles sont de forme conique et ont quelques millimètres de long, éphémères, apparaissant sur les cladodes jeunes. Le cladode est donc le rameau d'une plante à l'apparence d'une feuille, et qui en prend la fonction. A leur base, se trouvent les aréoles (environ 150 par cladodes) qui sont des bourgeons axillaires modifiés, typiques des Cactacées (Neffar, 2012). Les feuilles de certaines espèces du genre *Opuntia* contiennent des épines et il est parfois difficile de les identifier ou de retrouver leurs cicatrices (Kharrassi, 2015). À la place des feuilles, les raquettes assurent la fonction chlorophyllienne. Elles sont recouvertes d'une cuticule (la cutine), qui limite la transpiration de la plante, retient l'eau et la protège contre les champignons, les insectes et un rayonnement solaire trop intense.

IV.5. Appareil racinaire :

Le figuier de Barbarie a un système racinaire superficiel et charnu, qui se répand horizontalement. La distribution racinaire peut dépendre du type de sol et de la gestion culturale. Dans des conditions favorables de sol, une racine pivotante se développe, pénétrant presque 30 cm dans le sol. Dans des conditions de sécheresse, telles que celles rencontrées dans les régions arides et semi-arides, des racines secondaires charnues se développent depuis la racine pivotante pour absorber l'humidité du sol à une plus grande profondeur. Néanmoins, dans tous les types de sols, la majeure partie de la masse de racines absorbantes se trouve dans les centimètres superficiels, à une profondeur maximale de 30 cm, mais se répandant horizontalement sur 4 à 8 m (Inglese *et al.*, 2018).

Chapitre II : Usage de la figue de barbarie.

I. Applications agro-alimentaire et pharmaceutiques :

I.1. Pulpe de figue de barbarie :

Selon Cherrared (2012), les jus pulpeux du fruit représentent environ 43 à 57% du poids du fruit. Il a une couleur attrayante qui varie d'un vert doux, verdâtre-blanc, jaune- canarie, jaune-orange, jaune citron et pourpres. Cette pulpe peut être transformée en divers produits agro-alimentaire tels que : le jus, la confiture et le vinaigre (**Figure 6**).



Figure 6: Quelques produits dérivés de la pulpe de figue de barbarie. **A** : jus du marque rogelfrut ; **B** : jus du marque Elite. **C** : confiture du marque Flora ; **D** : confiture.

I.2. Huile de graines de figue de barbarie :

Elle est l'huile miracle du siècle (**Figure 7**). Elle est d'ailleurs l'huile la plus chère au monde. Produite essentiellement dans les pays du Maghreb, le Maroc surtout, ainsi que tous ceux du bassin méditerranéen, cette huile prodigieuse connaît une forte demande de la part des grandes firmes de cosmétique dans le monde et notamment en Europe (Agroligne, 2016).

Les grains, issus de la transformation des fruits en confitures, ont été exploités pour l'extraction d'une huile ayant une valeur commerciale très élevée (un litre coûte environ

3.000 Dh) (Boudjnah, 2005). L'huile transformée à partir des graines constitue 7-15% du poids total des graines (Ramadan et Mörsel, 2003).

C'est une huile obtenue par première pression à froid. Sa richesse exceptionnelle en vitamine E et en stérol lui confère une aptitude hors de commun à protéger la peau contre les radicaux libres et lutter contre le dessèchement cutané, à améliorer l'hydratation, à ralentir le processus de vieillissement de la peau et à prévenir la formation des rides (Benattia, 2017).



Figure 7 : Huile de figue de barbarie.

I.3. Farine de graine figue de barbarie :

La farine de graine d'*Opuntia ficus indica* contient 16,5 % de protéines et 48 % de fibres. Cette farine est utilisée en agroalimentaire grâce à sa haute valeur nutritive (**Figure 8**). En cosmétique, grâce à sa richesse en acides gras essentiels, stérols et vitamine E, cette poudre est utilisée comme exfoliant anti-âge et antioxydant. Elle est aussi utilisée pour produire une macération précieuse (Boudilmi et Mehous, 2020).



Figure 8 : Poudre des graines et les graines de figue de barbarie.

I.4. L'utilisation des fleurs séchées :

Les cactus sont des plantes à fleurs prolifiques et peuvent avoir de longs cycles de floraison (trois à six mois), selon la région et la variété (**Figure 9**). Elle attire les essaims d'abeilles par leurs fleurs jaunes, pollen et nectar abondants.

Elle garantit également l'activité des abeilles dans les périodes de sécheresse (Arba, 2009). La fleur de figue de barbarie est très riche en minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium, le fer et le zinc. Les recherches ont montré que les fleurs de figue de barbarie ont les propriétés suivantes :

- Diurétique.
- Traitement naturel de l'hypertrophie bénigne de la prostate.
- Vermifuge.
- Astringent.
- Anti-inflammatoire.
- Anti hémorroïdaire.



Figure 9 : Fleurs de figue de barbarie naturelles et après séchage.

I.5. Utilisation de cladodes :

Les jeunes cladodes (**Figure 10**) sont mous et fibreux, ils sont donc consommés comme légume. Leur valeur nutritionnelle est similaire à celle de nombreux légumes (riches en eau, glucides, protéines, vitamine C et bêta-carotène, précurseur de la vitamine A). Les jeunes cladodes sont appelés "Napolitos" au Mexique et sont un légume traditionnel depuis des siècles. Ils se consomment crus ou après cuisson comme légumes verts (Mohamed *et al*, 1996 ; Sanez, 2002).

