

THESE

En vue de l'obtention du **DOCTORAT**

Centre de Recherche : Biotechnologies végétales et microbiennes, biodiversité et Environnement

Structure de recherche : Equipe Botanique et Valorisation des Ressources Végétales et Fongiques (BOVAREF)

Discipline : Biologie

Spécialité : Biochimie Appliquée et Technologie Agro-Alimentaire

Présentée et soutenue le 14/12/2021 par

Aziz MOUHADDACH

Valorisation d'*Opuntia ficus indica* "figuier de barbarie" de la région de Rhamna-Maroc en alimentation animale et portée technologique de ses qualités physico-chimiques et de ses vertus médicinales

Jury

Ahmed ELABOUDI	PES, Faculté des Sciences-Rabat, Université Mohammed V	Président
Abdellatif BOUR	PES, Faculté des Sciences-Kénitra, Université Ibn Tofail	Rapporteur externe
Souad SKALLI	PH, Faculté des Sciences-Rabat, Université Mohammed V	Rapporteur interne/ Examineur
Rajaa LAYACHI	PH, Faculté des Sciences-Rabat, Université Mohammed V	Rapporteur interne/ Examineur
Rachid BENGUEDDOUR	PES, Faculté des Sciences-Kénitra, Université Ibn Tofail	Examineur externe
Mohammed BENAZIZ	PA, Ecole Supérieure de Technologie, Khénifra, Université Sultan Moulay Slimane.	Invité
Mohammed BENDAOU	Ingénieur, Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat (INRA)	Co-directeur de thèse
Rachida HASSIKOU	PES, Faculté des Sciences-Rabat, Université Mohammed V	Directeur de thèse

Année Universitaire 2021/2022

Résumé

L'objectif de la présente étude est la mise en exergue d'une ressource naturelle qui se caractérise par un grand pouvoir d'adaptation aux conditions environnementales. Il s'agit d'*Opuntia ficus indica* qui peut être valorisée pour ses qualités nutritionnelles dans l'alimentation des ruminants et aussi pour ses vertus médicinales.

Concernant l'aspect nutritionnel, notre travail a porté sur les fruits d'*Opuntia*. Une expérimentation sur des brebis de la race Sardi de la région de Rhamna a été conduite afin d'évaluer l'effet d'un ensilage comparé à un régime conventionnel sur la croissance des agneaux en phase de lactation et sur la production et la qualité du lait. La caractérisation de l'activité antioxydante a été évaluée selon deux méthodes différentes, celle du pouvoir anti-radicalaire DPPH et celle du pouvoir réducteur du fer FRAP. Les analyses physico-chimiques des rations alimentaires et celles du lait ont été effectuées conformément à la norme AOAC. Pourtant, la teneur en flavonoïdes a été déterminée par la méthode de trichlorure d'aluminium et la composition en acide gras par méthylation de la matière grasse du lait suivie d'une injection puis séparation par CPG-MS. La valorisation technologique du lait cru de brebis repose sur l'élaboration d'un yaourt enrichi avec des extraits de cladodes et de fruits d'*Opuntia* et un fromage frais en utilisant des ferments lactiques préalablement sélectionnés (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*). Concernant l'aspect médicinaux de la plante, il a été évalué en menant une enquête ethnobotanique suivie d'une estimation des propriétés analgésiques des cladodes et des fleurs d'*Opuntia ficus indica* en utilisant deux méthodes de stimulus thermique, à savoir : le test d'immersion de la queue et le test de la plaque chauffante.

Les résultats obtenus ont montré que la croissance et la production laitière des brebis alimentées à l'ensilage de cactus (RE) ont été améliorées par rapport au témoin (RT). Sur le plan qualitatif, l'activité antioxydante plaide en faveur du lait de brebis (RE) dont la teneur en polyphénols et en flavonoïdes a été hautement significative. Par ailleurs, la proportion en acides gras saturés du lot test RE a été significativement inférieure (64,39%) à celle du lait témoin (71,3%). Toutefois, la proportion en acides gras mono-insaturés et en acides gras poly-insaturés a été supérieure pour le lot RE ($p < 0,001$) par rapport au lait du lot RT.

La valorisation technologique du lait a en incorporant les extraits de fruits et de cladodes a permis d'améliorer l'activité anti-radicalaire des produits laitiers dérivés élaborés.

Enfin, les données de l'enquête ethnobotaniques ont montré que les différentes parties de la plante ont été utilisées pour le traitement de diverses maladies, notamment les maladies de la muqueuse gastrique, la douleur des reins, la douleur du dos et de jambes. Les cladodes (57%) étaient la partie de la plante la plus utilisée, suivies de fleurs (21%), de graines (11%) et de racines (5%). L'évaluation de l'activité analgésique a montré que les extraits de cladodes et de fleurs d'*Opuntia ficus-indica* administrés par voie intra-péritonéale, chez les souris Swiss, produisent une activité anti-nociceptive significative ($p < 0,05$) à dose dépendante ce qui justifie son utilisation en médecine traditionnelle comme plante à effet analgésique.

Mots clés : *Opuntia ficus indica*, ressource alternative, régime d'ensilage, activité antioxydante, valorisation technologique, activité analgésique, médecine traditionnelle.

Abstract

The objective of this study is to put emphasis on certain alternative natural resource, especially the prickly pear. It is characterized by its easy adaptation to drought areas in order to meet the dietary requirements of ruminants. *Opuntia ficus indica* can be valued for its nutritional qualities in ruminant feed and also for its medicinal properties.

Concerning the nutritional aspect, our study was focused on *Opuntia* fruits. An experiment on the Sardi breed ewe's from the Rhamna region was conducted to evaluate the silage effect compared to a conventional diet on the ewe's production, on milk quality and on the lamb's growth. The antioxidant activity was evaluated by two different methods, the DPPH antiradical power and the FRAP iron reducing power. Then, the feed and milk physico-chemical analysis were carried out according to the AOAC standard. However, the flavonoid content was determined by the aluminum trichloride method and the fatty acid composition by milk fat methylation followed by injection and separation via GC-MS. Then, the technological enhancement of ewe's milk is based on the elaboration of a yogurt enriched by cladodes and *Opuntia* fruit extracts thus a fresh cheese using previously selected lactic ferments (*Lactococcus lactis* and *Enterococcus mentii*). Finally, regarding the medicinal aspect, it was evaluated by conducting an ethnobotanical survey followed by an evaluation of cladodes and flowers analgesic properties, using two thermal stimulus methods, called: the tail flick and the hot plate tests.

The results showed that the growth and milk production of ewes fed with silage diet (RE) were improved compared to the control lot (RT). On the qualitative aspect, the antioxidant activity pleads in favor of the ewe's milk (RE) whose content of poly-phenols and flavonoids was highly significant. In addition, the saturated fatty acids proportion in the milk of test lot was significantly lower (64.39%) than in the milk control (71.3%). However, the monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids proportion was higher in the RE lot ($p < 0.001$) than in the control milk. Moreover, the milk technological enhancement by incorporating fruit and cladode extracts improved the anti-free radical activity of the derived milk products.

Finally, the ethnobotanical survey data showed that the different parts of plant were used for the treatment of various diseases, including gastric mucosa diseases, kidney pain, back pain and leg pain. Cladodes (57%) were the most used part, followed by flowers (21%), seeds (11%) and roots (5%). The analgesic activity results showed that intra-peritoneal administration of cladode and flower extracts produced significant and dose-related anti-nociceptive activity ($p < 0.05$). Hence, we confirm here that the central analgesic activity of the tested *Opuntia ficus-indica* extracts justifies its use in traditional medicine as a plant with analgesic effect.

Keywords: *Opuntia ficus indica*, alternative resource, silage diet, antioxidant activity, the technological enhancement, analgesic activity, traditional medicine.

Année Universitaire 2021/2022

Avant- propos

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé sous l'encadrement de **Rachida HASSIKOU** (PES à la Faculté des Sciences Rabat, Université Mohammed V) et **Mohammed BENDAOU** (Ingénieur à l'INRA-Rabat) et les expérimentations ont été réalisées à la Faculté des Sciences-Rabat, Université Mohammed-V et au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique à Rabat, au sein des unités de recherche suivantes :

- Laboratoire de Botanique, Mycologie et Environnement (FSR-UM5-Rabat).
- Technologie Alimentaire et Qualité (INRA-RABAT).
- Production Animale et Fourrages (INRA-RABAT).
- Environnement et Conservation des Ressources Naturelles (INRA-RABAT).

Je tiens tout d'abord d'exprimer ma cordiale et profonde gratitude aux professeurs **Rachida HASSIKOU**, PES à la FSR et **Mohammed BENDAOU**, Ingénieur à l'INRA-Rabat, mes chers encadrants, pour leurs conseils directifs, leur sens profond d'humanité, la qualité et les efforts remarquables d'encadrement qu'ils ont déployés pour mener à bien ce travail. Veuillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je voudrais aussi adresser mes vifs remerciements au professeur **Ahmed ELABOUDI** de la Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Rabat, d'avoir accepté faire partie de jury de thèse comme président.

J'adresse mes vifs remerciements au professeur **Abdellatif BOUR** de la Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail-Kénitra, d'accepter de faire partie de jury de thèse comme rapporteur externe.

Je tiens à adresser ma profonde reconnaissance au professeur **Souad SKALLI** de la Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Rabat, d'avoir accepté de faire partie de jury de thèse comme rapporteur interne/examineur.

Je tiens à remercier profondément le professeur **Rajaa LAYACHI** de la Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Rabat, d'avoir accepté de faire partie de jury de thèse comme rapporteur interne/examineur.

Je tiens à adresser mes salutations distinguées au professeur **Rachid BENGUEDDOUR** de la Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail-Kénitra, d'avoir accepté d'examiner de travail.

Mes remerciements les plus respectueuses adressés à **Mohammed BENAIZ** de l'Université Sultan Moulay Sliman-Beni Mellal, pour avoir accepté de faire partie de jury de thèse comme invité.

Je voudrais aussi remercier **Abdellah ELHOUSNI** (chercheur à l'INRA-Rabat) et **Khalid TAGHZOUTI (PES à la faculté des Sciences de Rabat)**, pour leur collaboration en matière du choix des pistes de recherche et des méthodes permettant de répondre aux objectifs du travail.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à **Saadi Abdenbi et à Mustapha BOUFAKHDA**, techniciens spécialisés au sein de l'INRA, pour leur accompagnement permettant de faciliter le travail de terrain (échantillonnage et enquête) lors de mes déplacements et pour leur conseil pertinent.

Par la même occasion, j'adresse mes vifs remerciements aux chercheurs de l'INRA-Rabat, en particulier **Rachid KABBOUR, Mohamed BOUKSAIM** (transformation technologique du lait), **Elhaj ELMAADOUDI** (formulation et nutrition animale), **Ahmed DOUAÏK** (traitement statistique), et **Abdelmajid ZOUAHRI** (caractérisation physico-chimique), je leur suis reconnaissant pour leur aide scientifique, leurs précieuses directives, leur disponibilité et l'attention avec laquelle ils ont suivi le déroulement de ce travail.

Ma reconnaissance va tout de même, à **Aouatif BENALI**, à **Maha ELHAMDANI** et à **Rajaa MANZALI**, je les remercie pour leur collaboration (validation des protocoles expérimentaux), leur conseil et leur veille tout au long du déroulement de ce travail.

J'adresse aussi mes vifs remerciements à mes chers amis, **Karima ELKABOUS, Youness ENNAHLI, Ikram MARCHA, Sanaa MOUTIK, Nazha LAKRAM** et **Fatima Zahrae ZOUHAIR**, souhaitons que ce travail soit le témoignage d'une amitié sincère profonde et durable.

Je suis redevable à tous les **éleveurs** de la région de **Rhamna**, où les essais d'alimentation et les prélèvements des échantillons du lait ont été effectués, qui ont été, un moment donné, une partie prenante dans ce travail et ont eu le courage et la volonté de travailler avec nous et qui nous ont toujours accueilli chaleureusement, j'espère que les résultats de ce travail ont contribué positivement pour le développement de leur région.

Finalement, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mes travaux de recherche et à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Au nom d'Allah le puissant le miséricordieux, je dédie ce travail :

A la mémoire de ma très chère mère Lalla RABHA

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi.

Puisse Allah vous avoir en sa sainte miséricorde et que ce travail soit une prière pour votre âme. Je profite de la présente occasion pour vous remercier pour tout le soutien, la sympathie et l'amour que vous m'accordez.

A mon très cher père et ma tante

Pour qui les mots ne sauraient exprimer la reconnaissance et la gratitude pour les sacrifices moraux et matériels consentis pour mon éducation et mes études.

Aucune dédicace ne se saurait exprimer l'estime, le respect et l'amour que je porte pour vous. Puisse le tout puissant vous procurer santé et bonheur.

*A ma très chère épouse FATNA et mes très chères anges
CELIA&MASSINE*

J'espère que ce travail exprime mon profond attachement et ma tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré.

J'aimerai bien que tu trouve dans ce travail l'expression les plus sincères car grâce à ton aide et à ta patience que ce travail a pu voir le jour...

Célia&Massine, mes adorables anges, ma joie, mon petit trésor que papa dédie ce travail pour vous dire que vous resterez pour toujours le rayon du soleil qui égaye ma vie. Je vous aime très fort et je vous souhaite tous le bonheur du monde.

A ma très chère Hafsa,

Hafsa, la personne qui me donne plus d'espoir et de fierté, je te dédie ce modeste travail afin de t'exprimer tout mon amour et toute ma reconnaissance.

De tout mon cœur, je te souhaite la réussite et la prospérité. Je t'aime ma très chère princesse.

*A mes très chères sœurs ZAHRA, SAMIRA et mon cher frère
KHALIFA*

Ce travail est le témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. J'espère de même qu'il exprime mon profond amour fraternel et ma profonde reconnaissance pour le soutien moral et matériel que vous m'avez apporté depuis toujours.

Qu'Allah vous protège.

A tous ceux qui me sont très chers

RÉSUMÉ

L'objectif de la présente étude est la mise en exergue d'une ressource naturelle qui se caractérise par un grand pouvoir d'adaptation aux conditions environnementales. Il s'agit d'*Opuntia ficus indica* qui peut être valorisée pour ses qualités nutritionnelles dans l'alimentation des ruminants et aussi pour ses vertus médicinales.

Concernant l'aspect nutritionnel, notre travail a porté sur les fruits d'*Opuntia*. Une expérimentation sur des brebis de la race Sardi de la région de Rhamna a été conduite afin d'évaluer l'effet d'un ensilage comparé à un régime conventionnel sur la croissance des agneaux en phase de lactation et sur la production et la qualité du lait.

La caractérisation de l'activité antioxydante a été évaluée selon deux méthodes différentes, celle du pouvoir anti-radicalaire DPPH et celle du pouvoir réducteur du fer FRAP.

Les analyses physico-chimiques des rations alimentaires et celles du lait ont été effectuées conformément à la norme AOAC. La teneur en flavonoïdes a été déterminée par la méthode de trichlorure d'aluminium et la composition en acide gras par méthylation de la matière grasse du lait suivie d'une injection puis séparation par CPG-MS.

La valorisation technologique du lait cru de brebis repose sur l'élaboration d'un yaourt enrichi avec des extraits de cladodes et de fruits d'*Opuntia* et d'un fromage frais en utilisant des ferments lactiques préalablement sélectionnés (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*).

Concernant l'aspect médicinal de la plante, il a été évalué en menant une enquête ethnobotanique suivie d'une évaluation des propriétés analgésiques des cladodes et des fleurs d'*Opuntia ficus indica* en utilisant deux méthodes de stimulus thermique, à savoir : le test d'immersion de la queue et le test de la plaque chauffante.

Les résultats obtenus ont montré que la croissance et la production laitière des brebis alimentées à l'ensilage de cactus (RE) ont été améliorées par rapport au témoin RT ($p < 0,05$). Sur le plan qualitatif, l'activité antioxydante plaide en faveur du lait de brebis dont la teneur en polyphénols et en flavonoïdes a été hautement significative. Par ailleurs, la proportion en acides gras saturés du lot test RE est significativement inférieure (64,39%) à celle du lait témoin (71,3%). La proportion en acides gras mono-insaturés et en acides gras poly-insaturés a été supérieure chez le lot RE ($p < 0,001$) par rapport au lait du lot témoin.

La valorisation technologique du lait aux extraits de fruits et de cladodes a permis d'améliorer l'activité anti-radicalaire des produits dérivés élaborés.

Enfin, les données de l'enquête ethnobotaniques ont montré que les différentes parties de la plante ont été utilisées pour le traitement de diverses maladies, notamment les maladies de la muqueuse gastrique, la douleur des reins, la douleur du dos et de jambes. Les cladodes sont la partie de la plante la plus utilisée (57%), suivies de fleurs (21%), de graines (11%) et de racines (5%). L'évaluation de l'activité analgésique a montré que les extraits des cladodes et des fleurs administrés par voie intra-péritonéale, chez les souris Swiss, produisent une activité anti-nociceptive significative ($p < 0,05$) à dose dépendante ce qui justifie son utilisation en médecine traditionnelle comme plante à effet analgésique.

Mots clés : *Opuntia ficus indica*, ressource alternative, ensilage, activité antioxydante, valorisation technologique, activité analgésique, médecine traditionnelle.

ABSTRACT

The objective of this study is to put emphasis on one alternative natural resource, especially the prickly pear. It is characterized by its easy adaptation to drought areas in order to meet the dietary requirements of ruminants. *Opuntia ficus indica* can be valued for its nutritional qualities in ruminant feed and also for its medicinal properties.

Concerning the nutritional aspect, our work was focused on *Opuntia* fruits. An experiment on the Sardi breed ewe's from the Rhamna region was conducted to evaluate the silage effect compared to a conventional diet on the lamb's growth in the lactation phase and on the ewe's production and milk quality.

The antioxidant activity was evaluated by two different methods, the DPPH antiradical power and the FRAP iron reducing power. Then, the feed and milk physico-chemical analysis were carried out according to the AOAC standard. However, The flavonoid content was determined by the aluminum trichloride method and the fatty acid composition by milk fat methylation followed by injection and separation via GC-MS.

The technological enhancement of ewe's milk is based on the elaboration of a yogurt enriched by cladodes and *Opuntia* fruit extracts thus a fresh cheese using previously selected lactic ferments (*Lactococcus lactis* and *Enterococcus mentii*).

Regarding the medicinal aspect, it was evaluated by conducting an ethnobotanical survey followed by an estimation of cladodes and flowers analgesic properties of using two thermal stimulus methods, called: the tail flick and the hot plate tests.

The results showed that the growth and milk production of ewes fed cactus silage (RE) were improved compared to the control (RT) ($p < 0.05$). On the qualitative aspect, the antioxidant activity pleads in favor of the ewe's milk (RE) whose content of polyphenols and flavonoids was highly significant. In addition, the saturated fatty acids proportion in the RE test lot was significantly lower (64.39%) than in the milk control (71.3%). However, the monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids proportion was higher in the RE lot ($p < 0.001$) than in the control milk. Moreover, the milk technological enhancement by incorporating fruit and cladode extracts improved the anti-free radical activity of the derived milk products.

Finally, the ethnobotanical survey data showed that the different parts of plant were used for the treatment of various diseases, including gastric mucosa diseases, kidney pain, back pain and leg pain. Cladodes (57%) were the most used part, followed by flowers (21%), seeds (11%) and roots (5%). The analgesic activity results showed that intra-peritoneal administration of cladode and flower extracts produced significant and dose-related anti-nociceptive activity ($p < 0.05$). Hence, we confirm here that the central analgesic activity of the tested *Opuntia ficus-indica* extracts justifies its use in traditional medicine as a plant with analgesic effect.

Keywords: *Opuntia ficus indica*, alternative, silage, antioxidant activity, the technological enhancement, analgesic activity, traditional medicine.

ملخص

إن الهدف من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على التين الشوكي كمورد طبيعي يتميز بقدرة كبيرة على التكيف مع الظروف البيئية. كما يكمن تقدير قيمته في خصائصه الغذائية كعلف للحيوانات المجترة وأيضاً لخصائصها الطبية.

فيما يتعلق بالجانب الغذائي ، ركز عملنا على تامين ثمار التين الشوكي. وذلك في إجراء تجارب على نعاج من سلالة الصردي في منطقة الرحامنة لتقييم تأثير السيلاج (علف) مقارنة بالنظام الغذائي التقليدي وأيضاً على نمو الحملان في مرحلة الإرضاع وعلى إنتاج وجودة الحليب.

تم تقييم توصيف نشاط مضادات الأكسدة وفقاً لطريقتين مختلفتين، تلك الخاصة بـ DPPH وتلك الخاصة بالقوة المختزلة للحديد FRAP.

تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية للحصص الغذائية وتلك الخاصة بالحليب وفقاً لمعيار AOAC . تم تحديد محتوى flavonoides بواسطة طريقة ثلاثي كلوريد الألومنيوم و محتوى الأحماض الدهنية عن الفصل بواسطة CPG-MS.

يعتمد التحسين التكنولوجي لحليب الأغنام الخام على تطوير لبن زبادي غني بمستخلصات فاكهة التين الشوكي والجبن الطازج باستخدام الخميرة اللبنة المختارة مسبقاً *Lactococcus lactis / Enterococcus mentii* فيما يتعلق بالجانب الطبي للنبات ، تم تقييمه من خلال إجراء استجواب علمي متبوعاً بتقييم الخصائص المسكنة لنبات التين الشوكي باستخدام طريقتين من التحفيز الحراري.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن نمو وإنتاج الحليب للنعاج المغذاة بسيلاج الصبار RE قد تحسن مقارنة مع التجربة الشاهد ($P < 0.05$) . من وجهة نظر نوعية ، فإن النشاط المضاد للأكسدة قد تحسن لصالح حليب النعاج المغذاة بسيلاج الصبار ، والذي يحتوي على نسبة عالية من البوليفينول والفلافونويد. علاوة على ذلك ، فإن نسبة الأحماض الدهنية المشبعة في مجموعة الاختبار RE أقل بكثير (64.39%) من تلك الموجودة في حليب التجربة الشاهد RT (71.3%). كانت نسبة الأحماض الدهنية الأحادية غير المشبعة والأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة أعلى في حليب (P < 0.001) النعاج المغذاة بسيلاج الصبار RE . بفضل التحسين التكنولوجي للحليب بمستخلصات التين الشوكي ، أصبح من الممكن تحسين النشاط المضاد للأكسدة للمنتجات المشتقة.

أخيراً، أظهرت بيانات الاستجواب العلمي أنه تم استخدام أجزاء مختلفة من النبات لعلاج أمراض مختلفة، بما في ذلك أمراض الغشاء المخاطي في المعدة وآلام الكلى وآلام الظهر وآلام الساق. الأوراق (cladodes) هي الجزء الأكثر استخداماً من النبات (57%) ، تليها الأزهار (21%) ، والبذور (11%) والجذور (5%). أظهر تقييم النشاط المسكن أن مستخلصات cladodes والزهور التي يتم حقنها داخل الصفاق ، عند الفئران ، تنتج نشاطاً مهماً مضاداً للألم ($p < 0.05$) بجرعة معتمدة ، مما يبرر استخدامه في الطب التقليدي كنبات له تأثير مسكن. .

الكلمات المفتاح: التين الشوكي ، مورد بديل ، سيلاج ، نشاط مضاد للأكسدة ، تعزيز تكنولوجي ، نشاط مسكن ، طب تقليدي.