Leur apport peut améliorer le contrôle glycémique et abaisser le taux de cholestérol sanguin et est donc recommandé pour les diabétiques atteints de diabète sucré non insulino-dépendant (Arba, 2009).

Il existe d'autres produits dérivés de cladodes : confitures, cornichons et cladodes confits. Les cladodes étaient traditionnellement utilisés comme substitut de viande pendant le carême, mais aujourd'hui, ils sont servis avec des repas similaires aux haricots verts (Stintzing and Carle, 2005).



Figure 10 : Jeune raquette (cladodes) avec des épines.

I.6. Extraction des colorants :

La couleur des figes de barbarie est due à des bétalaines et aux pigments azotés de couleur rouge ou jaune. Ces pigments peuvent être extraits et utilisés comme additifs dans les préparations alimentaires, dans les domaines pharmaceutiques et cosmétiques (Delmi, 2018).

Les pigments naturels rouges ou bétacyanines extraites à partir des plantes sont d'un intérêt croissant comme substituant des teintures rouges synthétiques dans l'industrie agro-alimentaire et pharmaceutique (Fernandez-Lopez *et al.*, 2002).

I.7. Usage médical :

En Australie et en Afrique du Sud, l'effet hypoglycémique des "Nopalitos" est utilisé dans le traitement des diabètes non dépendants de l'insuline. Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire le cholestérol total dans le sang. Les femelles des cochenilles *Dactylopinis coccus*

costa ou *Dactylopius opuntiae* cockerell, qui prolifèrent sur des raquettes de l'*Opuntia ficus indica*, sont utilisées pour la production d'un colorant de couleur rouge « le carmin » ou l'acide carminique. Ce colorant (E-120) est très utilisé par les industries alimentaires, cosmétiques et médicinales (Habibi, 2004).

En Afrique du Nord comme au Mexique, les raquettes hachées sont utilisées sous forme de cataplasmes dans le pansement des foulures, des entorses et dans la réduction des fractures. Les médecins coloniaux préconisaient l'*opuntia* dans le traitement des abcès, des cors, des durillons, des furoncles et de toutes les inflammations digestives et cutanées (Schweizer, 1997).

II. L'utilisation de la plante dans l'alimentation des animaux :

II.1. Production de fourrage à partir les raquettes :

Les raquettes sont, en effet, très riches en eau, au point qu'en certaines périodes de l'année, elles contribuent à satisfaire les besoins en eau des animaux (Crosta et Vecchio, 1979). Le principal rôle du cactus réside dans son utilisation comme fourrage pour le bétail. Les raquettes sont particulièrement appréciées par les éleveurs comme complément alimentaire durant la saison sèche. En effet, de par sa grande efficacité d'utilisation de l'eau, le cactus reste une espèce fourragère idéale dans les régions semi - aride et aride, fournissant des unités fourragères par ses raquettes pendant les périodes de sécheresse (Arba, 2009).

En plus, les travaux récents ont montré que les fruits de cactus non commercialisables pour la consommation humaine (rebut) peuvent être utilisés dans l'alimentation des ruminants sous forme de blocs multi nutritionnels, et plus intéressant encore sous forme d'ensilage.

Une étude réalisée à Skhour Rhamna (ville au Maroc) a montré que certes les performances zootechniques des ovins diminuent avec l'augmentation de la part des raquettes cactus dans la ration en remplacement des aliments classiques ; néanmoins, avec un niveau d'incorporation de 40% de la matière sèche total de la ration, les performances restent toutes positives :

- Production de lait et donc croissance des jeunes agneaux qui tètent leurs mères.
- Croissance des antenais et non pas chute de poids.
- Carcasses similaires à celles produites à partir de ration conventionnelles.
- Et plus important encore diminution significative du coût de production de la viande (Ministère de l'Agriculture de Maroc article, 2009).

La composition chimique et la valeur nutritive des raquettes de cactus sont présentées dans le **tableau**. La teneur en matières azotées totales des raquettes et des rebuts de fruits est très faible. La valeur énergétique du cactus est presque égale à celle de la luzerne (0,12 - unité fourragère par kilo gramme de matière brute).

Tableau 1. Composition chimique et valeur nutritive des raquettes de cactus.

Caractéristique	Valeur
MS, %	12 – 16
Cellulose	15
Matières Azotées Totales	5-7
Matières Grasses	2
Cendres	16-18
Calcium	2-4
Phosphore	0,2
ADF	17 – 20
UFL	0,71
UFV	0,66
PDIN (g / kg MS)	30
PDIE (g / kg MS)	60

Le cactus inerme est souvent utilisé en tant que fourrage. Seul, ce fourrage de cactus est un aliment incomplet, pauvre en protéines, en lipides, avec un rapport Ca/P trop élevé, mais riche en glucides, en eau et en vitamines. Cependant, les raquettes coupées en morceaux et additionnées de paille hachée ou de son, de caroube ou de tourteaux, peuvent donner après fermentation une assez bonne nourriture pour les moutons et bovidés (Poupon, 1975).

II.2. Poudre de Nopal de figue de barbarie :

La déshydratation à basse température permet l'évaporation de la quasi-totalité de l'eau contenue dans les cladodes : avec 10 kg de nopal frais nous produisons 01 kg de poudre de nopal avec les mêmes qualités organoleptiques. Le nopal est reconnu pour sa richesse en fibre, en pectine et en mucilage (**Figure 11**).



Figure 11 : Poudre de raquette de figue de barbarie.

II.3. Tourteaux de la graine de la figue de barbarie :

Tourteaux de la graine de la figue de barbarie a été utilisé dans l'alimentation du poulet de chair (BADR, 2019). Dans cette étude, le logiciel WUFFDA pour la formulation des aliments pour poulets de chair a été utilisé et quatre rations ont été constituées, avec 0% (aliment témoin), 5% ; 10%, et 15% de tourteau de figue de barbarie par leurs enveloppes pour les différentes phases d'élevage. Les rations ont été distribuées de façon aléatoire pour quatre groupes de poulets de chair (BADR, 2019).

L'incorporation du sous-produit de la transformation des figues de Barbarie (coques) et du sous-produit de l'extraction de l'huile des graines de figue de barbarie (tourteaux) n'a pas provoqué de mortalité dans les groupes expérimentaux.

L'incorporation de tourteaux de graines à raison de 5% et 10% dans l'alimentation des poulets de chair a eu un effet significatif sur l'ingestion quotidienne moyenne et la conversion alimentaire des poulets de chair, a conduit à une augmentation du poids vif et une amélioration de la performance pondérale.

D'autre part, l'incorporation d'enveloppes et de tourteaux de figues de barbarie à un taux de 5 %,10 % et 15 % dans l'alimentation des poulets de chair a conduit à une augmentation du poids des carcasses, des foies et des gésiers mais n'a pas eu d'effet significatif sur les autres paramètres d'abattage (BADR, 2019).

I. Objectif :

Cette étude a pour objectif de déterminer la valeur nutritive du tourteau de la figue de barbarie chez le lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*).

II. Matériel et méthodes :

II.1. La période d'étude :

Ce travail a été effectué entre le mois de février et le mois de mars 2023, au niveau de l'Institut Technique d'élevages de Baba Ali, Alger.

II.2. Les animaux :

Lapins (mâles et femelles) utilisés dans cette étude appartiennent à la population blanche (**Figure 12**). Les caractéristiques de cette population ont été décrites par Zerrouki *et al.* (2009).



Figure 12 : Lapin de la souche blanche.

II.3. Le bâtiment d'élevage :

Le bâtiment est d'une superficie de 220m² (**Figure 13**). A la porte d'entrée se trouve une salle de services réservée au stockage et à la pesée de l'aliment. Elle donne accès direct sur l'espace des vestiaires et des sanitaires. Une porte métallique sépare cet espace du reste du bâtiment qui est partagé en deux salles ; la première d'engraissement et la deuxième, au fond du bâtiment, de maternité.

L'aération, de type dynamique, est assurée par le système Pad Cooling et cinq extracteurs. L'éclairage est artificiel effectué à l'aide de néons et diffère entre les deux salles. Le bâtiment est équipé de cages métalliques grillagées galvanisées, à dimensions égales de 70*40*30cm, en bande unique et de type Flat Deck. Elles sont équipées d'abreuvoirs automatiques avec des tétines et des mangeoires individuels en tôle galvanisée d'une capacité de 2,5kg.



Figure 13 : Bâtiment d'élevage cynicole.

II.4. La conduite expérimentale :

II.4.1. Le test de l'appétibilité du tourteau de la figue de barbarie :

Au total, nous avons utilisé 24 lapins pour le test de l'appétibilité du tourteau de la figue de barbarie. Les lapins sont logés dans des cages individuelles et sont réparties par alternance dans un module d'engraissement (**Figure 14**). Les animaux ont reçu le tourteau de la figue de barbarie concassé en petits morceaux pour faciliter sa consommation.

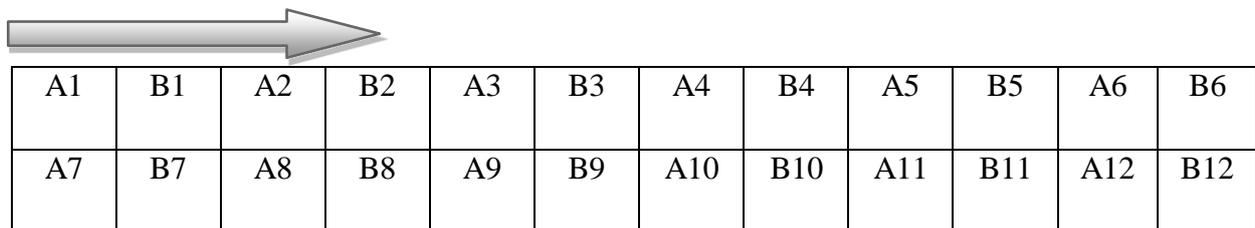


Figure 14 : La répartition des lapins expérimentaux (**A** : animaux nourris de tourteau 2021 de provenance de Mostaganem ; **B** : Animaux nourris de tourteau 2022 de provenance de Bejaïa).

L'appétibilité du tourteau de la figue de barbarie a été mesurée pendant 6 jours. Durant cette période, les lapins sont pesés quotidiennement et leur consommation de tourteau de la figue de barbarie a été mesurée.

II.4.2. Etude de la valeur nutritive du tourteau de la figue de barbarie :

Afin d'évaluer le bilan digestif, le tourteau de la figue de barbarie a été incorporé dans un aliment standard pour lapins à deux taux, 10% et 20%. Trois groupes de lapins ont été formés (n = 7 par groupe) : **groupe T0** (Témoin recevant un aliment standard), **groupe T10%** (recevant un aliment à 10% de tourteau de la figue de barbarie) et le **groupe T20%** (recevant un aliment à 20% de tourteau de la figue de barbarie).

Les critères de choix des animaux étaient essentiellement un bon état sanitaire, un âge homogène (49 jours) et un poids équivalent et représentatif pour chaque groupe d'animaux. Les lapins ont été placés d'une manière homogène dans des cages individuelles, aménagées avec un système de collecte des crottes (**Figure 15**).