Production scientifique

- **MOUHADDACH A.**, EL-HADI A., TAGHZOUTI K., BENDAOU M., HASSIKOU R., 2017. Assessment of *Opuntia ficus-indica* in vivo following ethnobotanical survey: Confirmation of its analgesic activity. *Phytothérapie*, V16:p191-196.
DOI: 10.1007/s 10298-017-1109-4.
- **MOUHADDACH A.**, EL-HADI A., TAGHZOUTI K., BENDAOU M., HASSIKOU R., 2018. Anti-nociceptive activity of ethanol and dichloromethane extracts of *Opuntia ficus-indica* cladodes in experimental animal models. *Phytothérapie*, V16/3:p158-162.
DOI 10.3166/phyto-018-0014.
- EL-HAMDANI M., **MOUHADDACH A.**, EL HOUSNI A., BENDAOU M., DOUAIK A., OUNINE K. et BOUKSAIM M., 2016. Hygienic quality of bovine raw milk samples from Oulmes local breeds in Morocco. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*. 10 (7):p56-59.
- **MOUHADDACH A.**, EL-HAMDANI M., HASSIKOU R., EL-HOUSNI A., ZOUAHRI A., DOUAIK A. et BENDAOU M., 2016. Effet d'un ensilage à base de fruits de cactus sur les performances laitières des brebis de la race Serdi. *CIHEAM*, 705 p. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 115) :p 207-213.
- Maha El-Hamdani, **Aziz Mouhaddach**, Linda Zaaraoui, Abdellah El Housni, Mouhammed Rachid Kabbour, Khadija Ounine et Mouhammed Bouksaim, 2020. Total phenolic content, antioxidant and physicochemical properties of bioyaourt supplemented with Cactus extract and cream cheese made from Moroccan Oulmes bovine milk. *J.Mater. Environ.Sci*, Volume 11, Issue 7: p 1033-1043.

Participation aux manifestations scientifiques nationales et internationales

- **Mouhaddach A., Elhamdani M., Elhousni A., Hassikou R. et Bendaou M.** Evaluation de la typicité des produits animaux (lait, viande) issus d'une alimentation à base de sous produits de cactus », au symposium Santé-Environnement-Développement durable à l'Université Chouaib Doukkli, Eljadida, Maroc (28 février 2015).
- **Mouhaddach A., Elhamdani M., Elhousni A., Hassikou R. et Bendaou M.** Contribution à la valorisation des rebuts de cactus "*Opuntia ficus indica*" dans l'alimentation animal : Essai de conservation par fermentation lactique», au Colloque international des doctorants, faculté Poly disciplinaire de Tétouan, Maroc (Mars 2015).
- **Mouhaddach A., El-Hamdani M., Hassikou R., El-Housni A., Zouahri A., Douaik A. et Bendaou M.** Effet d'un ensilage à base de fruits de cactus sur les performances lactières des brebis marocaines de race Sardi. Au Séminaire conjoint des Sous-Réseaux FAO-CIHEAM sur les Systèmes de Production et la Nutrition des Ovins et Caprins, "La chaîne de valeur ovine et caprine méditerranéenne. Organisation de l'industrie, stratégies de marketing et systèmes de production", Montpellier (France) (16-18 juin 2015).
- **Mouhaddach A., El-hadi A., Taghzouti K., Bendaou M. et Hassikou R.** Pharmacopeia assessment of *Opuntia ficus indica* : Analgesic activity confirmation -Morocco-.5ème édition des doctoriales FSR 2016 "Recherche scientifique Eco-Innovatrice : Acquisition du Savoir et Perfectionnement des Compétences" Rabat, 09/10 et 11 Mars 2016.
- **Mouhaddach A., Bendaou M., Hassikou R.** *Opuntia ficus indica* : Une alternative durable aux déficits fourragers dans les zones arides et semi-arides et un potentiel médicinal : Marrakech du 7 au 18 novembre 2016 ; un enjeu pour la COP22.

Table des matières

Avant- propos.....	1
Dédicace.....	3
RÉSUMÉ.....	4
ABSTRACT.....	5
ملخص.....	6
Production scientifique	7
Table des matières.....	9
Liste des abréviations.....	12
Liste des tableaux.....	12
Liste des figures	14
Liste des schémas.....	15
Introduction générale	16
Chapitre I : Synthèse bibliographique.....	18
I. Généralités sur <i>Opuntia ficus indica</i> « figuier de barbarie ».....	19
1. Importanace socio-économique.....	19
2. Importance écologique.....	20
3. Monographie d' <i>Opuntia ficus infica</i>	20
3.1. Position systématique et discription botanique.....	20
3.2. Composition chimique.....	22
3.2.1. Composition en molécules à intérêt nutritionnel	22
3.2.2. Composition en molécules à intérêt thérapeutique	23
3.3. Usage traditionnel.....	26
3.4. Quelques activités biologiques validées	26
3.4.1. Effet anti-cancer.....	26
3.4.2. Propriétés anti-oxydantes.....	27
3.4.3. Effets anti-inflammatoire et analgésique.....	27
3.4.4. Effet anti-diabétique (type II).....	27
II. Physiopathologie de la douleur	28
1. Notion de la douleur.....	28
1.1. Chemin de la douleur.....	28
1.2. Mécanisme de la douleur	29
1.3. Médiateurs de la douleur	30
2. Différentes types d'antalgiques.....	31
2.1. Les antalgiques morphiniques (opiacés).....	31
2.2. Les antalgiques non morphiniques	31
III. Valorisation d' <i>Opuntia ficus indica</i> en alimentation animale : Cas des ovins.....	31
1. Situation d'élevage des ovins au Maroc : production et qualité.....	31

2. Ressources alimentaires alternatives pour l'alimentation animale : Figuier de barbarie, caroubier et Arganier	37
2.1. Figuier de barbarie « <i>Opuntia ficus-indica</i> »	37
2.1.1. Problématique du figuier de barbarie.....	37
2.1.2. Valorisation des sous produits de figuier de barbarie chez les animaux.....	38
2.2. Les sous-produits de l'Arganier.....	39
2.3. Les sous-produits de caroubier	40
3. Ensilage comme technique de valorisation des rebuts de figuier de barbarie	40
IV. Valorisation du lait de brebis, en yaourt et en fromage frais.....	42
1. Technologie du yaourt.....	42
2. Technologie fromagère	43
3. Application des bactéries lactiques	44
4. Effets de la fermentation sur la composition du lait.....	44
5. Activité antioxydante et composés phénoliques.....	45
Chapitre II : Matériel et méthodes	50
1. Conduite de l'essai	51
2. Analyse de la composition chimique des rations alimentaires	53
3. Contrôle des performances de production des brebis et de croissance des agneaux en phase de lactation	53
4. Analyse de la composition physico-chimique du lait.....	54
5. Analyse de la composition en acides gras du lait.....	54
6. Préparation du yaourt supplémenté avec l'extrait d' <i>Opuntia ficus indica</i>	55
7. Préparation du fromage à base du lait de brebis.....	56
8. Evaluation de l'activité antioxydante du lait et de leurs dérivés	57
9. Dosage des poly-phénols totaux (TPC).....	59
10. Dosage des flavonoïdes.....	59
11. Enquête ethnobotanique : Zone d'étude.....	59
12. Evaluation de l'activité analgésique des extraits d' <i>Opuntia ficus indica</i>	60
13. Analyse statistique	62
Chapitre III : Résultats	63
I. Effet de l'ensilage sur la croissance, sur la qualité et sur la production du lait des brebis testées	64
1. Composition chimique des ingrédients utilisés	64
2. Composition physico-chimique du lait.....	65
3. Production laitière et croissance des agneaux	68
4. Composition minérale du lait	69
II. Évaluation de l'activité antioxydante, de la teneur en flavonoïdes et en polyphénols totaux et du profil d'acides gras du lait des brebis testées.....	72
1. Pouvoir antioxydant	72

2. Teneur en phénols totaux (TPC)	73
3. Teneur en flavonoïdes	75
4. Corrélation entre les différentes méthodes de détermination de l'activité antioxydante.....	75
5. Profils des acides gras du lait de brebis de la race Sardi	76
III. Caractérisation physico-chimique et du pouvoir antioxydant de fromage et de yaourt élaborés	77
1. Yaourt	77
2. Fromage	81
IV. Enquête ethnobotanique d' <i>Opuntia ficus indica</i> et confirmation de son activité analgésique	84
1. Enquête ethnobotanique	84
2. Activité analgésique	85
V. L'activité anti-nociceptive des extraits d'éthanol et de dichlorométhane des cladodes d' <i>O.ficus-indica</i> .	88
1. Test d'immersion de la queue (Tail flick method)	88
2. Test de la plaque chauffante (Hot plate method).....	89
VI. L'activité anti-nociceptive des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d' <i>Opuntia ficus-indica</i>	91
1. Test de retrait de la queue	91
2. Test de la plaque chauffante.....	92
Chapitre IV : Discussion générale.....	94
I. Effet de l'ensilage sur la croissance, sur la qualité et sur la production du lait des brebis testées	95
II. Évaluation de l'activité antioxydante, la teneur en flavonoïdes et en polyphénols totaux et le profil d'acides gras du lait de brebis testées	102
III. Caractérisation physico-chimique et du pouvoir antioxydant de fromage et de yaourt élaborés	106
IV. Enquête ethnobotanique d' <i>Opuntia ficus indica</i> et confirmation de l'activité anti-nociceptive des extraits aqueux, éthanoliques et de dichlorométhane des cladodes et des fleurs via des modèles animaux expérimentaux	109
Conclusion générale et perspectives	113
Références bibliographiques	116

Liste des abréviations

ADF : Acide détergent fibre	GMQ : Gain moyen quotidien
ADL : Acide détergent lignine	I% : Pourcentage d’Inhibition
ADN : Acide désoxyribonucléique	INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
ADP : Adénosine di phosphate	LAB : Bactéries lactiques
AG : Acide gras	LDL : Low Density Lipoprotein
AGI : Acide gras insaturé	MAPM : Ministère de l’agriculture et de la pêche maritime
AGMI : Acide gras mono-insaturé	MAT : Matière azotée totale
AGPI : Acide gras polyinsaturé	MG : Matière grasse
AGS : Acide gras saturé	MM : Matière minérale
ALC : acide linoléique conjugué	Mn : Manganèse
ANOC : Association National Ovins et Caprins	MS : Matière sèche
ANOVA : Analyse de la variance	NDF : Neutral detergent fibre
AOAC : Association of Official Analytical Chemists	OFI : <i>Opuntia ficus indica</i>
ARN : Acide Ribonucléique	OMS : Organisation mondiale de la santé
AT : Acidité titrable	PDI : Protéines digestibles dans l'intestin
ATP : Adénosine triphosphate	PIB : Produit interne brute
BF3 : trifluorure de bore à 14%	Ppm : Partie par million
CB : Cellulose brute	H ₂ O ₂ : Eau oxygénée
CGRP : Calcitonin gene-related peptide (Le peptide relié au gène calcitonine)	RGPH : Recensement Générale de la population et de l’Habitat
CMV : complexe minéral et vitamine	SAAF : Spectrométrie d’Absorption Atomique à Flamme
CNRST : Centre National de la Recherche et sciences Techniques	SPSS: Statistical Package for the Social Sciences
CPG : Chromatographie Phase gazeuse	TB : Taux Butyreux
DMSO : Diméthylsulfoxyde	TCA : Acide trichloracétique
DPAR : Direction Provinciale d’Agriculture de Rhamna	TPC : Total phenolic compound
DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl	UFL : Unité fourragère lait
EAs: Equivalent acide ascorbique	UFV: Unité fourragère viande
EAG : Equivalent en acide gallique	USA: United States of America
EC : Equivalent en catéchine	UV : Ultra-violet
ERO : Espèces réactives de l’oxygène	TPT : Teneur en phénols totaux
ESM : Erreur standard de la moyenne	RE : Ration test (lot experimental)
EST: Extrait sec total	RT: Ration témoin (lot témoin)
FAME: Fatty acid Methyl Ester	
FRAP: Ferric Reducing Ability of Plasma	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition chimique moyenne des parties du figuier de barbarie « <i>Opuntia ficus -indica</i> ».....	23
Tableau 2: Teneur en composés phénoliques : polyphénols et flavonoïdes dans les différentes parties de la plante de l'espèce <i>Opuntia ficus-indica</i>	25
Tableau 3 : Utilisation traditionnelle de différentes parties d' <i>Opuntia ficus indica</i>	26
Tableau 4 : Variation des performances de production des races ovines marocaines en fonction du facteur génétique	32
Tableau 5 : Production laitière des brebis en fonction de la race de la mère de l'agneau allaité.	33
Tableau 6 : Caractéristiques chimiques du lait de brebis de quelques pays.	34
Tableau 7 : Composition minérale du lait de brebis comparée à celle du lait de la vache.	36
Tableau 8 : Les processus de fermentation des bactéries lactiques	42
Tableau 9 : Concentrations relatives des composés phénoliques du lait bovin, caprin et ovin	48
Tableau 10 : Formulation et composition chimique des rations alimentaires testées.....	52
Tableau 11 : Composition chimique des ingrédients utilisés dans les deux régimes alimentaires.....	64
Tableau 12 : Variation de la composition physico-chimique du lait de brebis Sardi en fonction du régime alimentaire et du stade de lactation.	67
Tableau 13 : Production laitière en fonction du régime alimentaire et du stade de lactation.....	68
Tableau 14 : Performance de croissance des agneaux en phase de lactation des deux lots.....	69
Tableau 15 : Composition minérale (mg/l) du lait de brebis Sardi en fonction du régime alimentaire et du stade de lactation.	70
Tableau 16: Coefficients de corrélation de tous les échantillons du lait de brebis analysés par les méthodes de DPPH, FRAP et TPC.	75
Tableau 17: Proportions relatives des acides gras de la matière grasse du lait de brebis.....	77
Tableau 18 : Utilisation traditionnelle d' <i>Opuntia ficus-indica</i> par la population.	84
Tableau 19 : Effet analgésique de l'extrait aqueux d' <i>Opuntia ficus-indica</i>	85
Tableau 20 : Pourcentage d'inhibition de la douleur pour différents traitements.	86
Tableau 21 : Effet analgésique de l'extrait aqueux d' <i>Opuntia ficus-indica</i> chez la souris.	87
Tableau 22 : Pourcentage d'inhibition de la douleur pour différents traitement.....	87
Tableau 23 : Effet analgésique des extraits éthanoliques et de dichloromethane de cladodes d' <i>Opuntia ficus-indica</i>	88
Tableau 24 : Pourcentage d'inhibition de la douleur en fonction pour différents traitements.	88
Tableau 25 : Effet analgésiques des extraits éthanoliques et de dichlorométhane de cladodes d' <i>Opuntia ficus indica</i> via le model expérimental Hot Plate Test.	89
Tableau 26 : Pourcentage d'inhibition de la douleur en fonction de différents traitements.....	90

Tableau 27 : Effet analgésiques des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d' <i>Opuntia ficus indica</i> via le model expérimental Tail flick test.	91
Tableau 28 : Pourcentage d'inhibition de la douleur des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d' <i>O. ficus indica</i> via le model expérimental Tail flick test.....	91
Tableau 29 : Effet analgésiques des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d' <i>Opuntia ficus indica</i> via le model expérimental Hot Plate Test.....	93
Tableau 30 : Pourcentage d'inhibition de la douleur des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d' <i>O.ficus indica</i> via le model expérimental Hot plate test.	93

Liste des figures

Figure 1 : Caractéristiques morphologiques d' <i>Opuntia ficus indica</i>	22
Figure 2 : Zones d'étude et régions enquêtées.	60
Figure 3 : Pourcentage d'inhibition du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dans les extraits de lait des deux lots test et témoin.....	72
Figure 4: Activité antioxydante par la méthode du Ferric reducing antioxidant power FRAP de lait de brebis des deux lots test et témoin.....	73
Figure 5 : Concentration des polyphénols totaux dans le lait de brebis des deux lots test et témoin	74
Figure 6 : Concentration en flavonoïdes dans le lait de brebis des deux lots test et témoin	75
Figure 7 : Variation de a) le pH et b) d'acidité titrable (TA) de yaourt en fonction de la durée de conservation (4 ° C) en jours (28 jours).	78
Figure 8 : Variation du pourcentage d'inhibition du DPPH du yaourt en fonction de la durée de conservation (4 ° C) en jours (28 jours).	79
Figure 9: Variation de la teneur en polyphénols totaux en µgEAG/ml de yaourt en fonction de la durée de conservation (4 ° C) en jours (28 jours).	80
Figure 10 : Variation de a) le pH et b) d'acidité titrable (TA) de fromage frais en fonction de la durée de conservation (4 °C) en jours (15 jours).	81
Figure 11 : Variation de pourcentage d'inhibition de DPPH de fromage frais en fonction de la durée de conservation (4 °C) en jours (15 jours).	82
Figure 12 : Variation de la teneur en polyphénols totaux en µg EAG/ml de fromage frais en fonction de la durée de conservation (4 °C) en jours (15 jours).	83

Liste des schémas

Schéma 1 : Trajet de la douleur.....	29
Schéma 2 : Modulation du message nerveux nociceptif	29
Schéma 3 : Stimulation des nocicepteurs par les algogènes	30

Introduction générale

Les grands enjeux liés à l'interaction entre les changements climatiques, la sécurité alimentaire et le développement durable ont fait l'objet d'importants débats ces dernières années. Ces enjeux ont attiré l'attention des pouvoirs publics et de la communauté internationale notamment sur l'importance de la valorisation des produits de terroir.

C'est dans ce contexte que le Maroc a revu sa stratégie agricole pour une remise à niveau des restructurations et la redéfinition des missions. Dans cette perspective, le Plan Maroc Vert a été élaboré pour rendre l'agriculture un des principaux moteurs de la croissance de l'économie nationale pour la création d'emplois et la lutte contre la pauvreté.

Le territoire marocain est le siège d'un réservoir important de diverses ressources végétales. Cette diversité a depuis toujours été exploitée par la population riveraine à des fins alimentaires, médicinales voire cosmétiques et représente une source de revenu majeure. Cependant, seules quelques ressources sont valorisées et organisées en filières et les techniques utilisées demeurent archaïques et traditionnelles et de nombreuses questions se posent quant à la pérennité de ces filières.

Parmi ces ressources, les *Opuntia*, en particulier *Opuntia ficus indica* (figuier de barbarie) est une espèce qui joue de multiples rôles sur les plans socio-économique, écologique et environnemental. Grâce à sa résistance à la sécheresse, cette plante est, par excellence, une espèce adaptée à une agriculture durable des régions arides et semi-arides grâce à sa grande capacité de rétention de l'eau (Chriayaa, 1998). Le figuier de barbarie est à l'origine de nombreux produits et sous produits destinés à l'alimentation de l'Homme et du bétail, aux divers usages industriels, médicaux, pharmaceutiques et cosmétiques (Wallali, 1997 ; Kaanane, 1998).

Ainsi, l'objectif principal de la présente étude vise à remédier à l'insuffisance de la valorisation des produits et sous produits du figuier de barbarie, insuffisance liée au manque de la maîtrise des techniques de conditionnement et de transformation (Kamal, 2008).

En effet, la production des fruits couvre une courte période estivale et seulement 40 à 50 % de la production des fruits sont commercialisés, 4% sont autoconsommés et 45 à 60 % ne sont pas exploités (Bendaou, 2010).

Ces pertes sont regrettables au vu des contraintes alimentaires des ruminants dans les régions à climat aride et semi-aride, telles la région de Rhamna. Dans cette région, l'élevage de bétail constitue l'activité principale de nombreux agriculteurs qui déplorent la cherté des aliments conventionnels à laquelle s'ajoute la méconnaissance des ressources alimentaires alternatives.

Par ailleurs, nous nous sommes intéressés aux vertus médicinales de cette plante, car malgré les progrès de la chimie de synthèse, le monde végétal reste toujours un réservoir inépuisable de principes actifs.

En effet, *Opuntia ficus-indica* est utilisée dans la médecine traditionnelle pour ses propriétés antioxydantes, antidouleurs, anti-inflammatoires et hypoglycémiantes (Bussmann *et al.*, 2011 ; Deldicque *et al.*, 2013 et Zou *et al.*, 2005) avec une faible toxicité en milieu aqueux (Bussmann *et al.*, 2011 ; Agozzino *et al.*, 2005). Ces activités seraient dues à la présence de la quercétine, flavonol le plus dominant chez quatre espèces d'*Opuntia* (*O. ficus-indica*, *O. lindheimeri*, *O. streptacantha* et *O. stricta* var. *Stricta*, Kuti (2004).

Aujourd'hui plus que jamais, nous sommes appelés à sauvegarder ce patrimoine à le valoriser de manière à développer une ethnobotanique appliquée.

Ainsi, les objectifs spécifiques de notre étude se déclinent comme suit :

- Effet du régime à base de rebuts des fruits du cactus sur la croissance et sur la production et la qualité du lait de brebis de la race Sardi ;
- Évaluation de l'activité antioxydante, de la teneur en flavonoïdes et en polyphénols totaux et du profil d'acides gras du lait de brebis testées ;
- Caractérisation physico-chimique et du pouvoir antioxydant du fromage et du yaourt élaborés ;
- Enquête ethnobotanique sur les utilisations d'*Opuntia ficus indica* en médecine traditionnelle ;
- Confirmation de l'activité anti-nociceptive *in vivo* des extraits aqueux, éthanoliques et de dichlorométhane des cladodes et des fleurs.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur *Opuntia ficus indica* « figuier de barbarie »

1. Importanace soscio-économique

Le figuier de barbarie est une plante originaire du Mexique où il a été introduit par l'Homme depuis 6500 ans avant J.C et fut l'un des bases de l'alimentation des populations indigènes. Il a été introduit dans les régions méditerranéennes que vers la fin du 15^{ème} siècle et en Afrique vers la fin du 16^{ème} siècle. Le figuier de barbarie est développé sur la partie ouest de l'océan méditerranéen : tout particulièrement dans le Sud de l'Espagne, Portugal, Sicile et en Afrique du Nord. Il occupe des superficies importantes en Sicile avec plus de 300 000 ha, et en Tunisie avec plus de 100 000 ha. Il est depuis longtemps cultivé au Maroc pour ses fruits comestibles et son apport fourrager. Sa superficie a évolué d'une façon remarquable au Maroc au cours de ces deux dernières décennies à cause de la sécheresse passant de 50 000 ha en 1998 à plus de 120 000 ha actuellement. La région de Guelmim-sidi ifni occupe la première place avec 50% de la superficie national plus de 50 000 ha et celle du Haouz-EL Kelaa des Sraghnas avec 30 % de la superficie nationale avec environ 33 000 ha, la région de Khouribga vient en troisième place et celle de Doukkala est quatrième. La superficie élevée au cours de ces dernières décennies est due aux opérations de plantation abondantes qui sont menées par les agriculteurs et les établissements agricoles de développement et de vulgarisation et la direction des eaux et des forêts, et ce dans le cadre du programme de lutte contre les effets de la sécheresse et de la mise en valeur agricole des terres de Bour et du programme de reboisement des terres forestières et de l'aménagement des parcours (Boujghagh et Chajia, 2001).

Le terroir de production du cactus se déploie sur toute la frange atlantique de cette région (qui regroupe les provinces de Guelmim, Tan-Tan, Assa-Zag et Tata). La période de la production des fruits s'étale de juin à décembre. Alors qu'une grande partie de la production périt sur pied, faute d'une logistique adéquate.

Les rendements à l'hectare du figuier de barbarie varient d'une année à l'autre et d'une exploitation à l'autre selon les pluies, la densité, la variété et l'âge de plantation. Le rendement moyen dans la zone est estimé à 10 t/ha avec une production globale d'environ 24000 t dont seulement 50 % sont récoltées et 2000 t commercialisées.

Par ailleurs, les contraintes au développement de la culture de cette espèce résideraient principalement dans la méconnaissance des producteurs des techniques modernes de culture, l'enclavement et parfois l'éloignement des périmètres potentiels de production rendant difficiles l'exploitation et la commercialisation de la production en fruits.