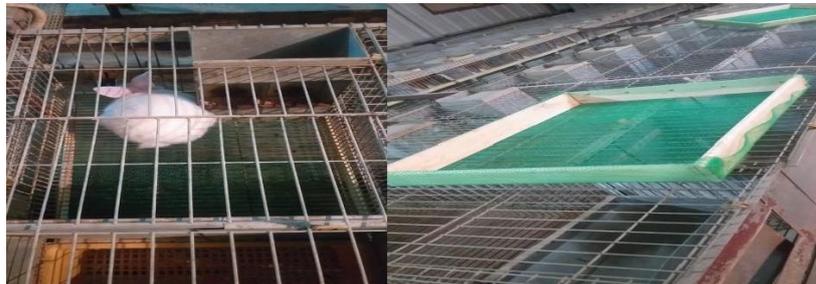


Figure 15 : Dispositif de récolte de crottes.

Le bilan digestif a été évalué selon la méthode européenne standardisée de mesure *in vivo*. Cette méthode a été bien décrite par Perez *et al.* (1995a ; b) (**Figure 16**).

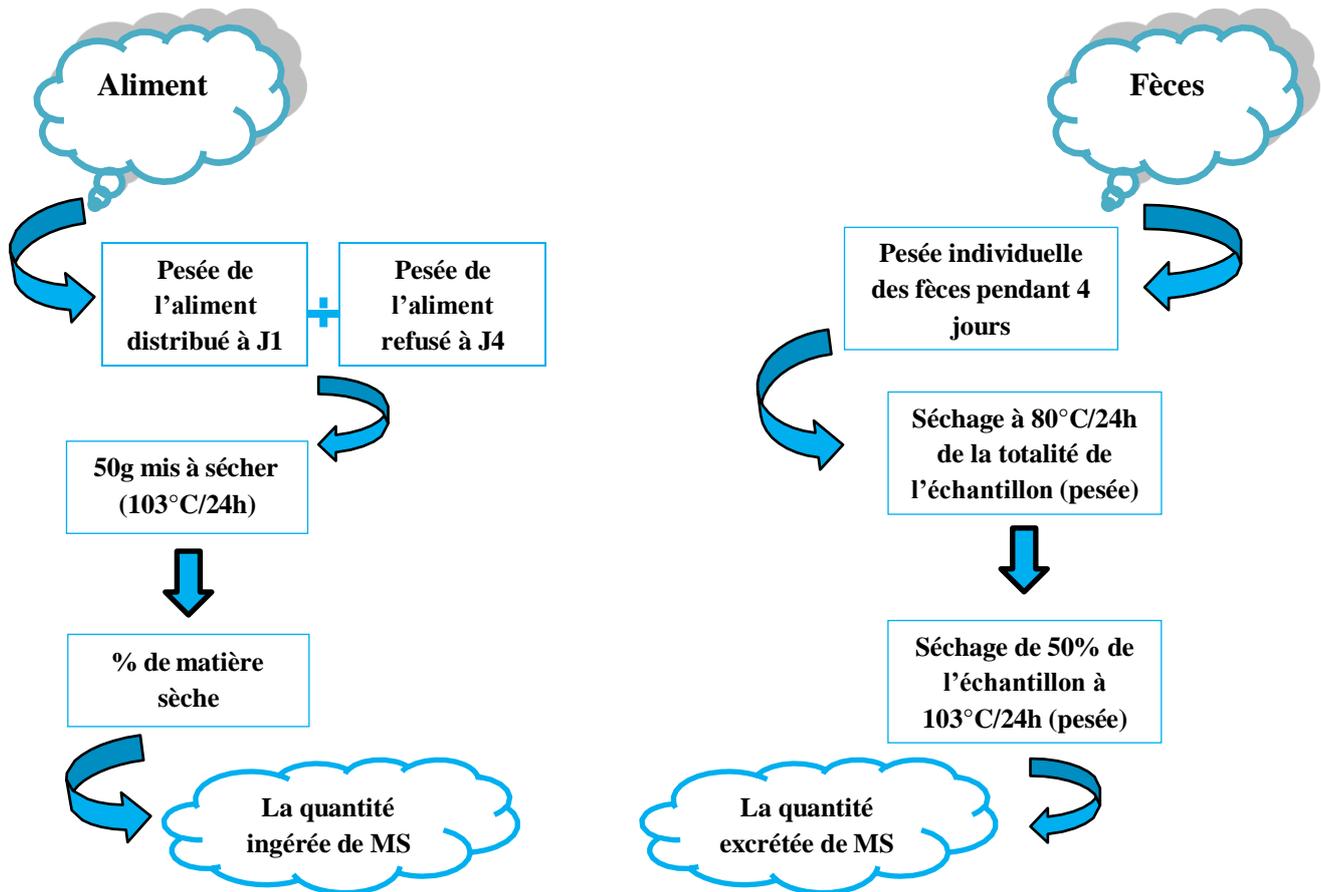


Figure 16 : Digestibilité de la matière sèche (Perez *et al.* 1994).

$$\text{Quantité de MS excrétée} = (P1 - T) * (P3 - T) / (P2 - T)$$

T : Poids du plateau vide.

P1 : Poids du plateau + la totalité des fèces séchées 24h à 80°C.

P2 : Poids du plateau + fèces séchées restantes après prélèvement d'environ la moitié pour les analyses chimiques.