2. Importance écologique

Le figuier de Barbarie se caractérise par un rendement élevé en biomasse durant les conditions extrêmes de sécheresse. Une pluviosité comprise entre 150 et 400 mm/an et en absence de fertilisation, la variété inerme peut produire jusqu'à 100 tonnes/ha/an de raquettes (Monjauze et Le Houerou, 1965). Cette production est variable en fonction des régions (Habibi, 2004). Le figuier de Barbarie est utilisé pour la protection et la mise en valeur des sols dans les régions arides et semi-arides ce qui a été démontré dans la région de Milpa-Alta en Mexique (Araba *et al.*, 2009 ; Orwa *et al.*, 2009). En effet, cette région a été complètement dégagée pour y introduire des cultures fourragères telles que le maïs. L'échec était total en raison de la faiblesse et de l'irrégularité des précipitations. La réintroduction de cactus a assuré la remise en valeur sans risque de dégradation environnementale dans toute la région. Parallèlement, les *Opuntia*, en association avec d'autres espèces ligneuses ont été utilisés avec succès dans un programme de fixation des dunes en Somalie. Les racines étendues de cette espèce sont en mesure d'exercer une action antiérosive efficace en stabilisant les surfaces en pente (Saenz *et al.*, 2004). Car, ce végétal permet l'évolution positive des sols par la biotransformation des racines et des raquettes en substances organiques et donc une plus grande disponibilité en éléments nutritifs (Mandouri, 2000). Il sert aussi d'abri de protection, de clôture défensive des exploitations et d'obstacles à la propagation des incendies (Orwa *et al.*, 2009).

3. Monographie d'*Opuntia ficus infica*

3.1. Position systématique et discription botanique

La position systématique du figuier de Barbarie est la suivante :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Caryophyllidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Cactaceae

Sous-famille : Opuntioideae

Tribu : Opuntieae

Genre : *Opuntia*

Espèce : *Opuntia ficus indica* (L.) Miller, 1768.

Noms latin : *Opuntia ficus-indica*

Nom français : le figuier de barbarie

Noms vernaculaires : Alhendiya, azza'boul, Hendi, eddrag, karmouss ensara, charbo, raasoul

Noms amazigh : Iguranne erroumi, aqnari, tahendit.

La famille des Cactacées renferme environ 1600 espèces avec le centre de la diversité maximale au Mexique qui abrite 669 espèces (Guzman *et al.*, 2003). La tribu des *Opuntieae* comprend le genre *Opuntia*, subdivisé à son tour en quatre sous-genres : *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous genre *Platyopuntia* comprend 150 à 300 espèces, parmi lesquelles figure *Opuntia ficus indica*. Cette espèce est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes (Dubeux *et al.*, 2006).

Le figuier de barbarie est une plante arborescente vivace et érigée de 3 à 5 m de haut, à tiges charnues, caliciformes, apparemment aphyllés. Elle possède un tronc épais et ligneux, avec une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1,5 à 3 cm appelés cladodes ou raquettes (Halmi, 2015).

Les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs.

Leurs méristèmes produisent des épines, des glucides, des racines adventives, de nouvelles cladodes ou des fleurs. Les épines sont blanchâtres, sclérifiées, solidement implantées et longues de 1 à 2 cm. Il y a en effet deux variétés d'*Opuntia*, la variété inerme et épineuse (Halmi, 2015).

Les fleurs de cette plante sont grandes et hermaphrodites, de couleur jaunâtre et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante. Le fruit est souvent charnu, il s'agit d'une baie renfermant dans sa pulpe de très nombreuses graines, chacune de celles-ci contient un embryon enroulé autour d'un albumen réduit.

La plante est xérophile, elle se caractérise par une adaptation remarquable à la sécheresse obtenue au fil du temps par l'évolution de la structure de son organisme. Les températures maximales supportées excèdent les 50 à 58 °C.

Bien que cette espèce ait une large faculté d'adaptation pour différents sols (acides, calcaires ou pauvres en matière organique), elle a une préférence pour les sols très perméables, sableux ou caillouteux (Nerd *et al.*, 1994).



Flours (Christian floquet : aujardin.info)

Cladodes/Raquettes (Agia Galini, 2006)

Fruits (Agia Galini, 2006)

Figure 1 : Caractéristiques morphologiques d'*Opuntia ficus indica*

3.2. Composition chimique

3.2.1. Composition en molécules à intérêt nutritionnel

Les cladodes sont riches en vitamine A, B, C, en fer et en pectine sollicitée dans les industries agro-alimentaires et cosmétiques (Boujanh, 2000). Le tableau 1 illustre la composition chimique de différentes parties de la plante d'*Opuntia*. Cette composition est marquée par la teneur élevée en eau, une teneur importante en glucides et une faible fraction protéinique.

Toutes les parties d'*Opuntia* (fleur, raquette et fruit) constituent une base d'un régime alimentaire. La consommation des raquettes contribue à l'amélioration du contrôle du taux du glucose dans le sang et l'augmentation de la sécrétion de l'insuline chez les personnes diabétiques (Boujanh, 2000). D'autres parts, l'alimentation à base des raquettes diminue le niveau des graisses (lipides) grâce aux matières pectiques considérées parmi les fibres nutritionnelles bénéfiques pour la santé (Boujanh, 2000).

Les résultats de diverses recherches menées sur les fruits et les raquettes de figuier de barbarie par l'I.N.R.A, ont montré qu'on peut préparer de la confiture à partir de l'épiderme de fruit ou extrait du jus. Tandis que, les raquettes sont utilisées pour la préparation des conserves de légumes, susceptibles d'être consommées selon les besoins à l'instar des conserves de l'haricot vert qui se caractérise par un goût et une qualité distingués (Boujanh, 2000).

D'autre part, des études ont montré que les graines de fruits se composent de 31 % de sels minéraux, 8,1 % de protéines et 9 % de matières grasses (Boujanh, 2000). A cet effet, les graines peuvent être exploitées dans la fabrication et dans l'extraction de certains produits cosmétiques en tant que huile riche en acides gras insaturés.

Tableau 1 : Composition chimique moyenne des parties du figuier de barbarie « *Opuntia ficus-indica* » (Hamadoun *et al.*, 2016).

Constituants	Fruit (%)	Pulpe et graines (%)	Pulpe sans graines (%)	Cladodes (%)
Eau	80,0	84,5	83,6	89,6
Protéines	1,0	1,3	0,8	5-7
Lipides totaux	0,7	1,3	0,3	0,1
Glucides	14,8	8,0	10,8	5,8
Fibres brutes	2,3	4,4	3,6	15

3.2.2. Composition en molécules à intérêt thérapeutique

Le fruit d'*O. ficus-indica*, en particulier sa peau, est riche en vitamine E avec des quantités allant jusqu'à 17,6 g/kg d' α -tocophérol. L'huile essentielle extraite à partir de la pulpe du fruit est riche en σ -tocophérol avec 4,220 g/kg (Fernandez *et al.*, 2010 ; Ramadan *et al.*, 2003). Il contient 180 à 300 mg/kg de vitamine C. Cette teneur est plus élevée dans d'autres fruits communs ; la pomme, la banane, ou de raisin (Piga, 2004). Il est à noter que la vitamine K₁ est présente dans toutes les parties du fruit, allant de 0,5 à 1 g/kg (Ramadan *et al.*, 2003). Dans la pulpe, le potassium est présent avec 161mg/100g dépassant la concentration d'autres minéraux comme le calcium et le magnésium (Medina *et al.*, 2007; Sawaya *et al.*, 1983). La teneur en phénols totaux est de 218,8 mg/100 g (Fernandez *et al.*, 2010), avec une teneur élevée en glycosides isorhamnétines (50,6 mg/100g) par rapport à d'autres flavonoïdes (Galati *et al.*, 2003 ; Bensadon *et al.*, 2010 ; Tesoriere *et al.*, 2005).

L'huile extraite de graines du fruit a une faible teneur en vitamine E : 0,403 g/kg (γ -tocophérol 0,330 g/kg) (Ramadan *et al.*, 2003). Une telle quantité est très faible par rapport au contenu d'huile d'Argane (7,6 à 8,6 g/kg) (Cayuela *et al.*, 2008 ; Khallouki *et al.*, 2003).

Les graines issues des fruits d'*Opuntia* sont riches en minéraux avec une prédominance de potassium et de phosphore avec 163 et 152 mg/100 g, respectivement. Ils se caractérisent aussi par des taux élevés en magnésium (74,8 mg/100g), en sodium (67,6 mg/100 g) et en calcium (16,2 mg/100 g) (El Kossori *et al.*, 1998 ; Medina *et al.*, 2007). Les graines des fruits contiennent des quantités élevées de composés phénoliques allant de 48 à 89 mg/100 g et notamment les dérivés de féruloyl, tannins et sinapoyl diglucoside (Chougui *et al.*, 2013) (**Tableau 2**).

Les écorces de fruits ont une très haute teneur en composés phénoliques dont la plupart sont bioactifs, ainsi que les dérivés de flavonoïdes tels que kaempférol (0,22 mg/100g) et la quercétine (4,32 mg/100g) (Kuti *et al.*, 2004; Moussa *et al.*, 2011; Jorge *et al.*, 2013).

Les principaux minéraux trouvés dans la raquette, sont le calcium et le potassium, avec des quantités allant de 235 à 5520 mg/100g (Feugang *et al.*, 2006; Ayadi *et al.*, 2009).

Certains polyphénols ne sont produits que par les raquettes de certaines variétés d'*Opuntia*. Cette partie de la plante présente de grandes quantités de composés flavonoïdes inhabituels tels que la nicotiflorine (146,5 mg/100g) et la narcissin (137,1 mg/100g) (**Tableau 2**) avec des teneurs élevées en isoquercétine et en acide férulique, respectivement 39,67 et 34,77 mg/100g (Valente *et al.*, 2010, Bensadon *et al.*, 2010, Gallegos *et al.*, 2009, Guevara *et al.*, 2010). Des traces de la vitamine B est présente dans la raquette (Feugang *et al.*, 2006).

Comme utilisation pharmacologique, les fleurs sont utilisées traditionnellement avec succès contre l'amibiose, cette action a été étudiée et confirmée scientifiquement (Le Houerou, 1965). Dans la fleur on trouve les principales molécules, à savoir, l'acide gallique et le 6-isorhamnétine 3-O-robinobioside, avec des teneurs respectives de 4,9 et 4,27 mg/100g de matière sèche (**Tableau 2**).

Tableau 2: Teneur en composés phénoliques : polyphénols et flavonoïdes dans les différentes parties de la plante de l'espèce *Opuntia ficus-indica* (De Leo *et al.*, 2010 ; Ahmed *et al.*, 2005).

Partie de la plante	Principaux composés identifiés	Teneur en mg/100 g	Références
Fleurs	Acide gallique	1630–4900	(De Leo <i>et al.</i> , 2010 ; Ahmed <i>et al.</i> , 2005 ; Clark <i>et al.</i> , 1980)
	Quercetin 3-O-Rutinoside	709	
	4 Kaempferol 3-O-Rutinoside	400	
	5 Quercetin 3-O-Glucoside	447	
	6 Isorhamnetin 3-O-Robinoside	4269	
	7 Isorhamnetin 3-O-Galactoside	979	
	8 Isorhamnetin 3-O-Glucoside	724	
	9 Kaempferol 3-O-Arabinoside	324	
Pulpe	Acides phénoliques totaux	218,8	(Galati <i>et al.</i> , 2003 ; Fernandez <i>et al.</i> , 2010, Bensadon <i>et al.</i> , 2010; Salim <i>et al.</i> , 2009; Tesoriere <i>et al.</i> , 2005; Khatabi <i>et al.</i> , 2011)
	Quercétine	9	
	Isorhamnétine	4,94	
	Kaempférol	0,78	
	Lutéolin	0,84	
	Isorhamnétine glycosides	50,6	
	Kaempférol	2,7	
Graines	Acides phénoliques totaux	48-89	(Chougui <i>et al.</i> , 2013)
	Feruloyl-sucrose isomer 1	7,36–17,62	
	Feruloyl-sucrose isomer 2	2,9–17,1	
	Sinapoyl-diglucoside	12,6–23,4	
	Flavonoïdes totaux	1,5–2,6	
	Tannins totaux	4,1–6,6	
Peau du fruit	Acides phénoliques totaux	45,7-103	(Kuti <i>et al.</i> , 2004 ; Moussa <i>et al.</i> , 2011; Jorge <i>et al.</i> , 2013)
	Flavonoïdes totaux	6,95	
	Kaempférol	0,22	
	Quercétine	4,32	
Raquettes	Isorhamnétine	2,41–91	(Valente <i>et al.</i> , 2010 ; Bensadon <i>et al.</i> , 2010 ; Gallegos <i>et al.</i> , 2009 ; Guevara <i>et al.</i> , 2010)
	Acide gallique	0,64–2,37	
	Acide coumarique	14,1–16,2	
	Acide 3,4- dihydroxybenzoïque	0,06–5,02	
	Acide 4-hydroxybenzoïque	0,5–4,72	
	Acide férulique	0,56–34,77	
	Acide salicylique	0,58–3,54	
	Isoquercétine	2,29–39,67	
	Isorhamnetin-3-O-glucoside	4,59–32,21	
	Nicotiflorine	2,89–14,65	
	Rutine	2,36–26,17	
Narcissine	14,7–137,1		

3.3. Usage traditionnel

La prospection bibliographique a permis de mettre en exergue les différents usages traditionnels des parties d'*Opuntia ficus indica* au niveau national et international. Les résultats sont présentés dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : Utilisation traditionnelle de différentes parties d'*Opuntia ficus indica*.

Partie de la plante utilisée	Utilisations	Référence
Suc extrait par pression à partir des cladodes	Traitement du foie, des rhumatismes, du scorbut et des maladies du rein.	Saézn, 1995 ; Galati <i>et al</i> , 2001
Suc extrait par pression à partir des cladodes	rôle hypoglycémiant et hypocholestérolémiant	Fрати <i>et al.</i> , 1990 ; Cárdenas <i>et al.</i> , 1998
Huile des graines	Effet hypocholestérolémie	Ennouri <i>et al.</i> , 2005
Poudre des graines	Effet hypoglycémie	Ennouri <i>et al.</i> , 2005
Pulpe	Antioxydant, anti-inflammatoire et anti-ulcérogénique	Ahmed <i>et al.</i> , 2005; Galati, 2001 Tesoriere <i>et al.</i> , 2006 ; Hilali <i>et al.</i> , 2011
Farine des cladodes	Emollient, moisturizing, cicatrisant, hypocholestérolémie	Fрати <i>et al.</i> , 1990; Pimienta, 1990; Fernandez <i>et al.</i> , 1992, 1994; Rosado, 1995.
les tiges	Appliquées en forme de cataplasme sur les rompures, consolident bien les os rompus.	Dalechamp, en 1615
Tiges, cladodes	douleurs rhumatismales	J.SOULAIRE 1947

3.4. Quelques activités biologiques validées

Le figuier de barbarie appartient depuis toujours aux plantes médicinales les plus utilisées. La recherche médicale moderne redécouvre avec un intérêt grandissant de nouvelles propriétés. Les composés des extraits issus d'*Opuntia* ont été utilisés comme traitement sur de nombreux modèles expérimentaux, de manière à évaluer le potentiel de leurs composés à traiter différentes maladies.

3.4.1. Effet anti-cancer

La plupart des études suggèrent que l'extrait de fruit d'*Opuntia* inhibe non seulement la prolifération des lignées de cellules cancéreuses du col de l'utérus, des ovaires et de la vessie (Zou *et al.*, 2005 ; Fernandez, 2001), mais aussi la croissance tumorale chez les souris (cancer ovarien *in vivo*) (Zou *et al* 2005 ; Fernandez 2001). L'administration intra-péritonéale d'une solution d'extrait d'*Opuntia* a indiqué que la plante n'a pas d'effet toxique important chez les animaux.

Par ailleurs, une inhibition de la croissance tumorale comparable à la rétinoïde synthétique N-(4-hydroxyphényl) rétinamide est utilisée actuellement comme agent chimio-préventif dans la chimio-prévention du cancer de l'ovaire (De palo *et al.*, 2002).

3.4.2. Propriétés anti-oxydantes

L'action anti-oxydante est l'un des nombreux mécanismes par lesquels les substances des fruits et des légumes pourraient exercer leurs effets bénéfiques sur la santé (Tesoriere *et al.*, 2005). La présence de plusieurs agents antioxydants (acide ascorbique, les caroténoïdes, glutathion réduit, la cystéine, la taurine et les flavonoïdes) a été détectée dans les fruits de différentes variétés de cactus (Park *et al.*, 1998 ; Tesoriere *et al.*, 2005 ; kuti *et al.*, 2004). Les propriétés antioxydantes des bétalaïnes de figuier de barbarie (bétanine et indicaxanthine) sont prouvées (Stintzing *et al.*, 2005 ; Tesoriere *et al.*, 2005 ; Butera *et al.*, 2002). De nombreuses études *in vitro* ont démontré l'effet bénéfique des polyphénols et des bétalaïnes incolores (Tesoriere *et al.*, 2005 ; Siriwardhana *et al.*, 2004 ; Dok-go *et al.*, 2003). De plus, les polyphénols sont bien connus comme des antioxydants, cardio-protecteurs, anticancéreux, antiviraux et anti-allergéniques (Carbo *et al.*, 1999 ; Tapiero *et al.*, 2002).

3.4.3. Effets anti-inflammatoire et analgésique

Plusieurs études ont évoqué les actions anti-inflammatoires et analgésiques d'*Opuntia* en utilisant soit l'extrait de fruit (Loro *et al.*, 1999), soit les raquettes lyophilisées, ou les phytostérols des extraits de fruits (Park *et al.*, 1998).

Park *et al.*, (2001) ont identifié le β -sitostérol comme le principe actif anti-inflammatoire de l'extrait de tige. Des études sur les rats ont montré la réduction des lésions-gastriques par la poudre des fruits (Lee *et al.*, 2002). Enfin, la bétanine et l'indicaxanthine stimulent un effet inhibiteur sur l'activité de chloration de la myéloperoxydase de pH=5 à pH neutre (Allerga *et al.*, 2005).

3.4.4. Effet anti-diabétique (type II)

Les cladodes sont traditionnellement utilisées pour traiter le diabète au Mexique (Dominuez *et al.*, 1995). Aujourd'hui, l'*Opuntia* ssp est parmi la majorité des produits recommandés par les herboristes Italiens pour réduire la glycémie (Cicero *et al.*, 2004). Certaines études ont démontré l'activité hypoglycémiant de l'extrait du fruit sur des individus diabétiques et non-diabétiques (Trejo *et al.*, 1996). Dans une étude sur les rats, la combinaison de l'insuline et de l'extrait purifié de cactus (*Opuntia fuliginosa griffiths*) a permis de réduire le glucose sanguin et a réduit les niveaux d'hémoglobine glyquée à la normale (Trejo *et al.*, 1996).

Une autre étude a montré que le supplément alimentaire chez les rats avec de l'huile de graine d'*Opuntia* (25 mg/kg) réduit la teneur de glucose dans le sérum (Ennouri *et al.*, 2005). Ces observations ont été expliquées par une induction potentielle de la sécrétion d'insuline.

II. Physiopathologie de la douleur

1. Notion de la douleur

La transmission douloureuse est un phénomène complexe, impliquant des mécanismes électro-physiologiques et neurochimiques (Payen, 2002). D'une part, la douleur est définie comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle. D'autre part, cette définition nous rappelle que la douleur, quelle que soit son origine, elle revêt des aspects psychologiques. Cela induit qu'elle est une expérience subjective, propre à chacun et influencée par un certain nombre de facteurs (Rat, 2014).

La durée d'évolution est l'élément prépondérant qui permet de distinguer une douleur aiguë d'une douleur chronique (Radat, 2014).

La douleur aiguë est une valeur du signal d'alarme, de symptôme aidant au diagnostic. Généralement, elle décroît lorsqu'un traitement de sa cause est institué. Cette constatation ne dispense en aucune manière du traitement symptomatique de la douleur aiguë. Alors que la douleur chronique est une douleur qui a une durée d'évolution de plus de 3 mois.

Elle persiste et devient rebelle aux antalgiques usuels et représente pour le patient l'essentiel de sa maladie avec un fort retentissement psychologique et social (Laroche, 2014).

1.1. Chemin de la douleur

Le chemin de la douleur emprunte celui du réseau neuronal nociceptif, au travers de la moelle épinière et vers le cerveau. La douleur est détectée par des récepteurs de la nociception qui transforment le stimulus en influx nerveux douloureux (Ledhé *et al.*, 2009).

L'information détectée par les nocicepteurs est ensuite relayée par des fibres nerveuses qui arrivent au niveau de la moelle épinière par les racines dorsales puis à partir de la substance grise, le message électrique est transmis par les synapses, à un deuxième neurone qui est le neurone spinothalamique. Ce neurone chemine (**Schéma 1**) dans la substance blanche de la moelle épinière jusqu'au thalamus. L'influx nerveux arrivent au cerveau par le thalamus et le cortex cérébral, où l'information est intégrée, ce qui engendre la prise de conscience et la localisation de la douleur (Gaillard, 2014).

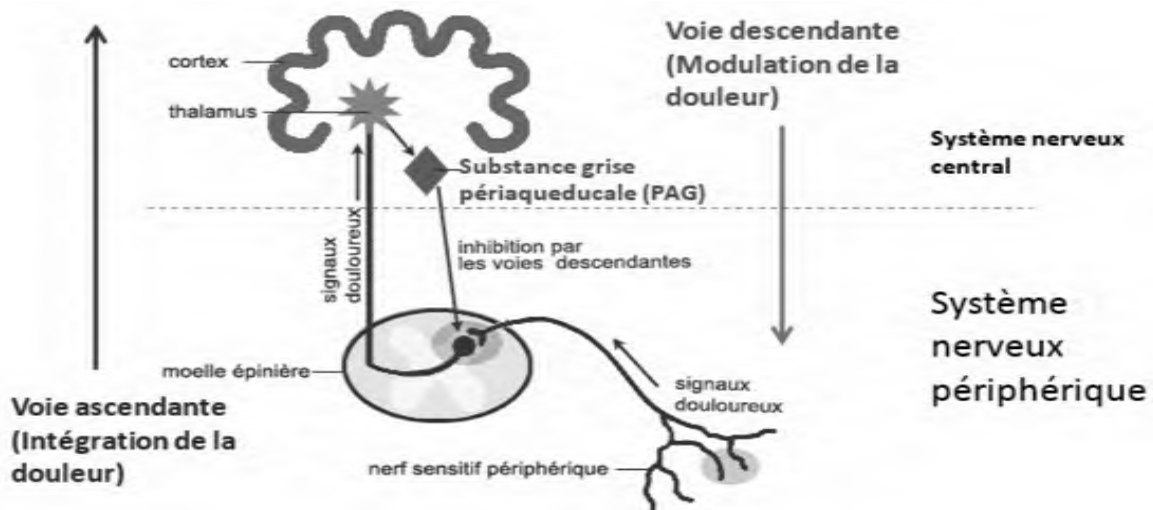


Schéma 1 : Trajet de la douleur (Gaillard, 2014).

1.2. Mécanisme de la douleur

1.2.1. Douleur nociceptive

La douleur nociceptive est causée par une activation des neurones primaires afférents appelés nocicepteurs et par un état d'inflammation en réponse à une lésion ou à une blessure.

La douleur postopératoire est un exemple de la douleur nociceptive. Elle est limitée dans le temps, souvent appelée aigue. Elle remplit une fonction biologique, elle protège et prévient comme elle est rarement accompagnée de signes psychologiques (Schéma 2) (Nehme, 2006).

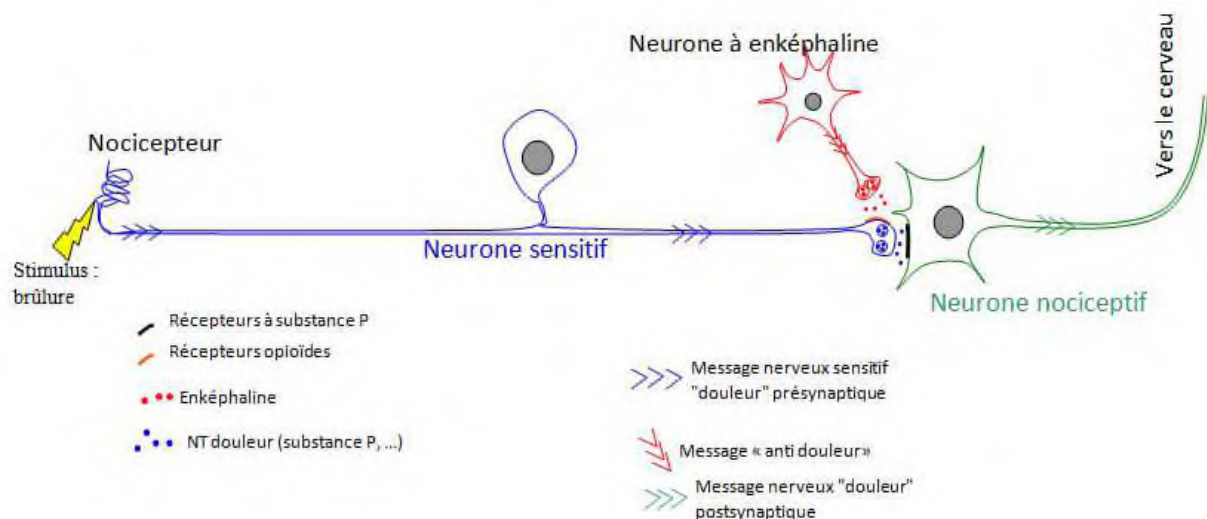


Schéma 2 : Modulation du message nerveux nociceptif (Nehme, 2006).

1.2.2. Douleur neuropathique

La douleur neuropathique est une douleur causée lorsque le système nerveux est lésé dans la partie qui transmet les sensations. Lorsque les fibres nerveuses sensibles sont abîmées, elles sont susceptibles de transmettre des informations erronées et le malade se voit désinformé, il

ressent alors des brûlures, des décharges électriques, des démangeaisons, des picotements, des sensations de froid douloureuses et des fourmillements dans des régions du corps qui sont d'apparence normale (Laroche *et al.*, 2008).

Ces douleurs peuvent se manifester en absence de tout stimulus de manière spontanée, elles sont alors permanentes, ou par un stimulus peu ou non douloureux mais perçu de façon exagérée (Aarskorg, 2011).

1.2.3. Douleur psychogène

Les douleurs psychogènes regroupent toutes les douleurs qui ne sont l'on ne sait pas classer dans une des deux catégories précédentes. Ce sont des douleurs sans lésions apparentes. Leur dimension essentielle semble résider dans le psychisme, avec l'intervention de phénomènes psychologiques amplifiant la sensation douloureuse (Wrobel, 2003).

1.3. Médiateurs de la douleur

Les stimulations thermiques et mécaniques activent directement les nocicepteurs. Les lésions traumatiques, inflammatoires ou ischémiques vont provoquer la libération par les tissus lésés de substances chimiques (**Schéma 3**).

Les prostaglandines et les leucotriènes jouent un rôle de sensibilisateurs des nocicepteurs agissant sur d'autres substances tel que les peptides impliqués dans la transmission du message douloureux. La substance P est la plus connue comme neuropeptide jouant un rôle primordial dans le nociception grâce à son action vasodilatatrice qui est à l'origine de l'inflammation algogène. Il existe d'autres neuropeptides tel que le peptide associé au gène de la calcitonine (CGRP) et la neurokine (Rabaud *et al.*, 2013).

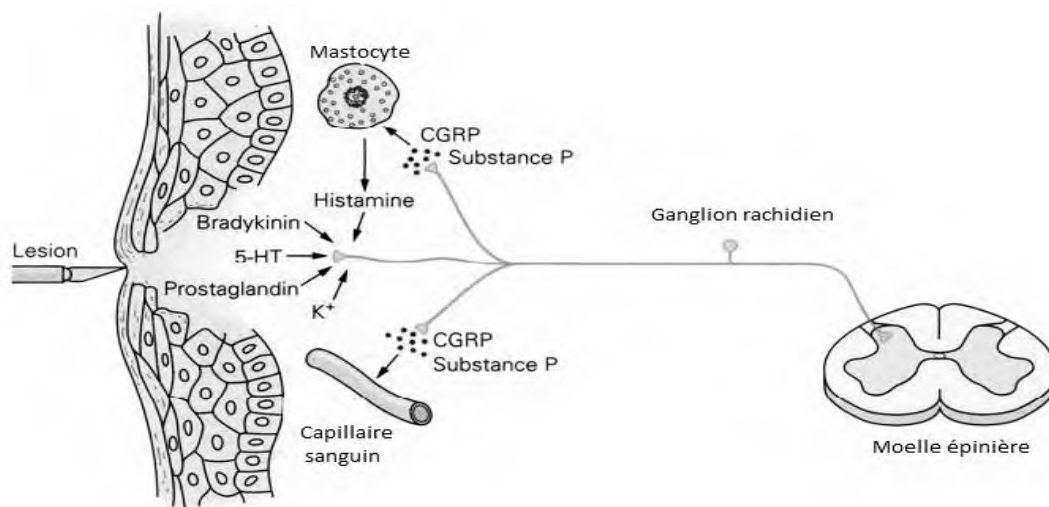


Schéma 3 : Stimulation des nocicepteurs par les algogènes (Rabaud *et al.*, 2013).

2. Différentes types d'antalgiques

Un antalgique ou analgésique est un médicament utilisé pour calmer la sensation douloureuse. Il existe plusieurs sortes d'antalgiques qui sont dispensés en fonction du type de douleurs rencontrées. Selon Monassier, (2005) Les antalgiques sont repartis en 2 classes :

2.1. Les antalgiques morphiniques (opiacés)

Les opiacés sont des substances naturelles ou synthétiques dérivées de l'opium, utilisées principalement comme antalgiques. Ils sont largement utilisés pour traiter les douleurs modérées à sévères d'origine cancéreuse ou non cancéreuse. Les antalgiques opiacés par voie orale réduisent l'anxiété et procurent, de manière très discrète, une sensation de soulagement et de plénitude. Des effets secondaires immédiats peuvent être associés à une baisse de tension, un ralentissement du rythme cardiaque, des nausées ou des vomissements, des vertiges, des sueurs, des démangeaisons, une rétention d'urines, une constipation et des spasmes abdominaux (Roulet *et al.*, 2007).

2.2. Les antalgiques non morphiniques

Ce sont des traitements antalgiques simples souvent couplés à une action antipyrétique. Les antalgiques non morphiniques regroupent l'ensemble des médicaments symptomatiques des douleurs dont le mécanisme d'action est indépendant des récepteurs opioïdes. Ils sont classés en trois groupes selon leur profil pharmacodynamique (antalgiques purs, antipyrétiques et antipyrétiques anti-inflammatoires) (Perrot *et al.*, 2013).

III. Valorisation d'*Opuntia ficus indica* en alimentation animale : Cas des ovins

1. Situation d'élevage des ovins au Maroc : production et qualité

Au Maroc, l'élevage ovin est doté d'une importance de choix dans l'économie agricole et social. Elle est caractérisé par son mode de conduite extensif ainsi sa faible productivité à cause de sa dépendance vis-à-vis aux conditions climatiques et aux manque de ressources alimentaires alternatives particulièrement durant les périodes de soudure.

1.1. Performances de production

Le poids à l'agnelage est le résultat de certains facteurs à savoir le génotype de l'agneau, l'alimentation de la brebis en fin de gestation et pendant la phase de lactation, le sexe et la portée de la mère (Khaldi, 1973 ; Ben Kirane *et al.*, 1990 ; Juma et Fraj, 1966 ; Prud'hon *et al.*, 1970 ; Ben Gara *et al.*, 1997).

Juma et Fraj (1966) rapportent que généralement, le poids à la naissance augmente avec l'âge des brebis de 2 à 7 ans et que celui-ci diminue au-delà de cet âge. Les agneaux les plus lourds étant produits par les mères âgées de 5 à 7 ans (Prud'Hon, 1970). Chopra et Acharya (1971) soulignent l'effet significatif de l'année sur le poids à la naissance (par l'influence du climat sur l'état des pâturages).

Selon Thériez (1982) le poids à la naissance est le premier facteur qui conditionne la survie des agneaux. Il existe une relation étroite entre les performances de croissance prénatale et postnatale des agneaux. C'est dans ce sens que Ricordeau et Flamant, (1969) ont montré l'existence d'une corrélation positive entre le poids à la naissance des agneaux et leur croissance ultérieure.

Le régime alimentaire des agneaux durant le premier mois d'âge est uniquement lacté. De ce fait, son GMQ10-30 est un indicateur des performances de la production laitière de la brebis (mère) (Pru'hon, 1976). Khaldi (1973) rapporte qu'il existe une corrélation entre la quantité du lait tété et le gain du poids dont le coefficient varie entre 0,7 et 0,9. En effet, ce paramètre de croissance est utilisé en vue du contrôle laitier indirect (Ricordeau et Boccard, 1961).

De même, Prud'hon (1970) rapporte que le gain moyen quotidien entre 30 et 70 jours, est nommé aussi indice de développement des agneaux. Il traduit la capacité de ces derniers à transformer les unités fourragères en viande. En effet, ce paramètre est un indicateur fondamental sur la précocité des agneaux qu'on doit prendre en considération dans le choix des reproducteurs (Ben Hamouda, 1981).

En ce qui concerne la croissance Post-Sevrage, les agneaux sont sevrés lorsque leurs poids est au minimum égal au triple du poids à la naissance des jeunes (Ben Kirane *et al.*, 1990). De plus, Ben Gara *et al.* (1997) rapportent que la croissance post sevrage ne dépend que de l'alimentation offerte aux agneaux ainsi que de leur propre potentiel génétique.

Le tableau ci-dessous illustre la variation des performances de production en fonction du facteur génétique.

Tableau 4 : Variation des performances de production des races ovines marocaines en fonction du facteur génétique (Relevé officiel du contrôle des performances (DE/ANOC).

	Poids naissance (kg)	Poids à 90 j (kg)	GMQ 10-30 (g/j)	GMQ 30-90 (g/j)	Productivité pondérale (kg)	Production laitière en 12 semaines Kg
Timahdite	3,27	18,10	182	146	20,20	80
Sardi	3,38	17,60	192	146	22,60	59,30
Béni Guil	3,15	15,30	157	121	14,00	52,30
Boujaâd	3,90	23,50	177	184	17,99	72
Beni hsen	3,51	17,00	187	125	11,20	113
D'man	2,20	15,00	140	180	19,30	113

1.2. Production laitière

La production laitière journalière des brebis de différentes races locales a été sujet de quelques travaux, notamment celles de Boujnane *et al.*, (1996) sur la race D'man, Zari (1979) sur les races Timahdit et Beni Hsen et Sefiani (1980) sur les races Sardi et Beni Guil.

Les productions laitières totales des brebis durant les 12 semaines de lactation sont rapportées dans le **tableau 5**.

Tableau 5 : Production laitière des brebis en fonction de la race de la mère de l'agneau allaité.

Race de mère de l'agneau allaité	Production laitière de la brebis			
	Production initiale (g/l)	Maximum de production (g/l)	Semaine d'apparition	Coefficient de persistance
Sardi	860	880	2ème	0,93
Béni Guil	892	910	2ème	0,93
Timahdite	835	872	2ème	0,93
D'man	1450	1720	3ème	0,93

1.3. Caractéristiques du lait de brebis

1.3.1. Paramètres physico-chimiques

a. pH et acidité

Assenat (1985) rapporte dans une étude que le pH moyen du lait ovin se situe autour de 6,65. Bien que l'amplitude de variation de cette grandeur soit assez faible pour un lait frais, elle est étroitement liée à la composition de ce dernier, plus particulièrement en phosphates, citrates et en caséines (Mathieu, 1998).

Cependant les fluctuations constatées sont liées à l'effet de la race (Martini et Caroli, 2003) et au stade de lactation (Gonzalo *et al.*, 1994 ; Pavic *et al.*, 2002 ; Sahan *et al.*, 2005 ; Kuchtik *et al.*, 2008). Selon Pirisi *et al.*, (2007) le pH du lait des petits ruminants est considéré comme l'un des indicateurs de la qualité du produit.

Selon Mathieu (1998), l'acidité d'un lait frais de brebis se situe entre 18 et 22 °D. Elle est supérieure à celle du lait de vache estimée à 15-17 °D (Croguennec *et al.*, 2008). Baltadjieva *et al.*, (1982) rapportent une acidité de l'ordre de 22 °D pour le lait de brebis collecté en Bulgarie et 21 °D pour celui collecté en Grèce. Par contre, Bornaz *et al.*, (2009) rapportent une valeur de l'ordre de 18 °D pour l'acidité du lait ovin en Tunisie.

b. Point de congélation

Le point de congélation est considéré comme étant le paramètre le plus stable du lait. Il est utilisé pour détecter un éventuel mouillage du lait alors que l'hydrolyse du lactose (éventuelle fermentation lactique) provoque son abaissement (Mathieu, 1998).

Sa valeur moyenne est estimée pour le lait ovin à -0,570 °C. Autour de cette valeur, des fluctuations plus ou moins importantes ont été observées : -0,564 à -0,570 °C (Pavic *et al.*, 2002) ; -0,560 à -0,860 °C (Hilali *et al.*, 2011) ; -0,575 à -0,571 °C (Gonzalo *et al.*, 2005).

c. Densité

La densité moyenne du lait de brebis, se situe à 1,036 g/cm³ à 20°C (Assenat, 1985). Baltadjieva *et al.*, (1982) et Rouissi *et al.*, (2006) mentionnent des valeurs similaires fluctuant entre 1,035 et 1,037 g/cm³. Par contre, Martini *et al.*, (2008b) rapportent une valeur plus faible égale à 1,030 g/cm³. Croguennec *et al.*, (2008) rapportent que la densité du lait dépend strictement de sa composition, précisément de sa richesse en matières sèches dégraissées. En effet, la densité varie en fonction de la période de lactation (Assenat, 1985 ; Kuchtik *et al.*, 2008 ; Simos *et al.*, 1996).

1.3.2. Composition chimique

Le lait de brebis se caractérise par des teneurs en lipides et en protides (**Tableau 6**) en moyenne deux fois plus élevées que celles rencontrées dans les laits des autres espèces laitières (humain, bovin, caprin, camelin...). Elles lui confère ainsi une très bonne valeur nutritionnelle.

Tableau 6 : Caractéristiques chimiques du lait de brebis de quelques pays.

		Constituants (%)				
Extrait sec total	Matière grasse	Protéines	Lactose	Pays	Références	
17,80	6,86	5,74	4,59	GRECE	Baltadjiera <i>et al.</i> (1982)	
19,54	8,10	5,83	4,72	BULGARIE		
17,54	6,61	5,68	4,34	TURQUIE	Sahan <i>et al.</i> (2005)	
20,26	8,68	6,39	4,21	Espagne	Jarmillo <i>et al.</i> (2008)	

a. Lactose

Selon la bibliographie, le lactose est l'un des constituants les plus stables et ne subit que de faibles variations, comparativement aux autres constituants majeurs. Maamouri *et al.* (2008) et Kremer *et al.* (1996) rapportent que la teneur en lactose dans le lait de brebis varie entre 3,49 % et 5,27 %, respectivement. L'amplitude de l'écart entre le maximum et le minimum est assez réduite (1,78 %). Les variations enregistrées à ce niveau sont liées à de multiples facteurs tels que : les conditions climatiques, l'alimentation, la conduite du troupeau et le génotype (Assenat, 1985). Notons que la teneur en lactose du lait de brebis est soit inférieure ou égale à celle du lait de vache (Chilliard et Sauvant, 1987).

b. Matière grasse

Le lait de brebis est connu pour sa richesse en matière grasse. Cette dernière varie largement en fonction de plusieurs facteurs. Certains sont liés à l'alimentation (qualité et quantité de l'aliment), d'autres sont d'ordre non nutritionnel (génétiques, stade de lactation, parité, saison) (Gargouri, 2005 ; Lock *et al.*, 2005). La teneur en matière grasse varie entre 4,96 % (Kuchtik *et al.*, 2008) et 9,60 % (Simos *et al.*, 1996). De nombreux autres composés sont présents mais à des teneurs beaucoup plus réduites (phospholipides, cholestérol, vitamines) (Amiot *et al.*, 2002).

c. Profil des acide gras

Schmidely et Sauvart (2001) rapportent que les propriétés technologiques des matières grasses et les propriétés organoleptiques des produits laitiers sont influencées par la composition en acide gras (AG).

La variation de la teneur en acides gras est en relation avec plusieurs facteurs tels que l'alimentation (Castro *et al.*, 2009 ; Cieslak *et al.*, 2010 ; Abbeddou *et al.*, 2011), l'environnement (Collomb *et al.*, 2006) et les facteurs génétiques et/ou physiologiques comme la race, la parité et le stade de lactation (Carta *et al.*, 2008 ; Mierlita *et al.*, 2011).

Le taux des acides gras saturés (AGS), où l'acide palmitique (C16) prédomine, varie de 59,35 % (Carta *et al.*, 2008) à 74,28 % (Biondi *et al.*, 2008). Par contre celui des acides gras insaturés (AGI) varie de 22,77 (Carta *et al.*, 2008) à 35,5 % (Lock *et al.*, 2005). Le lait ovin se caractérise par sa richesse en acides gras à courte chaîne (de C4 à C10) (8,69 % à 25,94 %) (Castro *et al.*, 2009 ; Biondi *et al.*, 2008) contre 9,9 % pour celui de la vache (Alais, 1984), par rapport aux acides gras totaux. Clark (2009) rapporte dans ses travaux que cette richesse en acides gras à courte et moyenne chaîne lui confère un caractère organoleptique spécifique qui se caractérise par une flaveur piquante et une rancidité plus élevées que celui de la vache.

Les AGI, où l'acide oléique prédomine, sont représentés essentiellement par les acides gras mono-insaturés (AGMI) : de 19,88 % (Mierlita *et al.*, 2011a) à 27,7 % (Lock *et al.*, 2005).

Les acides gras polyinsaturés ne représentent que 2,67 % (Carta *et al.*, 2008) à 7,8 % (Lock *et al.*, 2005), taux inférieurs à ceux du lait de vache estimés à 31,23 (AGMI) et 8,02 % (AGPI) (Alais, 1984).

d. Matière minérale

Les minéraux du lait jouent un rôle important sur le plan physico-chimique, technologique et nutritionnel. Ils interviennent dans la stabilité des micelles de caséines (Mathieu, 1998), de la coagulation du lait (Mahaut *et al.*, 2003) et dans la diversité de texture des fromages élaborés

(Croguennec *et al.*, 2008).

D'un point de vue nutritionnel, le lait est considéré comme la principale source alimentaire en calcium et en phosphore (Mahaut *et al.*, 2003). Le rapport Ca/P est de 1,3 dans les laits des trois espèces de ruminants. Le lait de brebis, comme celui de la vache, renferme des éléments minéraux majeurs (**Tableau 7**). Dans ces fractions, certaines proportions sont sous forme colloïdale, d'autres sous forme soluble (cas du sodium, potassium et chlorure). Ainsi, les caséines ont une affinité pour les éléments minéraux, de ce fait, elles renferment 70 % du calcium total, la moitié de cuivre et de fer, tout le zinc et le manganèse du lait de la vache (Mathieu, 1998). Selon Gaucheron (2005), presque la totalité du potassium et du sodium est sous forme soluble.

Tableau 7 : Composition minérale du lait de brebis comparée à celle du lait de la vache.

Origine du lait	Eléments minéraux	Ca	P	Mg	Zn	Fe	Cu	Mn	Références
Lait de brebis	mg/l	2156	1456	193	8,03	1,16	0,41	0,06	De Lafuente
	% soluble	20,8	34,82	56	8,34	28,45	34,15	6,78	<i>et al.</i> , 2009
Lait de vache	mg/l	1200	950	115	3,8	0,46	0,15	0,03	Croguennec
	% soluble	30	45	60	16	32	47	18	<i>et al.</i> , 2008

En ce qui concerne les oligo-éléments, leur intérêt nutritionnel pour l'Homme est cependant capital bien qu'ils peuvent toutefois être toxiques au-dessus d'une certaines concentrations (Mathieu, 1998). Ils jouent un rôle multiple en tant qu'éléments essentiels dans les fonctions hormonales, éléments de structures, cofacteurs enzymatiques et comme stabilisateurs (Erkaya et Sengül, 2012). Les variations de la composition minérale du lait, bien qu'elles soient minimales sont dues essentiellement à des facteurs génétiques ou physiologique (Gueguen, 2001 ; Sahan *et al.*, 2005 ; Khan *et al.*, 2006 ; Mwaura et Akinsoyinu, 2010; Ivanova *et al.*, 2011). Park *et al.*, (2007) rapportent que les teneurs en éléments minéraux contenus dans le lait de brebis sont plus exposées aux variations en apport alimentaire et selon les mois de l'année que celles du lait de vache.

1.4. Facteurs influençant les performances de production

La composition du lait cru ovin n'est pas stable et elle est sujette à de multiples variations. Pour cela, plusieurs facteurs ont été rapportés dans la littérature. Certains sont intrinsèques ou liés à l'animal tel que :

- La race (Mierlita *et al.*, 2011 ; Sosa *et al.*, 2001 ; Tsiplakou *et al.*, 2006 ; Abd allah *et al.*, 2011 ; Martini et Caroli, 2003 ; Rouissi *et al.*, 2006 ; Villette et Thériez, 1981) ;
- Le stade de lactation (Kuchtik *et al.*, 2008 ; Hejtmankova *et al.*, 2012 ; Gonzalo *et al.*, 1994 ; Pavic *et al.*, 2002 ; Sahan *et al.*, 2005 ; Bianchi *et al.*, 2004) ;
- Le rang de lactation (Gonzalo *et al.*, 1994 ; Piras *et al.*, 2007 ; Kremer *et al.*, 1996) ;
- Le numéro de lactation (Oravcova *et al.*, 2006) ;
- L'âge de l'animal (abdallah *et al.*, 2011 ; Bencini 2001 ; Lateif *et al.*, 1989 ; Khaldi *et al.*, 1987 ; Thériez, 1984 ; Chopra et Acharya 1971 ; Ben hamouda 1981 ; Khaldi 1979) ;
- L'état de santé des mamelles (Bianchi *et al.*, 2004) ;

D'autres sont liés à aux facteurs extrinsèques tel que :

- L'alimentation (Pirisi *et al.*, 2001 ; Rondia *et al.*, 2005 ; Chilliard *et al.*, 2007 ; Valvo *et al.*, 2007 ; Gargouri 2005 ; Schmidely et Sauvant (2001 ; Atti et Abdouli 2001 ; Atti et Khaldi, 1989 ; Geay *et al.*, 2002 ; Paquay et Bister, 1987 ; Caballero *et al.*, 1992) ;
- Les pratiques de la traite (Rassu *et al.*, 2007) ;
- La saison (Abd allah *et al.*, 2011 ; Djemali *et al.*, 1995 ; Ben Hamouda 1985 ; Khaldi et Boichard, 1989).

2. Ressources alimentaires alternatives pour l'alimentation animale : Figuiers de barbarie, caroubier et Arganier

2.1. Figuiers de barbarie « *Opuntia ficus-indica* »

2.1.1. Problématique du figuier de barbarie

L'*Opuntia ficus indica* connaît depuis quelques années un intérêt croissant de la part des instances publiques de développement. Car cette culture constitue l'une des rares alternatives viables pour l'amélioration de revenu des agriculteurs par le développement de l'agro-industrie et de l'alimentation animale. Cependant, le développement de ce secteur souffre de nombreux problèmes liés principalement à une absence de la valorisation du figuier de barbarie et de ses sous-produits à cause d'un manque de maîtrise des techniques de conditionnement et de transformation par les producteurs et les éleveurs (Kamal, 2008).

De plus, la période de récolte des fruits de figuier de barbarie concide avec une courte période estivale et l'éloignement des centres de production du marché de consommation a rendu difficile la mise en place d'un système adapté de valorisation des fruits et de ses sous-produits. Actuellement, à peine 50 % de ce fruit est commercialisé, 4 % autoconsommée et environ 46 % de la production est non exploitée (Kamal, 2008).

Dans le but de réduire les pertes dues aux altérations occasionnées dans les champs et au long des circuits de la commercialisation, une procédure pour la valorisation des fruits s'impose. Pour cela, on fait appel aux techniques de conservation, de stabilisation et de transformation industrielle convenables (Nasir *et al.*, 1968).