P3 : Poids du plateau + fèces séchées 24h à 103°C.

$$\text{Quantité de MS ingérée} = \text{MS distribuée} - \text{MS excrétée}$$

Nous avons calculé le coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDA). Pour un nutriment donné, le coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDA) est égal au pourcentage de la quantité de nutriment ingéré qui n'est pas retrouvé dans les fèces. Le coefficient d'utilisation digestive apparente d'un nutriment est déterminé par la formule suivante :

$$\text{CUDa} = [(I - E)/I] \times 100$$

CUDa : Coefficient d'utilisation digestive apparente (%).

I : Quantité de nutriment ingéré (g).

E : La quantité de nutriment excrété dans les fèces ou crottes (g).

Le coefficient d'utilisation digestible de la matière sèche est déterminé comme suit :

$$\text{CUDa MS} = (\text{Ingéré MS} - \text{Excrété MS}) / \text{Ingéré MS}$$

Le principe de la méthode consiste, après une adaptation au régime alimentaire pendant 7 jours, en une collecte quotidienne à la même heure, individuelle et totale des fèces durant quatre jours consécutifs (**Figure 17**). Les crottes collectées sont stockées dans des barquettes en aluminium, portant le numéro du lapin et le jour de la collecte ; ensuite, elles sont conservées au congélateur à -20°C jusqu'au moment des analyses. Cette évaluation a concerné la matière sèche, la matière azotée totale, les matières grasses, la cellulose brute, les cendres.

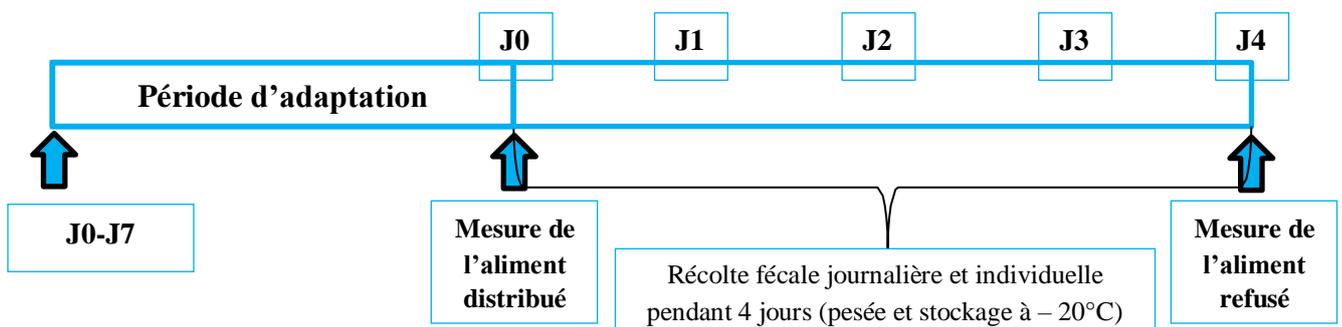


Figure 17: Schéma des prélèvements pour l'évaluation du bilan digestif.

II.4.2. L'analyse des échantillons :

Les échantillons d'aliment et de fèces ont été séchés et broyés finement au mortier à pilon type (Retsch RM 200) puis conservés dans des flacons hermétiques (**Figure 18**). Toutes les déterminations ont été faites en double et tous les résultats ont été rapportés à la matière sèche.



Figure 18 : Séchage des échantillons pour les différentes analyses chimiques.

Les analyses physico-chimiques sur les aliments et les fèces ont été réalisées au niveau du Laboratoire d'Analyses Fourragères de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger selon les méthodes référencées par AFNOR (1985). Les analyses ont concerné, la matière sèche, la matière minérale, la matière azotée totale, la cellulose brute et les matières grasses. Quant à l'énergie digestible, celle-ci a été estimée selon l'équation de Fekete et Gippert (1986).

III. Analyses statistiques :

Les résultats sont présentés par la moyenne et l'écart-type. L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel de statistiques R. Le test statistique ANOVA à un seul facteur a été utilisé pour comparées les différentes moyennes et le seuil de signification utilisé est $\alpha = 5\%$.

Résultats et discussion :

I. Test d'appétibilité :

I.1. Evolution du poids des animaux :

L'évolution du poids vif moyen des lapins nourris avec le tourteau de la figue de barbarie (FB) 2021 et 2022 est illustrée dans la **figure 19**. Nous pouvons remarquer que le poids vif moyen des lapins a diminué progressivement entre le début et la fin de la période du test d'appétibilité et ceci pour les deux lots de lapins. Cette diminution est de 7% et 11% pour les lapins nourris avec le tourteau 2021 et 2022, respectivement.

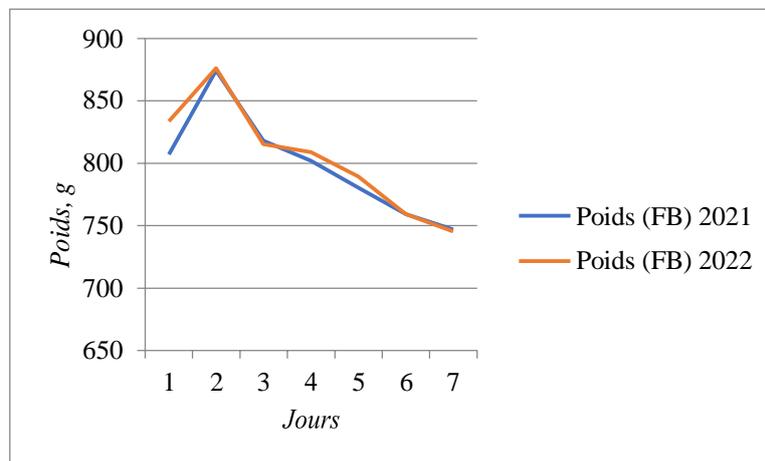


Figure 19 : Evolution du poids moyen des lapins.

I.2. Evolution de l'ingéré alimentaire :

L'évolution de la consommation journalière des deux tourteaux est illustrée dans la **figure 20**. Les lapins des deux lots expérimentaux ont consommé de faibles quantités de tourteau (en moyenne, 47g pour le tourteau 2021 et 60g pour le tourteau 2022). La consommation alimentaire notée dans cette étude est nettement inférieure à celle enregistrée pour un lapin de même âge et consommant un aliment standard (75g en moyenne, Lakabi *et al.*, 2021 ; Benali *et al.*, 2011).

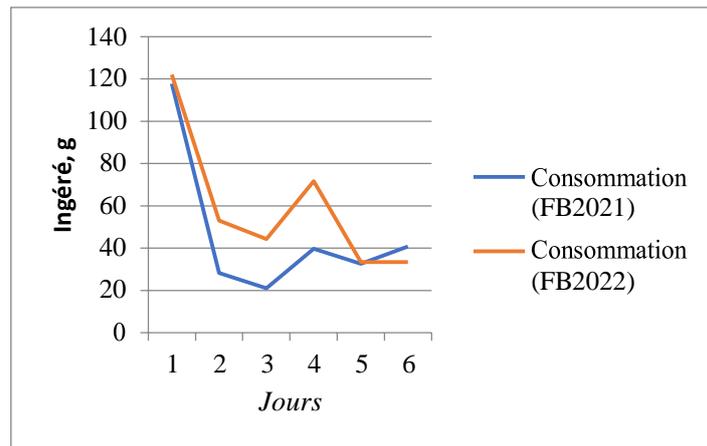


Figure 20 : Evolution de la consommation alimentaire moyenne.

I.2. Evolution du gain moyen quotidien :

Dans cette expérience, nous avons noté une perte du poids entre le premier et le dernier jour (25 g pour le lot FB 2021 et 33g pour le lot FB 2022) (Figure 21).

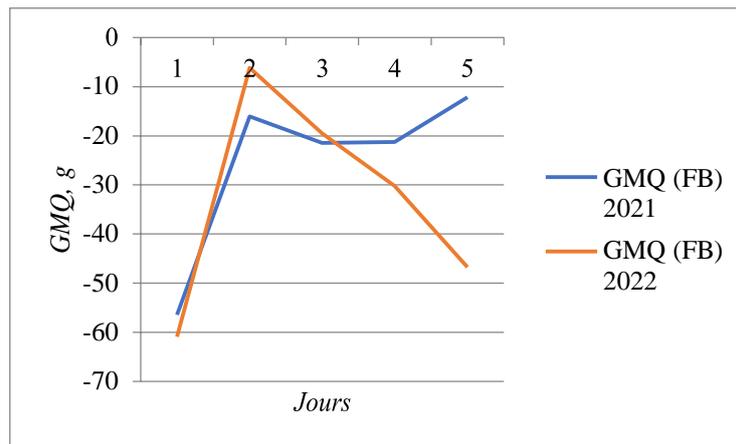


Figure 21 : Evolution du gain moyen quotidien.

Les résultats de cette première expérience montrent que l'utilisation du tourteau de Figuier de Barbarie comme aliment seul pour les lapins n'est pas recommandée. Nous avons noté une baisse du poids de l'animal, de l'ingéré alimentaire et du gain de poids. Il serait donc intéressant de l'incorporer dans l'aliment granulé afin de le rendre d'augmenter sa consommation, d'où l'objectif de notre 2^{ème} expérience.

II. Etude de la valeur nutritive :

II.1. Composition chimique des tourteaux :

La composition chimique des deux tourteaux est mentionnée dans le **tableau 2**. Les résultats montrent que ces derniers sont riches en cellulose brute et en fibres. Le pourcentage de cellulose brute dans le tourteau de la Figue de Barbarie est nettement supérieur à celui enregistré sur le blé, l'orge et le maïs (22%, 46% et 19% respectivement ; Gidenne, 2003). Il est comparable à celui signalé sur des graines de soja et de fève (Gidenne, 2003). En comparaison avec les fourrages et notamment la luzerne qui constitue la première source de fibre pour l'aliment lapin, le tourteau de la Figue de barbarie montre une valeur faible de cellulose brute (Gidenne, 2003). En revanche, ils ont un faible taux de protéines brutes en comparaison avec la luzerne (Maertens *et al.*, 2002).

Tableau 2 : Composition chimique des tourteaux.

	Tourteau (FB) 2021	Tourteau (FB) 2022
Paramètres	Composition % /MS	
Matière sèche	92,92	91,86
Matières minérales	1,36	1,50
Matières azotées totale	7,57	7,77
Matières grasse	3,89	3,38
Cellulose brute	64,17	69,62
ADF	63,76	64,26
NDF	91,11	92,13
ADL	40,33	39,62

ADF : la fibre au détergent acide ; **NDF** : la fibre au détergent neutre ; **ADL** : la lignine sulfurique.

II.2. Composition chimique des régimes expérimentaux :

La composition chimique des trois régimes est représentée dans le **tableau 3**. Ces derniers renferment un taux de matière sèche, matière minérale et matière grasse quasi- similaire, par contre les protéines brutes ainsi que la cellulose brute et l'énergie digestible sont différents. En effet, le régime T0 renferme un taux de protéines brute et d'énergie digestible respectivement plus élevé que ceux de T10% et T20% (18,25% vs 13,31% et 13,21%). Par contre, ces deux derniers contiennent un taux de cellulose brute plus important que celui du

régime T0 (21,03% et 26,79% vs 14%). Il semblerait que ce taux élevé des régimes T10% et T20% soit lié à la richesse du tourteau de 2022 en cellulose brute (69,62%).