2.1.2. Valorisation des sous produits de figuier de barbarie chez les animaux

La production du fourrage pour le bétail représente la deuxième importance économique du cactus dans le monde. Il est utilisé depuis longtemps dans l'alimentation du bétail des zones arides. D'ailleurs, sa production dans ces zones est plus rentable que celle d'autres espèces fourragères comme le maïs et le sorgho (Russel, 1986). Le cactus est cultivé comme une espèce fourragère dans plusieurs pays dans le but d'assurer un stock alimentaire pour le bétail dans les conditions de sécheresse (Pimienta *et al.*, 1993). Un certain nombre de pays (Mexique, USA, Brésil, Pérou, et Chili) produisent des quantités importantes de raquettes en tant qu'aliment pour le bétail (Nobel *et al.*, 1987).

Des rendements élevés de 400 à 500 tonnes de matière fraîche par hectare et par an sont obtenus avec une densité élevée de 24 plants/m² (Cortazar et Nobel, 1992). Les raquettes sont appréciées par le bétail, car elles sont riches en eau, en fibres et en éléments minéraux (Nefzaoui et Ben Salem, 2002 ; Le Houérou, 2002). Leur consommation permet d'améliorer la saveur du lait et la couleur du beurre (Nobel *et al.*, 1987).

La pratique la plus ancienne adoptée pour valoriser le figuier de barbarie en alimentation animale est l'utilisation des cladodes comme aliment de sauvegarde du cheptel ruminant lors des périodes de disette. Elles sont découpées après avoir enlevé leurs épines par incinération, ensuite elles sont mélangées avec la paille et du son de blé avant d'être distribuées aux animaux. Vers la fin des années 50, un essai d'engraissement de taurillons, à base de cladodes de cactus, a été conduit par un colon dans la région de Ben Guérir. Il consistait à alimenter les animaux avec des rations à base de cladodes épilées, découpées en cossettes et séchées au soleil sur la piste d'atterrissage de l'aéroport militaire de Ben Guérir. Les cladodes étaient alors broyées et mélangées avec la paille, du son de blé et d'autres ingrédients pour constituer une ration d'engraissement des taurillons. Les contraintes alimentaires souvent citées sont principalement la faible teneur en protéines des cladodes, la faible disponibilité du calcium pour la microflore du rumen à cause de sa complexation avec les oxalates (Ben Salem et Abidi, 2009).

En pratique, les cladodes sont utilisés de différentes manières dans les essais d'alimentation. La majorité des résultats montrent la production d'une viande diététique et riche en quelques acides gras poly-insaturés (Vasta *et al.*, 2008 ; Abidi *et al.*, 2009).

De même, Tegegne *et al.* (2005) rapportent des gains moyens quotidiens (GMQ) de 75,5 g pour une ration constituée de paille traitée à l'urée et un mélange de 20 % de son de blé et 20 % de cladodes découpées en cossettes.

Les fruits non consommés représentent un potentiel alimentaire important pour les ruminants grâce à leur richesse en énergie sous forme de sucres fermentescibles (Sanez *et al.*, 2006). L'adoption de techniques viables et de valorisation de ces sous produits permettra de réduire de manière significative les charges alimentaires dans les élevages de la région et de générer des produits animaux ayant de bonnes caractéristiques organoleptiques. Zeeman (2005) rapporte que la production en fruit est destinée à l'exportation et les vieilles cladodes sont valorisés par ensilage. Leurs rebuts s'apprêtent bien à l'ensilage si l'on fait un bon choix de la matière sèche à leur incorporer pour produire un aliment à une teneur en MS comprise entre 35 à 45 % et avec une composition chimique dont la valeur nutritive est appréciable.

Un essai d'engraissement d'ovins à base d'ensilage de déchets de fruits de figuier de barbarie complémenté avec du tourteau d'Argane, a montré des GMQ de 195 g, une viande moins grasse et surtout une économie, en comparaison avec un aliment concentré de commerce qui a la même teneur en azote (16 %) que l'ensilage (Bendaou, 2010).

2.2. Les sous-produits de l'Arganier

Parmis les principaux produits de l'Arganier, la pulpe du fruit de l'Arganier, appelée encore péricarpe, qui est un aliment excellent pour le cheptel vivant dans l'Arganeéraie. Les principales composantes de la pulpe sont les glucides, les lipides, la cellulose et le fructose. Les sucres insolubles de la pulpe sont représentés par l'hémicellulose (8 à 12 %). La teneur en matière minérale est de l'ordre de 3 à 7 % de la matière sèche.

La pulpe d'Argane est relativement pauvre en matières azotées totales (MAT) dont le taux oscille entre 3,5 et 10 % de la matière sèche. La pulpe est très riche en glucides et en substances pectiques qui sont entièrement digestibles et rapidement fermentescibles. La pulpe des fruits d'Argane contient en moyenne une teneur en sucres totaux de 35 % de la MS. La teneur de la pulpe d'Argane en cellulose brute est faible et varie entre 4,3 % et 13,9 % (Charrouf *et al.*, 2008).

Le résidu de l'extraction ou tourteau est utilisé depuis longtemps comme aliment pour bovins soumis à l'engraissement. Il est riche en glucides et en protéines (46,6 à 49 %).

Le tourteau est riche en saccharose et saponoside. Sa teneur moyenne en matières minérales est faible, de l'ordre de 4 %. La teneur en cellulose brute oscillerait entre 10 et 17 %. Le tourteau contient également une saponine (Arganine), très toxique par voie intraveineuse, mais très peu active par voie digestive, et, à forte dose, elle conduirait à une hémolyse chez les animaux. Elle est éliminée en partie par les urines des animaux nourris à la pulpe et aux tourteaux, l'Arganine paraît cependant altérer la qualité du lait en transmettant un goût désagréable et en entraînant de graves diarrhées chez les jeunes veaux, ce qui limiterait son incorporation dans les rations alimentaire (Lakram *et al.*, 2018)

Les rares travaux de recherche concernant l'utilisation de l'Arganier en alimentation animale sont limitées à des essais de pastoralisme sur les chèvres au Sud du Maroc (El Aich *et al.*, 2007) et à l'effet du pâturage de ces animaux dans les arganerais sur la teneur de leur viande en acides gras poly-insaturés (Bas *et al.*, 2007). D'autres auteurs ont rapporté l'importance de la composition chimique des sous produits de l'Argane et leurs potentialités alimentaires pour les ruminants (Charrouf et Pioch, 2009).

2.3. Les sous-produits de caroubier

La production du résidu de la pulpe de caroube est estimée par 10 à 28 milles tonnes par an, utilisée dans la préparation d'alcool par fermentation, dans la production des produits alimentaires comme le chocolat et le miel et dans l'alimentation animale. La pulpe de caroube est un aliment très appétable qui a une valeur énergétique élevée (0,9 UF/kg), mais son inconvénient réside dans sa forte teneur en tannins limitent à son utilisation à 15% dans la ration totale des ruminants (Zitari S, 2008).

3. Ensilage comme technique de valorisation des rebuts de figuier de barbarie

3.1. Objectifs et principes

L'ensilage a pour objectif principal la conservation du fourrage vert à l'état humide, avec le minimum de pertes, de matière sèche et d'éléments nutritifs et sans formation de produits toxiques pour l'animal (Virtamen, 1933).

Par ailleurs, il est bien connu que le processus d'ensilage repose sur les deux principes fondamentaux suivants :

- Assurer l'acidification rapide et durable de la masse fourragère, par une fermentation lactique, de façon à inhiber les activités enzymatiques de la plante et les bactéries indésirables, en particulier, les entérobactéries et les clostridies.

- Maintenir les conditions d'anaérobiose assez favorables aux bactéries lactiques acidifiantes et défavorables à la croissance des microorganismes fongiques et aux microorganismes d'altération aérobies.

Enfin, il faut noter que l'acidification du fourrage ensilé peut être soit naturelle, par une fermentation lactique spontanée ou contrôlée, soit artificielle par l'ajout d'additifs acides dont le rôle est d'inhiber toute action bactérienne et microbienne.

3.2. Les phases de l'ensilage

Le processus d'ensilage subit deux phases successives, la respiration et l'acidification.

3.2.1. Phase de la respiration

Après le fauchage, les échanges gazeux se poursuivent dans les cellules de la plante tant qu'il y a encore de l'air, on parle de la respiration. C'est-à-dire oxydation des glucides avec production des gaz carbonique, de vapeur d'eau et de chaleur (Kung, 1991).

Parallèlement, les protéines de la plante subissent une hydrolyse par les protéases tant que le pH est supérieur ou égale 5,5. En effet, le résultat de cette protéolyse est la transformation de l'azote protéique en azote ammoniacal soluble et volatile (Mc Donald et Henderson, 1991 ; El Himdy, 1993). La durée de cette phase dépend de la quantité d'air contenue dans le silo.

3.2.2. Phase de l'acidification

Au départ, les bactéries aérobies strictes s'y trouvent les plus représentées. Elles n'ont pas d'intérêt pour le processus d'ensilage et sont inhibées par le manque d'oxygène dans ce milieu. Par ailleurs, un excès d'oxygène conduit à une protéolyse plus poussée, à une production de chaleur et au développement des levures et des moisissures (Kung, 1991).

Suite à la fermeture du silo et à l'effet du tassement, la fermentation anaérobie s'installe. Les coliformes (ou entérobactéries) qui sont des bactéries aérobies facultatives, se développent en premier lieu et induisent à un début d'acidification en produisant de l'acide acétique, du gaz carbonique et de l'alcool (Mc Donald et Henderson, 1991 ; EL Himdy, 1993). Elles causent aussi une dégradation des acides aminés en ammoniac, des amines toxiques et des acides gras volatiles. La croissance de ces bactéries est inhibée par deux facteurs, une température élevée (au delà de 50 °C) et un pH inférieur à 4,5 (Vanbelle *et al.*, 1989). Cette phase est généralement de courte durée étant donné que le développement des bactéries lactiques est simultané rapide.

Les bactéries lactiques sont les plus recherchées, la réussite ou l'échec d'ensilage dépend de leur développement (Rees, 1983). Ces bactéries peuvent être classées en deux groupes (Mc Donald et Henderson, 1991).

- Les bactéries lactiques homo-fermentaires sont responsables de la fermentation du sucre en acide lactique.
- Les bactéries lactiques hétéro-fermentatrices ayant plusieurs produits finaux parmi lesquels, les acides lactiques, acétique, formique, l'éthanol et le gaz carbonique.

Tableau 8 : Les processus de fermentation des bactéries lactiques (Mc Donald et Henderson, 1991).

Bactéries lactiques	Substrats	Produits
Homo-fermentatives	Glucose ou Fructose + 2ADP	2 Acide lactiques + 2ATP
Hétéro-fermentatives	Glucose + ADP 3 Fructose + H ₂ O + 2ADP	Acide lactique+éthanol + CO ₂ +ATP Acide lactique + Acide acétique + 2 mannitols + CO ₂ + 2 ATP
Homo/Hétéro	Arabinose ou Xylulose + 2ADP Acide citrique/ Acide malique	Acide lactique + Acide acétique + 2ATP Acide Formique + Acide acétique + Ethanol + Acide lactique + 2,3 Butane-diol

Le **Tableau 8** indique les produits des réactions métaboliques selon le type des bactéries lactiques. Il est à remarquer que les bactéries lactiques homo-fermentatives sont les plus efficaces, car elles produisent deux fois plus d'acide lactique que les bactéries lactiques hétéro-fermentatives. Leurs activités sont influencées par le nombre initial des bactéries, le milieu nutritif et la quantité d'air dans le silo (Mosnier, 1979).

L'acide lactique constitue l'agent conservateur de l'ensilage. Cet acide est le responsable de la forte acidification de silo. Des valeurs de pH comprises entre 3,5 et 4,2 sont nécessaires pour la stabilisation de l'ensilage.

La croissance de toutes les autres bactéries est inhibée suite à cette forte acidité. Finalement, la croissance des bactéries lactiques est inhibée, et le silo reste stable tant qu'il n'y a pas d'infiltration d'air (Rees, 1983).

IV. Valorisation du lait de brebis, en yaourt et en fromage frais

1. Technologie du yaourt

Le yaourt ou yoghourt est défini selon le Codex Alimentarius, comme étant : un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Streptococcus salivarius*, subsp. *Thermophilus* (anciennement dénommé *Str. thermophilus*), et *Lactobacillus delbrueckii*,

subsp. *bulgaricus* (anciennement dénommé *L. bulgaricus*), à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition (lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc.). La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente. D'autres pays admettent un traitement thermique destiné à améliorer la durée de conservation.

2. Technologie fromagère

Les techniques de transformation du lait en fromage se sont développées, souvent autour des pratiques régionales guidées par la nature du lait disponible, les habitudes alimentaires et le contexte socioculturel. L'accumulation des connaissances en science du lait et la maîtrise des procédés de transformation font qu'aujourd'hui on dénombre de très nombreuses variétés de fromages possédant chacune sa propre originalité. Il est d'usage, pour les comparer ou pour en faciliter le commerce, de les classer en grandes catégories selon différents critères tels que l'espèce animale, la teneur en eau, le degré d'affinage, le type de croûtage, les moisissures apparentes, la texture et les techniques de fabrication. Différentes classifications existent selon l'ordre et l'importance accordée aux critères de sélection (Ballesteros *et al.*, 2006).

De nos jours, la transformation du lait en fromage est devenue une activité économique importante. Le fromage est le principal mode de consommation du lait en France.

Ainsi, en 1999, la valorisation du fromage (valeur départ usine) représentait 43 % de la valorisation totale des laits produits, tandis que 34 % des laits collectés étaient transformés en fromages (CNIEL, 2000). Cette même année, il était produit 1.685.425 tonnes de fromage, 94,3 % étaient au lait de vache, 3,3 % au lait de chèvre, 2,9 % au lait de brebis (CNIEL, 2000).

Cependant, il existe trois grandes classes de même grandeur qui partagent la production : soit 34 % de la production totale de fromage pour les fromages frais, 30 % pour les pâtes molles et 32 % pour l'ensemble des pâtes pressées et pressées cuites (Eck et Gillis, 1997).

Pour parvenir à la qualité organoleptique et à la régularité de la composition, il est nécessaire de bien connaître les mécanismes des différentes étapes de la transformation du lait en fromage.

La science laitière d'aujourd'hui permet de bien comprendre et de maîtriser la majorité des transformations qui s'opèrent lors de la fabrication du fromage. Elle a également favorisé l'évolution des techniques de transformation du lait.

En moins d'un demi-siècle, les ateliers artisanaux ont été remplacés par des outils industriels très performants, mécanisés et de haute technicité. Ils produisent des fromages de même typicité de manière plus régulière même si quelques amateurs regrettent l'atténuation de certaines saveurs (Eck et Gillis, 1997).

3. Application des bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont employées empiriquement depuis des siècles dans la fabrication de nombreux aliments fermentés comme les produits laitiers (yaourts et fromages). Les dites bactéries présentent des activités métaboliques assez diversifiées et une capacité d'adaptation aux différentes conditions environnementales (Axelsson, 1998). Cette diversité est responsable de leur large gamme d'applications à l'échelle industrielle. Dans l'industrie alimentaire, ces micro-organismes permettent la conversion d'une grande variété de matières premières, conduisant ainsi à de nombreux produits afin d'assurer la qualité sensorielle des produits finaux et de maîtriser, au mieux, le processus de fermentation (Muthu *et al.*, 2006 ; Casaburi *et al.*, 2007). Parmi ces applications, l'industrie laitière est, sans doute, la plus grande consommatrice des ferments lactiques commerciaux, pour la production de laits fermentés, fromages, crèmes et des beurres (Daly *et al.*, 1998 ; Hugenholtz *et al.*, 2002). Selon Mäyrä et Bigret (1998), La fermentation du lait par les bactéries lactiques est à l'origine de plus de mille produits différents, chacun avec ses caractéristiques spécifiques d'arôme, de texture et de qualité.

Les bactéries lactiques sont également utilisées dans l'industrie chimique (production d'acide lactique), dans le domaine médical et dans l'industrie des additifs alimentaires (production d'exo-polysaccharides et de mannitol) (Ruas *et al.*, 2002 ; Wisselink *et al.*, 2002). Elles sont aussi utilisées pour la production de bactériocines (Meghrouh *et al.*, 1997 ; Bouksaim *et al.*, 2000 ; Rodriguez *et al.*, 2003) et pourraient être impliquées dans la production de protéines thérapeutiques ou comme vecteurs de vaccins (Langella *et al.*, 2001).

4. Effets de la fermentation sur la composition du lait

L'effet majeur de la fermentation lactique est l'hydrolyse des glucides du lait (Arrigoni *et al.*, 1994). Le lactose, quantitativement est le principal composant solide du lait est présent dans le yaourt hydrolysé à raison de 30 %. La production d'acide lactique au cours de la fermentation conduit à un abaissement du pH qui aurait pour effet de cailler le lait (Ammor *et al.*, 2007). Les autres sources énergétiques, les lipides et les protéines du lait sont peu modifiées par la fermentation, hormis la formation d'un coagulum.

Il existe une protéolyse modérée et les acides aminés libérés sont importants pour assurer la croissance symbiotique des bactéries du yaourt. Il faut noter par ailleurs que, pour la fabrication du yaourt, il peut être d'usage d'enrichir le lait en poudre de lait (Bazarre *et al.*, 1983). C'est ainsi qu'en France, le yaourt est le plus souvent riche que le lait en divers nutriments. D'autre part, ces produits peuvent être plus ou moins sucrés. La teneur vitaminique du lait de départ est modifiée par la fermentation, certaines vitamines sont consommées par les bactéries, d'autres y sont produites.

Des travaux récents tendent à montrer d'importantes différences dans la digestion des protéines selon la technologie subie par le lait.

5. Activité antioxydante et composés phénoliques

5.1. Mécanisme d'action des antioxydants

D'une manière générale, un antioxydant peut empêcher l'oxydation d'un substrat en s'oxydant lui-même plus rapidement que ce dernier. Un tel effet résulte d'une structure de donneurs d'atome d'hydrogène ou d'électrons souvent aromatiques, c'est le cas des dérivés du phénol. En plus, leurs radicaux intermédiaires sont relativement stables du fait de la délocalisation par résonance et par manque de positions appropriées pour qu'ils soient attaqués par l'oxygène moléculaire. Les antioxydants sont en fait des agents de prévention, ils bloquent l'initiation en complexant les catalyseurs et en réagissant avec l'oxygène, ou des agents de terminaison capables de dévier ou de piéger les radicaux libres. Parallèlement, ils agissent en formant des produits finis non radicalaires. D'autres agissent en interrompant la réaction en chaîne de peroxydation (Clifford, 2001).

5.2. Radicaux libres

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons non appariés, ce qui le rend extrêmement réactif. L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (EAO) (Favier, 2003). Les radicaux libres sont électriquement neutres ou chargés (ioniques) et comprennent l'atome d'hydrogène, le radical hydroxyle, l'anion superoxyde, le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée). Les radicaux libres sont des espèces chimiques très instables qui jouent un rôle dans l'action de certains traitements anticancéreux. Leurs structures comprennent un électron célibataire qui cherche à appairer en attaquant et en endommageant les molécules voisines.

Elle inclut les radicaux libres de l'oxygène proprement dit, mais aussi certains dérivés oxygénés réactifs non radicalaires dont la toxicité est importante tel que, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et le peroxynitrite (ONOO.) (Haton, 2005).

5.2.1. Origine des radicaux libres

Ils sont produits par divers mécanismes physiologiques afin de détruire des bactéries au sein des cellules phagocytaires (macrophages, polynucléaires) ou pour réguler des fonctions cellulaires létales telle que l'apoptose.

Toutefois, le contact entre l'oxygène et certaines protéines du système de la respiration, produit des anions superoxydes lors du fonctionnement de la chaîne respiratoire mitochondriale. Des sources importantes de radicaux libres sont résultat des mécanismes du cycle redox, elles produisent l'oxydation des molécules comme les quinones. Ce cycle redox a lieu soit spontanément, soit lors de l'oxydation de ces composés au niveau du cytochrome. Les rayonnements UV sont capables de générer des radicaux libres et les particules inhalées (amiante, silice) sont aussi des sources de radicaux libres. L'ingestion d'alcool est suivie de la formation de radicaux libres selon divers mécanismes.

Egalement, des antibiotiques, des anticancéreux, ont pour effet d'accroître la production de radicaux libres dans l'organisme (Bonnet *et al.*, 2010).

5.2.2. Conséquences du stress oxydatif

Le principal danger des radicaux libres vient des dommages qu'ils peuvent être provoquer lorsqu'ils réagissent avec les constituants de la cellule, tels que l'ADN, les lipides (peroxydation) et les protéines (Favier, 2003 ; Hokayem *et al.*, 2012). Cette oxydation entraîne des dommages sur tout l'organisme en accélérant le vieillissement et provoquant des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives, cancer et diabète (Pincemail et Defraigne, 2003). Par conséquent, ils causeraient la dégradation des cellules et des tissus (Bonnet *et al.*, 2010). Les radicaux libres sont responsables de dommages sur toutes les molécules biologiques comme les lipides, les protéines, les acides nucléiques et les hydrates de carbone (Favier, 2003). Au niveau de l'ADN, les radicaux libres peuvent induire des effets oxydatifs et mutagènes ou un arrêt des réplifications. Ils agissent en provoquant des altérations de bases, des pontages ADN-protéines ou des ruptures de brins (Shimizu, 2004).

Les radicaux libres peuvent aussi agir sur les macromolécules en provoquant des inactivations enzymatiques, des fragmentations de ces molécules (collagène, protéoglycannes, acide hyaluronique) et la formation de dimères ou d'agrégats protéiniques dans les membranes cytoplasmiques (Shimizu, 2004).

5.3. Activité anti-oxydante

Les antioxydants sont des composés chimiques capables de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielle et nutritionnelle du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et assurent l'augmentation de la durée de conservation du produit. En outre, les antioxydants, agissent en formant des produits finis non radicaux, d'autres en interrompant la réaction de la chaîne de peroxydation, par réaction rapide avec un radical d'acide gras avant que celui-ci ne puisse réagir avec un nouvel acide gras. Tandis que d'autres antioxydants absorbent l'énergie excédentaire de l'oxygène singlet pour la transformer en chaleur, dès que la structure des antioxydants soit stable, la réaction est arrêtée (Haton, 2005). Par ailleurs, l'organisme est capable, dans une certaine mesure, de limiter les dommages dus aux radicaux libres, grâce à des mécanismes de défense enzymatiques et chimiques développés au cours de l'évolution (Hennebelle, 2006).

5.4. Composés phénoliques

Les composés poly-phénoliques sont d'ailleurs de plus en plus utilisés en thérapeutique (Crozier *et al.*, 2010). De nombreux travaux suggèrent que les polyphénols participent à la prévention des maladies cardio-vasculaires (Manach *et al.*, 2005). Leur consommation se traduit par une augmentation transitoire de la capacité antioxydante du plasma dans les heures qui suivent le repas. Les polyphénols agiraient en inhibant l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose qui peut conduire à l'occlusion des artères (Manach *et al.*, 2005). Ils sont regroupés dans la catégorie de veinotoniques et des vasculo-protecteurs (Ghosh *et al.*, 2009). Notons de même chez les végétaux, la capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des microorganismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques (Bahorun, 1997).

La large variété de polyphénols peut être divisée en une dizaine de classes dont la structure chimique peut être répartie en deux grands groupes dont les plus importants sont les flavonoïdes. Ces derniers, qui représentent la classe la plus abondante et la plus étudiée de cette classification, ils comptent plus de 4000 composés découverts à ce jour.

C'est d'abord la structure de ce dernier et son degré d'oxydation qui permettent de distinguer les différentes classes de flavonoïdes (El Gharras, 2009).

Ces molécules sont considérées comme des pigments quasiment universels des végétaux, ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles.

Ils existent le plus souvent à l'état naturel sous forme d'hétérosides. Les flavonoïdes sont des dérivés benzo- γ -pyran. Leur structure de base est celle d'un diphenylpropane à 15 atomes de carbone (C6-C3 -C6), constitué de deux noyaux aromatiques (ou anneaux) que désignent les lettres A et B, reliés par un hétérocycle oxygénés, qui désigne la lettre C.