Tableau 3 : Composition chimique des aliments expérimentaux.

Tourteaux	T0	T10%	T20%
Composition % /MS			
Matière sèche	87,97	85,50	89,49
Matières minérales	5,63	5,88	5,92
Matières azotées totale	18,25	13,31	13,13
Matières grasse	2,96	3,01	3,21
Cellulose brute	14,00	21,03	26,79
Energie digestible	2987	2718	2624
ED (Kcal/kg)			

II.3. Coefficients d'utilisation digestive et valeur nutritive :

Les résultats sont reportés dans le **tableau 4**. L'analyse statistique a révélé que les coefficients d'utilisation digestive n'ont pas été affectés par les régimes expérimentaux. Cela suggère que la valeur nutritive des aliments ayant tourteau de la Figue de barbarie comme composant est proche de celle de l'aliment standard.

Concernant la valeur nutritive des trois régimes, nous avons rapporté que l'énergie digestible, estimée par l'équation de Fekete et Gippert (1986) est plus élevée avec le régime T0 en comparaison à celui des autres aliments (T0 : 2987 Kcal/kg MS vs T10% : 2718 Kcal/kg MS et T20% : 2624 Kcal/kg MS).

Quant aux protéines digestibles (PD), nous avons constaté que les animaux du lot T0 ont mieux digéré les protéines brutes par rapport aux animaux du lot T10% et T20% (12,64 g vs 9,24 et 8,5, $p < 0,05$). Il semblerait que ceux-ci est probablement lié au taux de MAT plus important dans le régime T0 par rapport à celui des régimes T10% et T20% (18,25% vs 13,31% et 13,13%) tout en ayant un CUDa MAT similaire.

Tableau 4: Effet de la substitution du tourteau de figue de barbarie sur les coefficients d'utilisation digestive chez le lapin de population blanche (n = 7 ; moyenne ± SE)

Tourteaux	T0	T10%	T20%	SE	P
<u>Coefficient de digestibilité (%)</u>					
Matière sèche	53,49	52,36	48,93	6,76	NS
Matières minérales	39,82	51,90	50,29	7,26	NS
Matières azotées totale	69,42	69,49	64,88	6,60	NS
Matières grasse	88,02	88,71	88,66	1,82	NS
<u>Valeur nutritive</u>					
Energie Digestible (Kcal/kg MS)*	2987	2718	2624		-
PD (g/100g) MS	12,64 ^a	9,24 ^b	8,51 ^b	0,99	0,0050

* : Estimée par l'équation de Fekete et Gippert (1986) : $DE \text{ (kcal/kg MS)} = 4253 - 326 \text{ (CB MS\%)} - 144.4 \text{ (C\%)}$.

Notre étude a permis de déterminer l'appétence et la valeur nutritive du tourteau de Figuier de Barbarie chez le lapin de la souche blanche.

Il en ressort que l'utilisation du tourteau de Figuier de Barbarie comme aliment seul pour les lapins n'est pas recommandée, car il diminue les performances de croissances à savoir le poids, le gain de poids et la consommation.

Concernant la valeur nutritive, le taux d'incorporation du Figuier de Barbarie à 10% et 20% dans l'aliment du lapin, est caractérisé par une concentration énergétique qui se rapproche de la norme recommandée (2600 Kcal/kg) pour répondre aux besoins du lapin en croissance. Par contre, les protéines digestibles sont en dessous des besoins de l'animal (120g/100g). Toutefois, le tourteau du Figuier de Barbarie peut être considéré comme une bonne source de fibres.

Recommandations :

Il serait judicieux de réaliser des essais sur les performances de croissance, le rendement de carcasse et aussi sur d'autres paramètres métaboliques, avec des taux d'incorporation progressifs afin de déterminer le taux d'inclusion optimal sans modifier de la qualité de l'aliment.

- Abidi S, Ben Salem H., 2010. Comparative study of intake and digestion in Barbarine sheep fed on spiny and spineless cactus cladodes. Renc. Rech. Ruminants, 2010, 17.
- Agroligne, 2016. Mai / Juin. Figue de barbarie, un cactus de richesses, Algérie. Disponible sur : https://www.agroligne.com/IMG/pdf/Agroligne_N_100web.pdf (Consulté le : 23/09/2018).
- Algérie ECO. L'Algérie importe 1,2 milliard dollars en maïs et soja par an. Journal d'information indépendant. Consulté le 16 Juin 2021. <https://www.algerie-eco.com/2021/02/28/lalgerie-importe-12-milliard-dollars-en-mais-et-soja-par-an/>
- Arba M., 2009. Le cactus, *Opuntia*, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Symposium International «Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED)», Rabat, Maroc, 14-16 mai 2009.
- Benali N, Ain baziz H, Lounaouci G, Kaddour R, Belabas R, Djellout B and Temim S 2011 Caractérisation de deux populations de lapin local: performances de croissance, utilisation digestive, rendement à l'abattage et histométrie intestinale. Livestock Research for Rural Development 23 (12) 2011.
- Benattia FK., 2017. Analyse et Application des Extraits de pépins de Figues de Barbarie. Thèse de doctorat en Chimie. Université Aboubekr Belkaid- Tlemcen.
- Boudilmi I., Mehouas Y., 2020. Mémoire d'étude bibliographique sur : huile essentielle de figue de barbarie présenter par valorisation du figuier de barbarie en élevage, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, transfert de technologie en agriculture, N°60 ; 2000. www.iav.ac.ma.
- Boujnah M., Moudden M., Bellaji M. et El Kacemi A, 2005. Actes du Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens du 08 au 10 mars 2005 Erfoud, Maroc.
- Castellar R., Obon JM., Alacid M., Fernandez-Lopez JA. 2003. Color properties and stability of bétacyanins from *Opuntia* fruits. J. Agric. Food chem, 2003, 51: 2772-2776.
- Chougui N., Louaileche H., Mohedeb S., Mouloudj Y., Hammoui A., Tamendjari A. 2013. Physico-chemical characterisation and antioxidant activity of some *Opuntia ficus-indica* varieties grown in North Algeria. African Journal of Biotechnology. 12: 299-307
- Defdaf D., Benkahoul L., 2019. Contribution à l'étude de l'effet antidiabétique d'un extrait aqueux de deux plantes (*Opuntia ficus indica* L et *Nigella sativa* L) issue de la région de Batna sur les souris (*Wistar albinos*). Mémoire de Master, 55 pages. Université Mohamed Khider de Biskra.