5.5. Pouvoir antioxydant des produits laitiers

Selon Fardet (2017), aucune étude n'a évalué le potentiel antioxydant des produits laitiers comparé à celui d'autres aliments. Pourtant la littérature scientifique montre clairement que les produits laitiers sont une source significative d'antioxydants, notamment du fait de leur fraction protéique. Ainsi les résultats de deux études utilisant le même test antioxydant montrent que les produits laitiers ont une capacité antioxydante de même ordre que celle des céréales, des légumineuses et des jus de fruits (Wu *et al.*, 2004 ; Cloetens *et al.*, 2013). Les composés antioxydants incluent la fraction protéique (plus spécifiquement la caséine), des enzymes antioxydantes (le superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase), la lactoferrine (Ranjan *et al.*, 2014), les vitamines C, E, A et D3 ; L'acide linoléique conjugué ; la coenzyme Q ; l'équol (Tsen *et al.*, 2014), l'acide urique (Ostdal *et al.*, 2000) et certains caroténoïdes (Lindmark et Akesson, 2000).

Tableau 9 : Concentrations relatives des composés phénoliques du lait bovin, caprin et ovin (Simos *et al.*, 2011).

Les composés phénoliques	Lait bovin	Lait caprin	Lait ovin
Thiophenol	-	+	-
Phenol	+	++	+++
O-Cresol	+++	+	++
P-Cresol	+	+++	++
m-Cresol	+	+++	++
2-Ethylphenol	+	++	-
3(+/or) 4-Ethylphenol	-	++	-
3.4-Dimethylphenol	-	++	+
2-Isopropylphenol	-	+	+
3(+/or) 4- Isopropylphenol	-	+	-
Thymol	+	++	+++
Carvacrol	+	++	+++

Par ailleurs, il faut souligner que le potentiel antioxydant des produits laitiers dépend aussi de l'origine de l'animal (Oner *et al.*, 2011), de son type génétique (Perna *et al.*, 2015), de son alimentation (composition, quantité et complémentation) et des conditions de pâturage (variations saisonnières...) (Kusche *et al.*, 2015).

Les produits fermentés à base de lait de chèvre ont une capacité antioxydante plus élevée que ceux fabriqués à partir de lait de vache (Balakrishnan et Agrawal, 2015) et le yaourt demi-écrémé a une capacité antioxydante supérieure à celle du yaourt 0 % (Unal, 2012).

Par ailleurs, le yaourt supplémenté avec de nouvelles souches de probiotiques et autres laits fermentés, y compris le kéfir, ont généralement une capacité antioxydante plus élevée que le yaourt et le lait conventionnels (Najgebauer et Sady, 2015), principalement en raison de l'activité protéolytique des probiotiques qui permettent la libération des peptides bioactifs, d'acides aminés, d'enzymes à effet antioxydant et d'autres composés.

Il est à préciser que les yaourts traditionnels préparés à la maison de façon traditionnelle (avec donc une fabrication moins standardisée) présenteraient une activité antioxydante plus élevée que les yaourts commerciaux (Aloglu et Oner, 2011). En ce qui concerne l'influence du stockage à froid sur la capacité antioxydante du yaourt, les résultats sont hétérogènes : soit aucun effet, soit une légère augmentation après 14 jours de stockage via la libération de peptides bioactifs à effet antioxydant, suite à l'augmentation de la protéolyse pendant le stockage (Moslehisad *et al.*, 2013).

Les données sont moins nombreuses avec les fromages qu'avec le lait, les yaourts et les autres laits fermentés, les résultats doivent être considérés avec prudence. Dans une étude réalisée sur 224 fromages, la capacité antioxydante totale est significativement corrélée avec la saisonnalité (pâturage d'été versus hiver) de la fabrication et le temps de maturation. Des corrélations significatives avec le contenu en rétinol, le pourcentage de matière grasse et le pourcentage de protéine sont également rapportées (Revilla *et al.*, 2016). Globalement, les fromages présentent une très grande diversité de composition et de structure, ce qui pourrait moduler leur potentiel antioxydant.

Dans l'ensemble, le potentiel antioxydant des produits laitiers est donc proche de celui de différents groupes d'aliments d'origine végétale. Parmi tous les produits laitiers, les fromages pourraient présenter un potentiel antioxydant élevé, en particulier en raison de leur haute teneur en protéines. Chez l'Homme, les résultats ont montré qu'une prise adéquate des produits laitiers pouvait atténuer de manière significative le stress oxydatif dans le syndrome métabolique et chez les sujets obèses (Fardet, 2017).

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Conduite de l'essai

1.1. Site d'étude et animaux testés

L'expérience a été menée de décembre 2013 à mai 2014 dans la région rurale de Rhamna (située à 80 km au nord de Marrakech), c'est une région aride (latitude 34°39'36"N, longitude 53°39'00"W). Les essais ont été conduits en milieu réel en utilisant une race locale appelée Sardi. Un lot de 100 têtes de brebis Sardi, ayant un poids moyen de 40 à 45 kg âgées entre 4 à 5 ans, séparées en deux sous-lots de 50 têtes, ont été utilisées dans ces essais. Le premier sous-lot a été alimenté avec l'ensilage à base des fruits du figuier de barbarie (RE) et le second (RT) était nourri avec un régime traditionnel. Tous les animaux avaient un accès libre à l'eau potable. L'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie appelé (RE) contenait : les rebuts des fruits du figuier de barbarie, les tourteaux d'Argane, de la luzerne, du son de blé, les tourteaux de caroubier, un complément de minéraux-vitamines et de la paille. Le régime traditionnel appelé (RT) contenait : les graines d'orge (25%), du foin de luzerne (12%), du son de blé (24%), un aliment concentré de commerce (24%) et de la paille d'orge broyée (15%)- Tableau 10. Des traitements sanitaires ont été appliqués aux brebis avant le début des essais et à leurs agneaux dès l'agnelage. Avant la collecte des données, une période d'adaptation de 15 jours a été respectée.

1.2. Régime alimentaire : préparation de l'ensilage

La fabrication de l'ensilage a été précédée par l'analyse de différents ingrédients à savoir leur teneur en MS, MM, MAT, EE et CB. Ces analyses avaient pour but de formuler une ration alimentaire iso-protéiques et iso-énergétique.

La technique de fabrication de l'ensilage à base des rebuts de fruits de figuier de barbarie utilisée est celle décrite précédemment par Bendaou (2013). Les matières premières utilisées sont : les fruits de cactus (*Opuntia ficus indica*), les tourteaux d'Argane, le son de blé, la luzerne, les tourteaux de caroubier et un complément minéral. Les proportions de différents ingrédients figurent dans le **Tableau 10**.

Tableau 10 : Formulation et composition chimique des rations alimentaires testées.

Paramètres	Ration d'ensilage (RE)	Ration témoin (RT)
Formulation des régimes (g/100g MS)		
Rebut des fruits de figuier de barbarie	50%	0
Tourteaux d'Argane	13%	0
Pulpe de caroube	6%	0
CMV	2%	0
Orge (grains)	0	25%
Luzerne	15%	12%
Aliment concentré de commerce	0	24%
Son de blé	14%	24%
Paille d'orge	0	15%
Composition :		
PB (%)	14,25	14,12
pH	4,10 – 4,25	-
MS (%)	48,6	75,43
MM (%)	6,77	7,40
CB (%)	16,07	15,30
EE (%)	3,42	2,31
NDF (%)	34,24	37,62
ADF (%)	25,52	32,49
ADL (%)	12,46	17,33
Hémicellulose (%)	8,72	12,13
GS (%)	44,74	33,36
GT (%)	74,98	78,68
GNF (%)	40,7	31,05
Na (%)	1,8	2,0
K (%)	8,2	5,7
P (%)	4,6	3,8
Ca (%)	7,2	6,8
Mg (%)	5,8	5,5
UF/kg MS	0,86	0,84

GNF: glucides non-fibreux, GT: glucides totaux, GS: Glucides Solubles, NDF: fibres neutres,

ADF: fibres acides, ADL: lignine, UF: Unité fourragère.

2. Analyse de la composition chimique des rations alimentaires

Les ingrédients et les échantillons des deux rations ont été broyés à l'aide d'un broyeur de laboratoire MF 10 basic IKA WERKE, puis stockés dans des sachets en plastique hermétiquement fermés. Les teneurs en matière sèche (MS), en cendres (Ash), en extrait d'éther (EE), en fibres brutes (FB) et en protéines brutes (PB) ont été déterminées selon les méthodes d'AOAC (2000).

Les fibres neutres (NDF), Les fibres acides (ADF) et la lignine (ADL) ont été déterminées selon la méthode décrite par Van Soest *et al.*, (1991). Ensuite, l'hémicellulose a été calculée selon la formule (NDF-ADF) et la cellulose avec la formule (ADF-ADL).

Les glucides totaux (TC) et les glucides non fibreux (NFC) ont été déterminés selon Sniffen *et al.* (1992) comme suit : $TC = 100 - (PB + EE + Ash)$

$$NFC = 100 - (NDF + PB + EE + Ash)$$

La teneur en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}) ont été déterminés par titrage complexométrique. La teneur en phosphore (P) a été déterminée par la réaction d'une solution acidifiée de molybdate d'ammonium contenant de l'acide ascorbique. La composition en sodium (Na^+) et en potassium (K^+) a été déterminée à l'aide d'un photomètre à flamme.

3. Contrôle des performances de production des brebis et de croissance des agneaux en phase de lactation

3.1. Production laitière

La production laitière a été estimée en utilisant la méthode des pesées des agneaux avant et après la tétée. Pour cela, les agneaux ont été séparés de leurs mères durant toute la nuit, pesés à jeun le matin. Ils ont été repesés après la tétée du matin et séparés une seconde fois de leurs mères. L'après-midi, l'opération a été réalisée de la même manière. La production journalière totale du lait est la somme de la production du matin et du soir. Des échantillons du lait (60 à 80 g) ont été prélevés et conservés à froid (4 à 6°C) pour des analyses chimiques ultérieures.

3.2. Performances de croissance des agneaux en phase de lactation

Le suivi de la croissance des agneaux consiste à une pesée à la naissance et à des âges de 30, 60 et 90 jours. Ces pesées ont été effectuées sur des agneaux à jeun, séparés de leurs mères durant toute la nuit.

4. Analyse de la composition physico-chimique du lait

Les échantillons du lait ont été analysés à l'aide d'un Lactoscan, (LACTOSCAN S_L ANALYSEUR DE LAIT Grand écran LCD-4 lignes de 16 caractères) pour déterminer la teneur en matière grasse, la teneur en matières solides non grasses (SNG), la densité, la teneur en protéines, la teneur en lactose, les sels, le point de congélation et la conductivité immédiatement après la collecte.

Les oligo-éléments du lait, notamment le fer, le cuivre, le manganèse et le zinc ont été analysés par spectrométrie d'absorption atomique (Maurice, 1971). L'absorption mesurée a été effectuée à une longueur d'onde spécifique de 248,3 nm.

5. Analyse de la composition en acides gras du lait

5.1. Préparation des extraits des esters mythiques

Le profil en acides gras du lait de brebis de la race Sardi a été analysé selon la procédure décrite par Akraim *et al.* (2007) avec quelques modifications. Selon cette méthode, la méthylation des acides gras se fait en deux étapes : une méthylation en milieu basique suivie d'une méthylation en milieu acide (Duckett *et al.*, 2002). Les échantillons de lait ont été centrifugés à 10 000 xg pendant 30 min à 5 °C pour recueillir la matière grasse du lait. Par la suite, la méthylation a été effectuée avec du NaOH méthanolique 0,5 N, puis chauffée à 90 °C pendant 10 min. Le trifluorure de bore à 14 % (BF₃) a été ensuite ajouté suivi d'un chauffage à 90 °C pendant 10 min. Après on additionne 4 ml d'hexane et 4 ml d'eau distillée. Les tubes ont été placés dans un agitateur shaker pendant 10 min puis centrifugés à 2880 xg pendant 15 min. Enfin, la phase hexanoïque a été prélevée pour injection via CPG.

5.2. Analyse via la chromatographie en phase gazeuse CG-MS

Les esters méthyliques des acides gras (FAME) ont été séparés avec la chromatographie en phase gazeuse (Perkin Elmer) couplé de spectroscopie de masse Clarus SQ 8S et équipé d'une colonne capillaire [30 m, 250 µm]. Le gaz vecteur utilisé est l'hélium, la température initiale de la colonne a été maintenue à 40 °C pendant 1 min. Après, la température a été augmentée à 45 °C avec un taux de 1°C/min et de 45 °C à 200 °C avec un taux de 6 °C/min.

La température a été maintenue à 200 °C pendant les 40 min suivantes. Les températures de l'injecteur et de détecteur ont été fixées à 230 °C et 250 °C, respectivement. L'identification des acides gras a été effectuée en comparant leurs temps de rétention aux normes de méthyle d'acides gras.

Les résultats pour chaque acide gras sont exprimés en pourcentage de la somme des AG totaux et des AG saturés, des AG mono-insaturés et des AGPI ont été calculés.

6. Préparation du yaourt supplémenté avec l'extrait d'*Opuntia ficus indica*

6.1. Echantillonnage

Les échantillons du lait de brebis utilisés dans cette étude ont été collectés manuellement le matin et l'après midi dans des flacons stériles respectant les règles d'hygiène, puis ils ont été conservés à 4 °C sans addition d'aucune substance conservatrice.

6.2. Culture de départ (starter)

La fermentation des échantillons du lait de brebis utilisé dans ce travail a été réalisée par des bactéries lactiques isolées et purifiées au niveau du laboratoire de technologie alimentaire au sein de l'INRA de Rabat. Elles ont été identifiées par séquençage au niveau du Centre National de la Recherche Scientifique et Technique (CNRST), Rabat. Ces bactéries lactiques ont été isolées à partir du lait de chèvre cru de la région Aït Ichou (située dans le Moyen Atlas, au Maroc).

Parmi vingt-cinq isolats, sept souches de bactéries lactiques ont été sélectionnées pour leur activité acidifiante significative et ont été identifiées en utilisant le séquençage du gène 16S ARNr. L'analyse génétique a révélé que toutes les souches ont été identifiées comme *Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*. Ces souches ont montré certaines propriétés technologiques intéressantes, en tant qu'activité protéolytique notable. Elles ont présenté un faible taux d'autolyse, leur innocuité pour la consommation humaine a été confirmée relativement à leur activité hémolytique négative et à la production négative d'amine biogénique. Ces souches bactériennes ont également montré une activité antimicrobienne contre *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumonia*, *Escherichia coli* et *Micrococcus luteus*. Ces résultats montrent que ces souches possèdent des critères technologiques prometteurs et encourageants, qui pourraient donc être de bonnes candidates pour développer la culture industrielle de départ « Starter » (Bouksaim *et al.*, 2000 ; Zaaraoui *et al.*, 2016).

Les souches ont été maintenues sur gélose M17 à 4-6 °C. La culture de départ a été obtenue par incubation pendant une nuit à 37 °C dans un bouillon M17, puis une autre nuit dans le lait écrémé à 37 °C. Un mélange de bactéries comprenant *Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii* a été soigneusement mélangé au lait préchauffé avant une incubation pendant une nuit à 41 °C.

Le yaourt formé a été réfrigéré à 4 °C et utilisé comme culture de départ (starter) (Rashid *et al.*, 2007).

6.3. Préparation de l'extrait aqueux des fruits d'*Opuntia ficus indica*

Dans cette étude, la poudre des cladodes et la pulpe des fruits d'*Opuntia ficus Indica* (10 g) ont été préparées dans 100 ml d'eau distillée pendant 12 h au bain-marie (70 °C) sous agitation. Une centrifugation (2000 tr/min, 15 min à 4 °C) ultérieure a eu lieu afin de récolter le surnageant (Behrad *et al.*, 2009). La solution obtenue a été réfrigérée à 4 °C et utilisée comme extrait aqueux d'*O.ficus Indica* dans la préparation du yaourt.

6.4. Préparation du yaourt supplémenté avec l'extrait d'*Opuntia ficus indica*

L'extrait aqueux d'*Opuntia ficus Indica* (10 ml) a été ajouté à un volume de 85 ml du lait entier pasteurisé et préchauffé à 41 °C préalablement mélangé à une culture starter (5 ml) (Shah, 2003). La préparation a été soigneusement mélangée (50 ml) dans des récipients en verre. Les yaourts ont été incubés à 41 °C pendant 6 h et conservés au réfrigérateur à 4 °C pendant 22 jours. Des yaourts contrôles ont été préparés en utilisant un yaourt de commerce à la place de la culture de départ (starter) utilisée et sans extrait d'*O. ficus-indica*.

6.5. Mesure du pH et détermination de l'acidité titrable

Le yaourt a été homogénéisé dans de l'eau distillée (1:9) et le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre numérique. L'acidité titrable (AT) du yaourt homogénéisé a été déterminée en titrant des échantillons de 10 ml avec NaOH 0,1 N, la phénolphtaléine a été utilisée comme indicateur. AT s'exprime en degrés N (degrés Neuman) (Vangelov et Karadjov, 1993).

7. Préparation du fromage à base du lait de brebis

7.1. Procédure de fabrication du fromage frais

La procédure de préparation du fromage est rapportée par Jamaly *et al.*, (2011), le lait frais des brebis a été pasteurisé (72 °C, 10min), puis refroidi à 37 °C et un volume de 3 % de la culture de départ (starter) a été ajouté (Bouksaim *et al.*, 2000). Après l'addition de *Silybum marianum*, le lait a été agité soigneusement avec un shaker pendant 30 min où le caillage était observé pendant 30 à 45 min. La préparation a été placée à 37 °C pendant 18 h, après le moulage et l'égouttage ont été procédés.

7.2. Propriétés physico-chimiques du fromage

Le pH des échantillons de fromage a été mesuré directement via la sonde de pH (Rachidinejad *et al.*, 2013). L'acidité titrable (AT) du fromage homogénéisé a été déterminée en titrant des échantillons de 10 ml avec NaOH 0,1 N, la phénolphthaléine a été utilisée comme indicateur. AT s'exprime en degrés N (degrés Neuman) (Vangelov et Karadjov, 1993).

8. Evaluation de l'activité antioxydante du lait et de leurs dérivés

8.1. Préparation des extraits

8.1.1. Préparation des extraits du lait

L'extraction des composés antioxydants à partir d'échantillons du lait a été réalisée conformément à Li *et al.* (2009), avec quelques modifications. Le solvant d'extraction a été préparé avec une solution de HCl (1N) et d'éthanol à 95 % (v/v, 15/85), 10 ml de solvant ont été ajoutés à 1 ml d'extrait du lait dans des bouteilles brunes de 50 ml et agités pendant 1 heure à 30 °C via un agitateur rotatif réglé à 300 tr/min. Le mélange a ensuite été centrifugé à 7800 g à 5 °C pendant 15 min. Le liquide surnageant a été maintenu à -20 °C à l'obscurité pour les analyses ultérieures portant sur l'activité antioxydante (DPPH, de FRAP) et la composition en phénols totaux et des flavonoïdes.

8.1.2. Préparation des extraits du yaourt

Des échantillons de yaourt (10 g) ont été homogénéisés avec 2,5 ml d'eau distillée, les homogénats ont été acidifiés à pH=4,0 avec HCl (0,1 M), puis chauffés (bain-marie à 45 °C, 10 min) et centrifugés (5000 g, 10 min à 4 °C). Le pH des surnageants a été porté à 7,0 à l'aide de NaOH (0,1 M) et re-centrifugés (5000 g, 10 min à 4 °C) pour une nouvelle précipitation des protéines et des sels (Shori et Baba, 2011).

Le surnageant a été récolté et conservé au réfrigérateur (4 °C) est utilisé dans moins de 12 heures après la préparation pour mesurer l'activité antioxydante.

8.1.3. Préparation des extraits du fromage

Pour mesurer l'activité antioxydante totale, environ 2 g de chaque échantillon de fromage ont été homogénéisés avec environ 10 ml d'eau distillée. L'homogénat a été transféré quantitativement dans un tube à essai contenant 5 ml d'eau distillée et a été bouilli pendant 5 minutes puis refroidi. La solution résultante a été filtrée sur un chiffon à fromage et le volume a été ajusté à 20 ml avec de l'eau distillée.

Ces extraits ont été utilisés pour mesurer l'activité antioxydante totale (Shaiban *et al.*, 2006). Pour mesurer la teneur en polyphénols totaux dans les échantillons de fromage, nous avons suivi le protocole de Shaiban *et al.* (2006) avec quelques modifications. Environ 2 g d'échantillon de fromage ont été homogénéisés et extraits pendant 30 minutes avec 100 ml de méthanol à 80 % contenant 1 % d'HCl puis placés dans un shaker à 200 tours. Le mélange a été refroidi, filtré et le résidu a été lavé avec le même solvant.

8.2. Evaluation du pouvoir antioxydant

8.2.1. Test de piégeage du radical libre : DPPH

L'activité antioxydante est basée sur la réduction de l'absorbance à 517 nm lorsqu'un radical libre stable de 2,2-diphényl-picrylhydrazyl (DPPH) est réduit. La méthode utilisée est celle décrite par Campos *et al.*, 2003. L'inhibition de la DPPH° a été déterminée en mesurant la capacité de piégeage des radicaux libres d'extraits (Shetty *et al.*, 1995). En bref, 3 ml de DPPH° (60 mmol/l dans de l'éthanol) ont été mélangés à 250 µl d'extraits de yaourt, du lait ou du fromage. Nous utilisons également 250 µl d'eau comme test contrôle. Le mélange a été bien agité et laissé au repos à température ambiante. Les lectures d'absorbance constantes à 517 nm ont été enregistrées après 5 min et l'inhibition du DPPH (%) a été calculée comme suit (Apostolidis *et al.*, 2007):

Activité DPPH (%) = $[(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc}] \times 100$ (A est l'absorbance)

Les tests d'activité de piégeage des radicaux libres du DPPH ont tous été réalisés en triple.

8.2.2. Test "Ferric reducing antioxidant power": FRAP

La méthode FRAP "ferric reducing antioxidant power" mesure le pouvoir antioxydant en présence de l'extrait par la réduction du fer ferrique Fe^{3+} en ions de Fe^{2+} (Oyaizu, 1986).

Le pouvoir réducteur de l'extrait du lait a été déterminé selon (Kim *et al.*, 2010) avec modifications.

Le protocole consiste à ajouter 250 µl de l'extrait au 250 µl de la solution de phosphate buffer (200 mM, pH=6,6) et 250 µl de ferricyanide de potassium (1 %, p/v). Le mélange réactionnel est ensuite incubé dans un bain à 50 °C pendant 20 min, après on ajoute à ce mélange 250 µl de l'acide trichloro-acétique (10 % p/v), ensuite le mélange est centrifugé à 10000 rpm pendant 10 min. (1ml) de surnageant est prélevé et ajouté à un mélange constitué de 1 ml d'eau distillée et 0,1 ml de la solution chlorure ferrique (0,1 %, p/v). L'absorbance est lue à l'aide d'un blanc à 700 nm.

Le control positive utilisé est l'acide ascorbique. Les résultats sont exprimés en éq AAsc mg/100 ml.

9. Dosage des poly-phénols totaux (TPC)

(1ml) d'extrait du yaourt, fromage ou du lait a été mélangé avec de l'éthanol (1,0 ml ; 95 % v/v) et à 5 ml de d'H₂O (Shetty *et al.*, 1995). Le réactif Folin-Ciocalteu (0,5 ml ; 50 % v/v) a été ajouté à chaque échantillon, les solutions ont été laissées au repos pendant 5 min à température ambiante. Du Na₂CO₃ (1,0 ml ; 5 g/100 ml) a ensuite été ajouté, après 60 minutes de réaction à la température ambiante. L'absorbance a été mesurée à 760 nm. La concentration des polyphénols totaux est calculée à partir de l'équation de régression de la gamme d'étalonnage établie avec l'acide gallique et elle est exprimée en µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait (µg EAG/mg d'extrait).

10. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium (Bahorun *et al.*, 1996) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les extraits du lait. (1 ml) d'échantillon ou standard (préparés dans le méthanol) est ajouté à (1 ml) de la solution d'AlCl₃ (2 % dans le méthanol). Après 10 minutes de réaction, l'absorbance est lue à 415 nm. La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine et elle est exprimée en microgramme d'équivalent de quercétine par milligramme d'extrait (µg EQ/mg d'extrait).

11. Enquête ethnobotanique : Zone d'étude

Cette étude a été menée dans 8 régions du territoire marocain (2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10) (**Figure 2**), pendant les mois de mars, avril et juin 2014 afin d'obtenir des informations sur les utilisations traditionnelles d'*Opuntia ficus indica*. Des entretiens directs avec des herboristes des régions d'étude ont été réalisés à l'aide d'un questionnaire prédéfini (voir annexe 1) sur un total de 100 personnes.

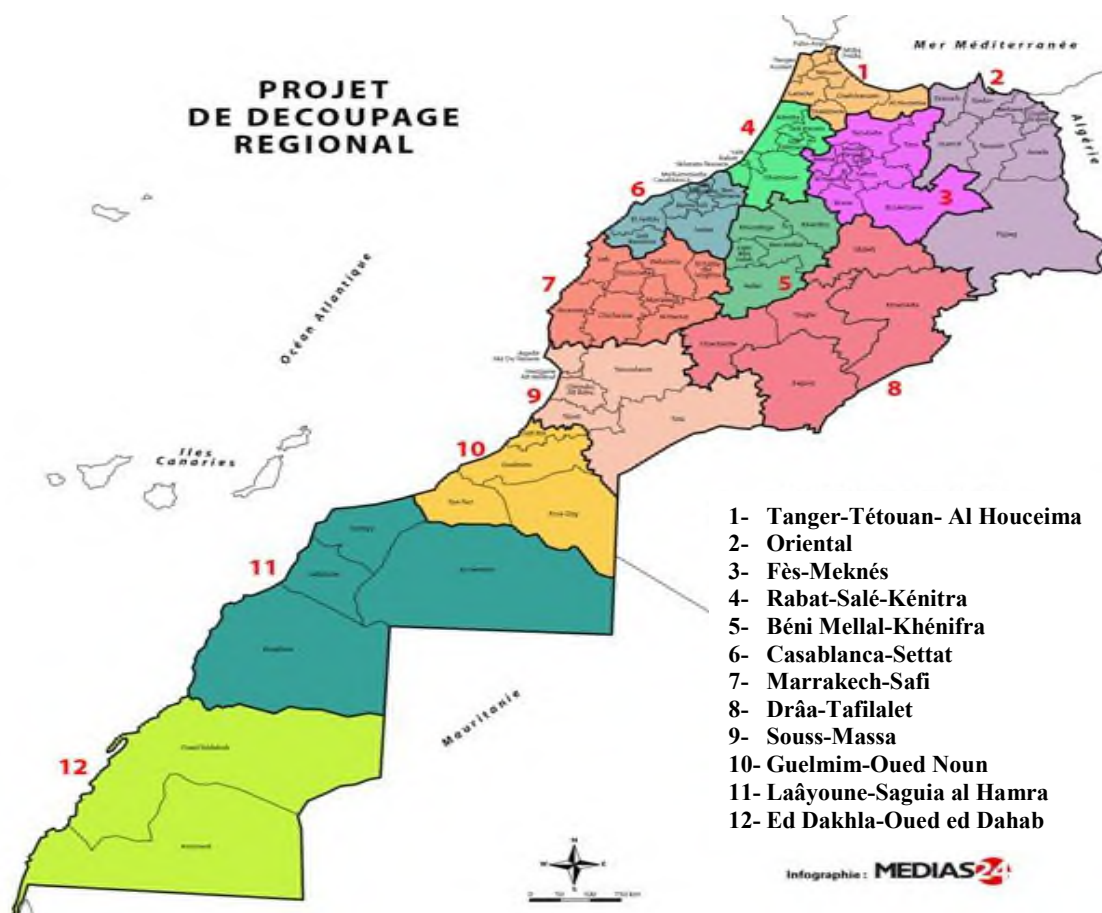


Figure 2 : Zones d'étude et régions enquêtées.

12. Evaluation de l'activité analgésique des extraits d'*Opuntia ficus indica*

12.1. Echantillonnage

Des échantillons de cladodes et fleurs d'*O. ficus-indica* (variété sans épines) ont été collectés dans la région de Rhamna (Maroc) en juin 2015. Ces échantillons ont été étuvés pendant une semaine à 45 °C, puis broyés en une poudre grossière à l'aide d'un broyeur (1 mm). La poudre est stockée dans un récipient hermétique et conservée dans un endroit sombre et sec.

12.2. Préparation des différents extraits

L'extrait aqueux de la poudre de cladodes (50 g) mélangée avec l'eau distillée (500 ml) a été préparé en décoction à 100 °C pendant 15 min. Le mélange a ensuite été filtré, lyophilisé (lyophilisant PHYWE chrisa) et conservé à 4 °C. Le lyophilisat a été dissous dans une solution saline à 0,9 %.

Les extraits organiques de cladodes et de fleurs ont été préparés via la méthode Soxhlet en utilisant l'éthanol, le dichlorométhane et l'hexane comme solvants d'extraction.

12.3. Animaux

Des souris suisses mâles et femelles adultes (20 à 28 g, âgées de 2 mois) ont été sélectionnées à l'animalerie de la faculté des sciences, Université Mohammed V. Les animaux ont été placés dans des cages à la température ambiante à une photopériode de 12 h et nouris avec un régime alimentaire granulé et de l'eau *ad libitum*. Toutes les expériences ont été réalisées en respectant les directives éthiques (Zimmerman, 1983).

12.4. Tests de l'activité analgésique

12.4.1. Test de la plaque chauffante (Hot plate method)

Les animaux des deux genres ont été sélectionnés et divisés en cinq groupes (groupe I, groupe II, groupe III, groupe IV et groupe V) comprenant huit souris (4♀ et 4♂) dans chaque groupe de contrôle, contrôle positif et trois groupes recevant l'extrait à trois doses différentes (300, 500 et 1000 mg/kg).

Chaque groupe a reçu un traitement particulier : groupe témoin (solution à 0,9 % de NaCl, i.p.) ; contrôle positif (morphine 3 mg/kg, s.c.) ; et l'extrait à tester (à 300 mg/kg, i.p., 500 mg/kg, i.p. et 1000 mg/kg, i.p., respectivement). Les animaux ont été placés sur une plaque chauffante à $53 \pm 0,2$ °C. Une période de réponse de 15 s a été respectée pour éviter les dommages à la patte des animaux (Franzotti *et al.*, 2000). Le temps de latence (réaction) a été enregistré lorsque les animaux lèchent leurs pattes ou sautent à 0, 30, 60, 90 et 120 min après l'administration intra-péritonéale des extraits (Eddy et Leimback, 1953 ; Toma *et al.*, 2003).

12.4.2. Test d'immersion de la queue (Tail flick method)

L'activité analgésique centrale a été évaluée selon la méthode décrite par Luiz *et al.* (1988). Les souris ont été maintenues dans un support approprié avec la queue allongée. Une zone de 2 à 3 cm de la queue a été immergée dans un bain-marie à $53 \pm 0,2$ °C.

Le temps de retrait de la queue de l'eau chaude (en secondes) a été noté à 0, 30, 60, 90 et 120 min après l'administration intra-péritonéale des extraits. La durée maximale d'immersion était de 15 secondes pour éviter les dommages à la queue. Les souris témoins ont été traitées avec le véhicule (solution à 0,9 % de NaCl, i.p), tandis que le groupe de référence recevait de la morphine (3 mg/kg, s.c.). Des extraits de cladode à des doses de 300, 500 et 1000 mg/kg ont été utilisés par injection intra-péritonéale.

13. Analyse statistique

L'évaluation de l'effet du régime alimentaire et des semaines de lactation sur la production, sur la qualité compositionnelle du lait et sur les performances de croissance des agneaux ont été déterminés par ANOVA à mesures répétées à l'aide du logiciel Statistical Analysis System (2006). Les différences entre les moyennes ont été évaluées à l'aide du test de Duncan à multiples plages. Le niveau de signification statistique a été fixé à 0,05.

Les données recueillies dans le cadre de l'enquête ethnobotanique ont été analysées par la statistique descriptive. L'analyse des résultats des tests analgésiques a été réalisée sur la base du traitement statistique en utilisant le logiciel IBM SPSS statistic 20. Les différences sont considérées comme significatives si **p** est inférieur à 0,05 comparativement au témoin.

Chapitre III : Résultats

I. Effet de l'ensilage sur la croissance, sur la qualité et sur la production du lait des brebis testées

1. Composition chimique des ingrédients utilisés

La composition chimique des ingrédients utilisés pour formuler les deux régimes alimentaires (**Tableau 11**) montre que les rebuts des fruits d'*O. ficus indica* ont une humidité élevée (91 %). Ils sont pauvres en fibres, en protéines, en matière minérale et en matière grasse. Alors que, les tourteaux d'Argane ont des teneurs élevées en protéines (47,1 %) et en matière grasse (15,5 %). La composition en cellulose brute et en protéines de la luzerne et du son de blé étaient presque similaires. On constate aussi que, les teneurs en matière sèche mesurée dans tous les ingrédients étaient élevées (88 % et 98 %), à l'exception des rebuts des fruits de figuier de barbarie.

Tableau 11 : Composition chimique des ingrédients utilisés dans les deux régimes alimentaires.

Ingrédients	pH	MS (%)	CB (%MS)	PB (%MS)	MM (%MS)	EE (%MS)
Rebuts des fruits de figuier de barbarie	6,7	8,5	1,1	2,1	0,8	0,9
Tourteaux d'Argane	---	90,4	21,3	47,1	12,3	15,5
Luzerne	---	98,6	14,6	19,6	8,8	3,9
Paille d'orge	---	88,5	42,5	3,4	8,2	0,3
Son de blé	---	88,2	12,3	15,4	7,1	1,7
Pulpe de caroube	---	91,3	7,4	6,4	4,9	2,4
Orge	---	88,5	6,7	12,1	7,2	2,2

MS : Matière sèche, CB : Cellulose brute, PB : Protéine brute, EE : Extrait éthéré.

Les pourcentages des ingrédients et la valeur nutritive des deux rations formulées et leur ingestion sont représentés dans le **Tableau 10**. Le régime expérimental (RE) contenait 50 % des rebuts des fruits de figuier de barbarie comme source d'énergie fermentescible, 15 % de luzerne et 14 % du son de blé comme source de fibres, 13 % de tourteaux d'Argane comme source de protéines et de matière grasse, 6 % de pulpe de caroubier comme source de glucides et 2 % du complexe minéral-vitamines pour équilibrer la teneur en sels minéraux. Cependant, le régime témoin RT a été formulé et rationné à partir des rations et des ingrédients utilisés localement.

Les résultats de la composition chimique ont montré que la teneur en matière sèche était supérieure dans la ration témoin (75 %) par rapport à la ration expérimentale (48 %) tandis que les résultats des teneurs en CB, en PB, en EE, en MM et en UF étaient presque similaires. Il est important de noter que tous les animaux utilisés dans la présente étude ont consommé l'ensilage sans aucun effet laxatif.

Les teneurs en NDF, ADF et ADL des deux régimes (**Tableau 10**) étaient différentes. Elles sont plus élevées dans le régime témoin avec des moyennes de 37,62 % ; 32,49 % ; 17,33 %, respectivement pour NDF, ADF et ADL, par rapport au régime d'ensilage qui a enregistré respectivement des moyennes de 32,44 % ; 25,52 % et 12,46 %.

Les teneurs en glucides solubles et en glucides non fibreux ont enregistré des teneurs élevées de 447,4 g/kg MS et 407 g/kg MS, respectivement pour l'ensilage, alors qu'elles n'étaient que 333,6 g/kg MS et 310,5 g/kg MS dans le régime témoin.

Cependant, des teneurs élevées en hémicellulose, en cellulose et en glucides totaux ont été élevées dans le régime témoin par rapport au régime expérimental.

La teneur en Na et en Mg n'ont pas montré de différence significative pour les deux rations. De plus, les teneurs en Ca, K et en P étaient plus élevées dans le régime d'ensilage par rapport au témoin.

2. Composition physico-chimique du lait

Le **Tableau 12** illustre la variation des caractéristiques compositionnelles du lait des deux lots de brebis durant six semaines de lactation. Les résultats du traitement statistique de l'effet du régime alimentaire et celui de la phase de lactation ont montrés que la densité du lait varie entre 1,028 et 1,034 g/cm³ et entre 1,022 et 1,034 g/cm³ respectivement pour le lait des deux lots RE et RT. Pour le point de congélation, la moyenne mesurée est de -0,526 °C et de -0,540°C pour le lait des lots RE et RT, respectivement. Les résultats de tous les échantillons du lait des deux lots n'ont montré aucune différence significative ($p > 0,05$), à la fois pour leur densité et leur point de congélation.

La teneur moyenne en protéine des échantillons du lait de brebis analysés était de 4,29 % et de 4,35%, respectivement pour RE et RT ($p > 0,05$).

Pour la teneur en matière grasse, les valeurs vont de 3,03 % à 8,84 % avec une moyenne de 5,16 % pour le lait du lot expérimentale RE et de 2,76 % à 10,46 % avec une moyenne de 4,63 % pour le lait du lot témoin RT ($p > 0,05$).

La variation de la teneur en lactose dans le lait des deux lots obéit à la même fluctuation, soit 4,19 % et 4,07 % pour le lait des deux lots RE et RT, respectivement.

En ce qui concerne les résultats des moyennes de la conductivité, du solide non gras et de la matière minérale du lait, elles étaient respectivement de 2,72 %, 9,20 % et 0,69 % pour le régime RE, alors qu'elles étaient de 3,08 %, 9,08 % et 0,69 % pour le régime RT.

Les paramètres physico-chimiques du lait de brebis ont montré un changement significatif élevé ($p < 0,01$) à très élevé ($p < 0,001$), le long des semaines de lactation. Alors que, seuls les résultats du point de congélation et de la densité du lait n'ayant pas montré de différence significative ($p > 0,05$).

Tableau 12 : Variation de la composition physico-chimique du lait de brebis Sardi en fonction du régime alimentaire et du stade de lactation.

Paramètres	Ration	Semaines de lactation (SL)						Moyenne ± SEM	Statistique
		S 1	S 2	S3	S 4	S 5	S 6		
D (g/cm ³)	RE	1028,3±2,7	1029,1±1,6	1032,9±1,2	1034,2±0,5	1034,1±0,4	1034,1±0,5	1032,1±1,2	0,84 (ns)
	RT	1022,8±2,5	1031,1±1,3	1034,4±0,7	1034,9±0,6	1034,9±0,8	1033,7±0,6	1032±1,1	
	Moy ± SEM	1035,1±2,6	1031,8±1,5	1027,3±1,0	1034,5±0,5	1034,5±0,6	1034,4±0,5	1032±1,1	
	Signification	0,09 (ns)							
MG (%)	RE	8,84±1,21	6,11±1,51	3,03±0,5	3,04±0,59	4,93±0,34	4,97±0,22	5,16±0,74	0,13 (ns)
	RT	9,24±1,20	5,24±1,50	2,76±0,98	3,05±1,10	3,35±0,52	4,11±0,40	4,63±0,95	
	Moy ± SEM	9,04±1,21	5,67±1,50	2,89±0,74	3,04±0,85	4,14±0,43	4,54±0,31	4,89±0,85	
	Signification	0,001 (***)							
MS (%)	RE	16,3±1,8	12,9±0,8	11,9±0,5	14,3±0,4	14,5±0,4	14,9±1,3	14,2± 1,1	0,21 (ns)
	RT	20,3±3,3	13,9±1,1	12,9±0,5	13,6±0,7	14,6±0,5	14,5±0,2	14,1±0,7	
	Moy ± SEM	18,3±2,5	13,4±0,9	12,4±0,5	14,0±0,5	14,6±0,5	14,7±0,5	14,1±0,5	
	Signification	0,001 (***)							
C (mS)	RE	1,58±0,30	2,41±0,23	3,15±0,23	2,90±0,21	3,10±0,26	3,20±0,12	2,72±0,22	0,08 (ns)
	RT	2,24±0,21	2,97±0,30	3,28±0,17	3,03±0,19	3,25±0,19	2,99±0,19	3,08±0,20	
	Moy ± SEM	18,30±2,50	2,69±0,27	3,15±0,20	2,96±0,20	3,17±0,23	3,09±0,16	2,90±0,21	
	Signification	0,001 (***)							
SNF (%)	RE	9,23±0,66	8,68±0,14	8,88±0,08	9,57±0,14	9,51±0,11	9,41±0,20	9,21±0,22	0,44 (ns)
	RT	9,34±0,50	8,99±0,11	7,92±0,08	9,49±0,27	9,52±0,19	9,19±0,17	9,07±0,22	
	Moy ± SEM	9,29±0,58	8,84±0,13	8,40±0,08	9,53±0,21	9,52±0,15	9,17±0,19	9,14±0,19	
	Signification	0,003 (**)							
Pr (%)	RE	4,56±0,27	4,35±0,06	4,21±0,03	4,23±0,06	4,39±0,05	4,36±0,17	4,35±0,10	0,52 (ns)
	RT	4,73±0,23	3,25±0,05	4,22±0,04	4,44±0,08	4,55±0,09	4,59±0,08	4,29±0,10	
	Moy ± SEM	4,64±0,50	3,80±0,06	4,22±0,04	4,34±0,07	4,47±0,07	4,48±0,13	4,32±0,10	
	Signification	0,0013 (**)							
PF (-°C)	RE	0,539±0,030	0,517±0,005	0,511±0,007	0,535±0,010	0,531±0,008	0,523±0,010	0,526±0,012	0,28 (ns)
	RT	0,485±0,020	0,509±0,012	0,520±0,009	0,725±0,013	0,529±0,012	0,513±0,015	0,540±0,014	
	Moy ± SEM	0,512±0,030	0,513±0,009	0,515±0,008	0,630±0,012	0,530±0,010	0,518±0,009	0,533±0,013	
	Signification	0,48 (ns)							
MM (%)	RE	0,69±0,04	0,66±0,01	0,67±0,01	0,72±0,01	0,71±0,01	0,71±0,01	0,69±0,01	0,33 (ns)
	RT	0,70±0,04	0,67±0,01	0,59±0,01	0,72±0,01	0,72±0,01	0,71±0,01	0,69±0,01	
	Moy ± SEM	0,70±0,04	0,67±0,01	0,63±0,01	0,72±0,01	0,72±0,01	0,71±0,01	0,69±0,01	
	Signification	0,001 (***)							
L (%)	RE	4,03±0,26	3,99±0,07	4,18±0,05	4,30±0,06	4,27±0,05	4,26±0,07	4,19±0,06	0,18 (ns)
	RT	4,13±0,22	4,05±0,05	3,54±0,08	4,14±0,07	4,27±0,08	4,31±0,97	4,07±0,24	
	Moy ± SEM	4,08±0,24	4,02±0,06	3,86±0,06	4,14±0,06	4,27±0,07	4,28±0,52	4,13±0,15	
	Signification	0,003 (**)							

***P < 0,001 ; ** P<0,01 ; *P < 0,05 ; ns : non significatif (P > 0,05).

D: Densité, MG: Matière grasse, MS: Matière sèche, C: Conductivité, SNF: Solide non-fat, Pr: Protéine, PF: point de fusion, L: Lactose, RT: Ration témoin, RE: Ration expérimentale.

3. Production laitière et croissance des agneaux

Le **Tableau 13** montre la variation des résultats de la production laitière, déterminés pour les deux lots de brebis de la race Sardi, en fonction du stade de lactation et du régime alimentaire. Les résultats du traitement statistique de l'effet des deux facteurs indépendants (régime alimentaire et stade de lactation) ont montrés que la quantité moyenne du lait de brebis produite pendant les six semaines de lactation (production laitière quotidienne pendant six semaines) était respectivement de 31,15 kg et 27,14 kg pour les deux lots RE et RT, soit une différence de 14,8 % en faveur du lot expérimental RE.

Tableau 13 : Production laitière en fonction du régime alimentaire et du stade de lactation.

	Ration	Semaines de lactation (S)						Statistique	
		S1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	Moy±SEM	Signification
Production laitière (g/j)	RE	644,4±43,1	834,1±58,8	979,1±95,3	850,7±139,4	658,2±47,6	476,8±24,8	741,8±37,5	0,002 (**)
	RT	629,3±82,1	738,2±110,7	789,8±89,3	701,1±105,9	547,5±50,1	472,0±41,6	646,3±38,8	
	Moy±SEM	636,8±62,5	786,1±84,7	884,4±92,3	775,9±122,6	602,8±48,9	474,4±33,2	694,1±38,1	
	Signification	0,001 (***)							

*** P<0,001 ; **P<0,01 ; *P < 0,05 ; ns : non significatif (P > 0,05).

La production laitière quotidienne du lot de brebis nourries avec l'ensilage était significativement plus élevé (p<0,01) par rapport à celle du lot témoin nourries avec la ration témoin avec une moyenne de 714,8 g/jour et 648,6 g/jour, respectivement. Le pic de lactation a été observé à la 3^{ème} semaine pour les deux lots. Les coefficients de persistance étaient respectivement de 0,86 et 0,88 pour les deux lots RE et RT. En fin, nous constatons que la production laitière est significativement influencée par le stade de lactation (p<0,001) et par le type du régime alimentaire (p<0,002).

Le **Tableau 14** représente les résultats des mesures réalisées pour évaluer les performances de la croissance des agneaux dès la naissance et durant les trois mois de lactation. Les mesures ont été effectuées pour les agneaux des deux lots RT et RE. Les résultats du traitement statistique de l'impact du lait allaité sur les performances de croissance des agneaux pendant la phase de lactation ont été illustrés dans le même **Tableau (14)**.

La croissance des agneaux (**Tableau 14**) montre que l'utilisation de l'ensilage à base de rebuts de fruits de figuier de barbarie chez les brebis a permis d'améliorer le gain quotidien moyen de leurs agneaux (GMQ) de leurs agneaux respectivement de 127 g/jour et 178 g/jour pendant

90 jours de lactation pour RT et RE ; Soit une amélioration de 40 % en faveur des agneaux du lot RE ($p < 0,05$).

De plus, des différences significatives ($p > 0,001$) du poids final ont été observées pour les d'agneaux du lot RE par rapport au lot RT ; Soit respectivement 20 et 15 kg. L'alimentation des brebis du lot RE a permis d'améliorer le poids à la naissance de ses agneaux de +4,69 % par rapport à celui des agneaux du lot témoin (RT). Le GMQ (g/jour) des agneaux enregistrés au cours du premier mois (0-30 jours) est de 232,5 g/jour contre 190 g/jour respectivement pour les lots RE et RT. Cette croissance n'a pas été significative durant cette période (0-30j), alors qu'elle a été très significative ($p < 0,001$) durant les deux périodes 30-60 et 60-90 jours (Tableau 14). Pareillement l'étude économique du coût des deux rations a été basée sur les prix des ingrédients dans le marché. On a constaté que le prix de la production d'un kilogramme en matière sèche de la ration d'ensilage (3,13 dh) était inférieur à celui de la ration témoin (3,42 dh), cependant le coût alimentaire total était élevé pour le lot test (479 dh/tête/90 j) par rapport au lot témoin (389,8 dh/tête/90 j). Considérons le poids final des agneaux, le coût du croit était de 29,8 dh/kg pour le lot test, alors que il était de 33,9 dh/kg pour le lot témoin.

Tableau 14 : Performance de croissance des agneaux en phase de lactation des deux lots.