- Delmi M.S., 2018. Effet antimicrobien d'extrait d'*Opuntia ficus-indica* sur certain bactérie pathogène. Mémoire de fin d'études. Biotechnologie alimentaire. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem).
- Feugang J.M., Konarski P., Zou D., Stintzing F.C., Zou C. 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*. 11: 2574-2589.
- Gidenne T. 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of flow-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science* 81(2-3):105-117.
- Habibi Y. 2004. Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de Barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modifications chimiques. Thèse de Doctorat. Université Joseph Fourier. Grenoble I, et Université Cadi Ayyad. Marrakech, 2004, 264 pp.
- Habibi Y. 2009. Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie. Faculté des sciences : université de CADI AYYAD, Marrakech, 2009.
- HALMI S., 2015. Etude botanique et phytochimique : approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*. Thèse de doctorat en Sciences. Université des freres mentouri de constantine, 209 pages.
- Inglese P., Mondragon C., Nefzaoui A., Saenz C. 2018. Ecologie, Culture Et Utilisations Du Figuier De Barbarie. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides Rome. pp. 208
- Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire, Mai 2019
- Kharrassi Y. 2015. Mise en évidence de la diversité des populations de cactus (*Opuntia* spp.) au Maroc et de la modulation du métabolisme lipidique par des extraits naturels et de phytostéroïdes issues de cactus ou d'huile d'Argan dans les cellules microgliales BV2.
- Lakabi D. 2010 Production de viande de lapin : Essai dans les conditions de production algériennes. Thèse de Doctorat en Biologie, université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie, 125 pages.
- Biochimie, Biologie Moléculaire. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, France
- Markus R., Florian C., Stintzing R.C., 2006. Cactus Pear Fruits (*Opuntia* spp.): A Review of Processing Technologies and Current Uses. Hohenheim University Institute of Food Technology Section Plant Foodstuff Technology August-vonHartmann-Str. Stuttgart, Germany. pp. 26.
- Maertens L., Perez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato, G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRANTables 2002. *World Rabbit Science*, 10:157-166.

- Medina-Torres L., E. Brito-De La Fuente, B. Torrestiana-Sanchez, R. Katthain. 2000. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*), Food Hydrocolloids. 14: 417-424.
- Medina-Torres L., Jaime Vernon-Carter E., Alberto Gallegos-Infante J., Rocha-Guzman, N.E., Herrera-Valencia, E., Calderasa F. and Jimenez-Alvaradod, R. 2011. Study of the antioxidant properties of extracts obtained from nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes after convective drying. Journal of Scientific . 91: 1001-1005
- Mobhammer M.R, Stintzing F., Carle R., 2006. Cactus Pear Fruits (*Opuntia* spp.): A Review of Processing Technologies and Current Uses. Stuttgart, Germany. 8: 1-25
- Neffar S., 2012. Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miler) sur la variation de ressources naturelles (sol et végétation) de steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras et Tébessa. Thèse de doctorat, faculté des sciences, laboratoire de biologie végétale et environnement : Université Badji Mokhtar. ANNABA, 2012.
- Ragab M.S, 2007. Replacing yellow corn with prickly pear peels in growing Japanese quail diets with or without enzyme supplementation. Fayoum J. Agric. Res. & Dev., 21: 97-112.
- Ramadan M.F., Morsel J.T. 2003. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). Journal of Food Chemistry, 82. 339-345p. Disponible sur : <http://cactustunisie.com/images/rech/oil.pdf>
- Sahoo, A, Chaturved, O.H, Thirumurugan, P, Naqvi, S.M.K. 2017. Cactus: ensuring round the year feed supply. National Innovation in Climate Resilient Agriculture. p.32.
- Schweizer M. 1997. Docteur nopal le médecin du bon dieu. APB Edition, Paris, 1997, 81pp.
- Sherif E.A., Badr, M,S., Abdel F., A.S., 2019. Productive performance and meat quality of commercial Cobb chicken fed diets containing different levels of prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*) peel, 43:195 pages 2 et 3.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime du Maroc, Mai 2009 <http://www.vulgarisation.net/> , Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.
- Walali-Loudyi D., 1995. Quelques espèces fruitières d'intérêt secondaire cultivées au Maroc. Département d'horticulture, institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat. (Ed.). Llácer G., Aksoy U., Mars M. Underutilized fruit crops in the Mediterranean region