	Traitements		Signification
	RE	RT	
Poids de naissance (g)	4062±52	3880±85	0,013 (*)
Poids moyen à 30 jours (g)	10884 ±618	9620±391	0,05 (*)
Poids moyen à 60 jours (g)	15150±728	12340±450	0,001(***)
Poids moyen à 90 jours (g)	20156±852	15380±472	0,001(***)
GMQ 0-30 d (g)	232,5±22,4	191,0±13,1	0,08(ns)
GMQ 0-60 d (g)	184,8±12,1	140,8±7,6	0,001(***)
GMQ 0-90 d (g)	178,8±9,3	127,6±6,1	0,001(***)
Ingestion volontaire (kg MS/j)	1,7	1,27	
Coût de production (DH/kg)	29,8	33,9	

*** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; ns : non significatif ($P > 0,05$).

4. Composition minérale du lait

Le **tableau 15** montre les résultats obtenus pour la composition minérale des échantillons de lait de brebis collectés pendant six semaines de lactation. Les résultats de l'analyse statistique de l'effet du type de traitement et de la phase de lactation sur la teneur en éléments minéraux ont été montrés par le même tableau.

Tableau 15 : Composition minérale (mg/l) du lait de brebis Sardi en fonction du régime alimentaire et du stade de lactation.

Paramètres (mg/l)	Semaines de lactation (SL)								Signification
	Ration	S1	S 2	S 3	S 4	S 5	S 6	Moy±SEM	
P	RE	1295,5±184,6	1329,8±122,5	1437,2±119,8	1650,1±175,2	1988,5±149,4	1880±212,4	1118,1±664,5	0,045 (*)
	RT	957,6±165,3	1357,4±111,7	1153,4±138,6	1353,4±82,2	1787,6±280,6	1804,7±112,6	1032,5±641,1	
	Moy±SEM	1126,5±184,6	1343,6±117,1	1295,3±129,2	1501,7±128,7	1888,1±215,1	1842,3±162,5	1499,6±156,1	
	Signification	0,001 (***)							
Na	RE	926,5±129,2	774,8±157,4	456,5±35,3	525,6±87,3	596,1±59,0	846,6±75,8	687,6±90,6	0,94 (ns)
	RT	845,2±146,4	931,0±198,8	672,4±103,4	456,6±33,9	635,2±49,0	611,8±79,7	692,0±101,8	
	Moy ± SEM	885,8±137,8	852,9±178,1	564,4±69,3	491,1±60,5	615,6±54,0	729,2±77,7	689,8±96,2	
	Signification	0,001 (***)							
K	RE	1161,4±146,5	1235,1±163,4	1060,3±76,7	1286,7±379,5	1172,7±100,8	1264,4±171,0	1196,7±172,9	0,5 (ns)
	RT	965,9±87,8	1305,8±180,4	1089,0±118,2	933,1±78,7	1229,5±178,3	1235,0±135,7	1126,3±129,8	
	Moy ± SEM	1063,6±117,1	1270,4±171,8	1074,6±97,4	1109,9±229,1	1201,1±139,5	1249,7±153,3	1161,5±151,4	
	Signification	0,77 (ns)							
Ca	RE	1196,7±91,0	1005,6±66,0	1299,3±72,8	1349,3±78,2	1814,8±165,4	1822,2±155,9	1414,6±104,8	0,41 (ns)
	RT	1350,3±155,7	1268,4±107,0	1262,8±63,9	1087,4±101,5	1565,0±195,7	1561,9±210,8	1349,3±139,1	
	Moy ± SEM	1273,5±123,3	1137,0±86,5	1281,1±68,3	1218,3±89,9	1689,9±180,5	1692,0±183,3	1381,9±121,9	
	Signification	0,031 (*)							
Mg	RE	143,6±7,1	120,7±7,9	155,9±8,7	161,9±9,4	139,6±12,7	140,2±12,0	143,6±9,6	0,57 (ns)
	RT	158,5±24,2	152,2±12,8	151,5±7,7	130,5±12,2	120,3±15,1	124,5±14,5	139,5±14,3	
	Moy ± SEM	151,0±15,6	136,4±10,4	153,7±8,2	146,2±10,8	129,9±13,8	132,3±13,2	141,6±12,0	
	Signification	0,26 (ns)							
Cu	RE	0,50±0,08	0,34±0,05	0,24±0,01	0,31±0,05	0,24±0,02	0,24±0,02	0,31±0,04	0,01 (**)
	RT	0,39±0,04	0,28±0,03	0,22±0,01	0,12±0,02	0,21±0,03	0,22±0,02	0,24±0,02	
	Moy ± SEM	0,44±0,06	0,31±0,04	0,23±0,01	0,21±0,03	0,23±0,03	0,23±0,02	0,27±0,03	
	Signification	0,001 (***)							
Mn	RE	0,021±0,002	0,016±0,001	0,055±0,002	0,03±0,001	0,055±0,001	0,044±0,002	0,036±0,001	0,08 (ns)
	RT	0,015±0,002	0,014±0,002	0,042±0,002	0,03±0,001	0,028±0,001	0,042±0,002	0,028±0,001	
	Moy ± SEM	0,018±0,002	0,015±0,002	0,048±0,002	0,03±0,001	0,041±0,001	0,043±0,002	0,032±0,001	
	Signification	0,001 (***)							
Zn	RE	2,5±0,3	2,1±0,2	3,4±0,5	4,5±0,4	3,20±0,23	3,3±0,29	3,16±0,31	0,14 (ns)
	RT	2,8±0,5	4,5±1,7	3,6±0,2	4,2±0,3	3,45±0,45	3,2±0,31	3,62±0,56	
	Moy ± SEM	2,6±0,4	3,3±1,0	3,5±0,3	4,35±0,3	3,32±0,34	3,2±0,30	3,39±0,43	
	Signification	0,13 (ns)							
Fe	RE	0,17±0,02	0,14±0,01	0,20±0,02	0,22±0,01	0,16±0,01	0,16±0,03	0,17±0,01	0,11 (ns)
	RT	0,14±0,02	0,12±0,01	0,23±0,02	0,22±0,02	0,10±0,01	0,12±0,01	0,15±0,01	
	Moy ± SEM	0,15±0,02	0,13±0,01	0,22±0,02	0,22±0,02	0,13±0,01	0,14±0,02	0,16±0,01	
	Signification	0,001 (***)							

***P < 0,001 ; ** P<0,01 ; *P < 0,05 ; ns: not signification (P > 0,05).

La composition minérale du lait de brebis des deux lots est statistiquement similaire pour la teneur en sodium, potassium, calcium et en magnésium, à l'exception de la teneur en phosphore qui ont été supérieures dans le lait des brebis du lot RE par rapport au lot témoin RT ($p < 0,05$). La teneur en magnésium et en potassium n'est pas influencée par la période de lactation. La variation est très significative ($p < 0,01$) pour la teneur en sodium et en calcium et très significative ($p < 0,001$) pour la teneur en phosphore.

La teneur moyenne en oligo-éléments (Cu, Mn, Fe) pendant la phase de lactation est très différente ($p < 0,001$), tandis que la teneur en Zn maintient la même fluctuation.

La teneur moyenne en cuivre était plus élevée ($P < 0,05$) dans le lait du lot RE par rapport au témoin RT ; néanmoins, les autres composés (Mn, Zn et Fe) ont gardé presque la même fluctuation pour les deux lots.

Le rapport Ca:P du lait de brebis dans cette étude était de 0,88 et 0,95 pour les lots RE et RT, respectivement.

Le traitement statistique a montré que le type de traitement influence significativement sur la teneur en phosphore ($p < 0,05$) et en cuivre ($p < 0,01$), alors qu'il n'a aucun effet sur tous les autres éléments.

II. Évaluation de l'activité antioxydante, de la teneur en flavonoïdes et en polyphénols totaux et du profil d'acides gras du lait des brebis testées

1. Pouvoir antioxydant

1.1. Test de piégeage du radical libre DPPH

Les propriétés antioxydantes des échantillons étudiés ont été évaluées en mesurant l'activité de piégeage des radicaux DPPH. L'activité antioxydante totale est exprimée en mg équivalent Trolox/100 ml de lait frais (mg ET/100 ml). Le test de DPPH mesure la capacité réductrice des antioxydants vis-à-vis du radical DPPH par décoloration. Les résultats obtenus sont représentés dans la **figure 3**.

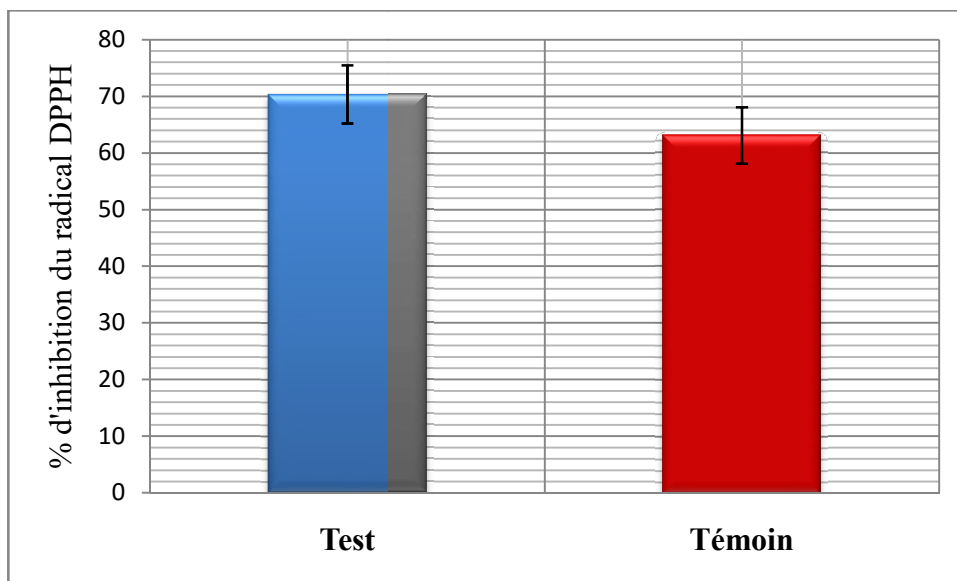


Figure 3 : Pourcentage d'inhibition du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dans les extraits de lait des deux lots test et témoin.

Le pourcentage de piégeage du 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) dans les extraits du lait du lot nourri avec l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie (RE) varie entre 46 et 85 % avec une moyenne de $70,34 \pm 5,12$ %, tandis que celui du lait du lot de brebis témoin varié entre 42 et 77 % avec une moyenne de $63,10 \pm 4,98$ %. L'analyse statistique via le test de Tukey a démontré une différence significative de l'activité antioxydante des extraits du lait des deux lots en faveur du lait des brebis du lot test qui présente le pouvoir réducteur le plus élevé.

1.2. Test de FRAP: Ferric reducing antioxyant power

Le test du pouvoir réducteur ferrique dépend du mécanisme qui implique des réactions d'oxydation et de réduction, dans lesquelles l'ion ferrique est réduit en ion ferreux. Ce mécanisme peut être corrélé avec les propriétés redox des composés antioxydants du lait. Le pouvoir réducteur des échantillons du lait analysé est résumé dans la **figure 4**. Le pouvoir réducteur des différents échantillons analysés était significativement ($P < 0,05$) différent en fonction de l'alimentation des deux lots test et témoin.

D'après la **figure 4**, on a constaté que le pouvoir réducteur des extraits du lait de brebis nourries avec l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie était significativement ($p < 0,05$) supérieur ($258,5 \pm 2,52$ mg EAAs/100 ml du lait frais) à celui du lot témoin ($231,3 \pm 2,81$ mg EAAs/100 ml du lait frais).

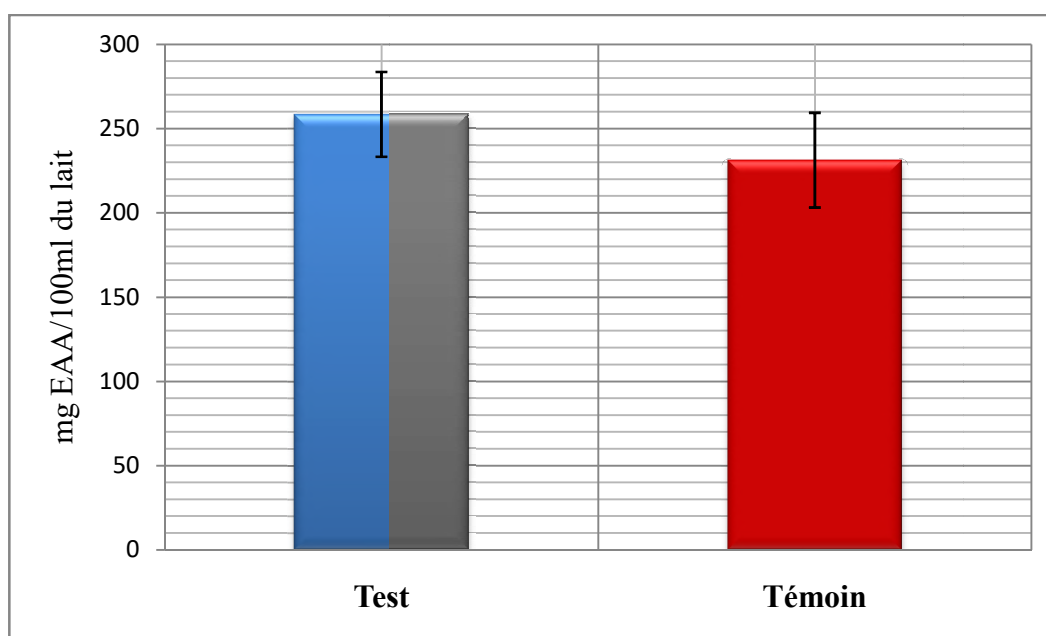


Figure 4: Activité antioxydante par la méthode du Ferric reducing antioxidant power FRAP de lait de brebis des deux lots test et témoin, exprimée en milligramme équivalent d'acide (mg EAAs/100ml). Les valeurs sont présentées sous forme moyenne \pm ESM ($n=3$).

2. Teneur en phénols totaux (TPC)

La **figure 5** montre la variation de la teneur en polyphénols (mg EAG/100 ml du lait frais) mesurée dans les extraits du lait de brebis des deux lots.

La détermination de la concentration des groupes phénoliques dans les échantillons du lait repose sur leurs réaction avec le réactif de Folin-Ciocalteu (Nurliyana *et al.*, 2010). Par conséquent, une coloration bleu foncé indique que des concentrations phénoliques élevées sont présentes, tandis qu'une coloration bleu clair dans les échantillons indique le contraire.

Les résultats de la teneur totale en phénols, exprimées en milligramme d'acide gallique équivalent par cent millilitres du lait, dans les échantillons du lait de brebis nourries avec la ration d'ensilage de cactus contre un lot témoin sont présentés par la **figure 5**.

On a constaté que la teneur en phénols totaux dans les échantillons du lait de brebis du lot test (nourri avec l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie) est significativement supérieure ($p < 0,01$) ($349,82 \pm 12,65$ mg EAG/100 ml du lait frais) à celle du lait du lot témoin ($340,97 \pm 15,24$ mg EAG/100 ml du lait frais). L'analyse statistique via le test de Tukey a démontré que le type d'alimentation affecte significativement ($p < 0,05$) la teneur du lait en poly-phénols totaux.

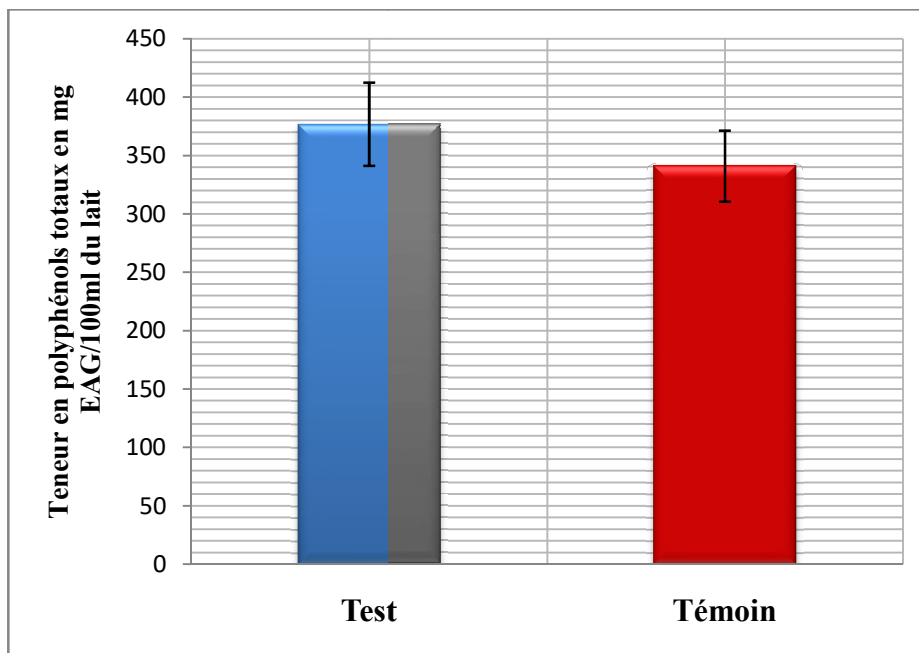


Figure 5 : Concentration des polyphénols totaux dans le lait de brebis des deux lots test et témoin (mg EAG/100ml du lait frais).

3. Teneur en flavonoïdes

La **figure 6** illustre les résultats de la teneur en flavonoïdes exprimée en milligramme de catéchine équivalent par cent millilitres du lait des deux lots de brebis.

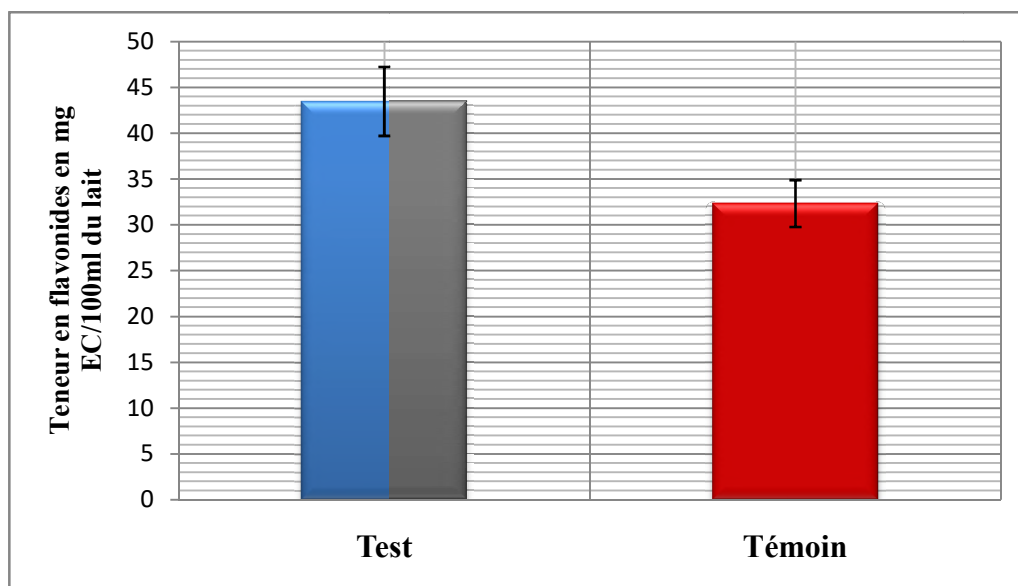


Figure 6 : Concentration en flavonoïdes dans le lait de brebis des deux lots test et témoin, exprimée en équivalent de catéchine (mg EC/100ml du lait frais).

La teneur en flavonoïdes dans le lait du lot test varie entre 34 et 64 mg EC/100 ml du lait frais, tandis qu'elle varie entre 31 et 56 mg EC/100 ml du lait du lot témoin. Lorsqu'on compare la teneur moyenne en flavonoïdes des extraits du lait des deux lots de brebis, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'était pas constatée.

4. Corrélation entre les différentes méthodes de détermination de l'activité antioxydante

Le **tableau 16** montre les résultats obtenus d'étude de la corrélation entre les méthodes de DPPH, FRAP et TPC. La corrélation entre les différentes méthodes a été déterminée à l'aide du logiciel SPSS. A priori, les coefficients de corrélation déterminés montrent une corrélation positive entre les méthodes TPC, FRAP et DPPH (**tableau 16**). Par ailleurs, la corrélation entre les méthodes DPPH*TPC pour le lait de brebis de la race Sardi présente le coefficient le plus bas ($R^2=0,78$) par rapport à celui des méthodes FRAP*TPC ($R^2=0,95$).

Tableau 16: Coefficients de corrélation de tous les échantillons du lait de brebis analysés par les méthodes de DPPH, FRAP et TPC.

	DPPH	FRAP	TPC
DPPH	*	*	*
FRAP	0,80	*	*
TPC	0,78	0,95	*

5. Profils des acides gras du lait de brebis de la race Sardi

Le **tableau 17** présente les moyennes des proportions relatives de différents acides gras calculés à partir des chromatogrammes pour le lait de brebis des deux lots étudiés.

Dans la présente étude, nous voulons comparer la composition en acides gras du lait des deux lots de brebis recevant deux types de régime alimentaire, le premier est un ensilage à base des fruits de figuier de barbarie. Tandis que, le deuxième est une ration standard utilisée par les éleveurs de la région. Cette comparaison permet de révéler l'effet du facteur alimentaire sur la composition en acides gras déterminée dans la matière grasse du lait.

Comparativement aux échantillons du lait du lot témoin, les résultats de la composition en acides gras mesurée dans le lait du lot expérimental ont montré une teneur élevée en acide palmitique (C16:0), acide stéarique (C18:0) et en acide oléique (C18:1 n-9 gras) de 24,12 ; 22,48 et 32,06 g/100 g d'acides gras totaux (AGT), respectivement. A l'opposé, les teneurs en acide butyrique (C4:0) et en acide caproïque (C6:0) n'ont pas présenté de différences significatives pour les deux lots.

Par ailleurs, les résultats de la teneur en acide caprique (C10:0), en acide laurique (C12:0) et en acide myristique (C14:0) ; étaient significativement supérieurs ($p < 0,001$) dans le lait des brebis du lot témoin 7,61 ; 5,53 ; 14,41 g/100 g d'acides gras totaux, respectivement.

En comparaison avec le lait des brebis du lot témoin, nous avons constaté que le pourcentage des AGMI (32,06 %) et des AGPI (2,43 %) a été significativement supérieur dans le lait issu des brebis recevant la ration d'ensilage.

Toutefois, le pourcentage en AGS était élevé dans le lait des brebis du lot témoin (71,78 %) par rapport à celui mesuré dans le lait des brebis du lot expérimental (64,39 %).

Tableau 17: Proportions relatives des acides gras de la matière grasse du lait de brebis (Résultats obtenus par chromatographie en phase gazeuse et exprimés en p. 100 des esters méthyliques totaux).

Acide gras	Moyenne en g/100g		Signification
	RE	RT	
C4:0	1,63	1,12	ns
C6:0	2,09	2,87	ns
C10:0	3,83	7,61	***
C12:0	3,01	5,53	**
C14:0	7,23	14,41	***
C16:0	24,12	28,15	**
C18:0	22,48	12,09	***
C18:1 n-9	32,06	24,37	***
C18:2 n-6	2,43	2,01	*
AGS	64,39	71,78	***
AGMI	32,06	24,37	***
AGPI	2,43	2,01	*

C4:0, acide butyrique; C6:0, acide caproïque; C10:0, acide caprique, C12:0, acide laurique; C14:0, acide myristique; C16:0, acide palmitique; C18:0, acide stéarique; C18:1 n-9, acide oléique; C18:2 n-6, acide linoléique; AGS: acides gras saturés, AGMI: acides gras mono insaturés, AGPI : acides gras polyinsaturés.

(*) : $p < 0,05$; (**) : $p < 0,01$; (***) : $p < 0,001$; ns: non significatif.

III. Caractérisation physico-chimique et du pouvoir antioxydant de fromage et de yaourt élaborés

1. Yaourt

La **figure 7** montre les résultats de l'acidité titrable et du pH des échantillons de quatre types de yaourt préparé à base du lait de brebis et de ferments (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*) isolés à partir du lait de chèvre. Deux types de yaourt sont supplémentés avec les extraits d'*Opuntia ficus indica* et les deux autres sont servis comme des témoins.

1.1. pH et Acidité titrable du yaourt

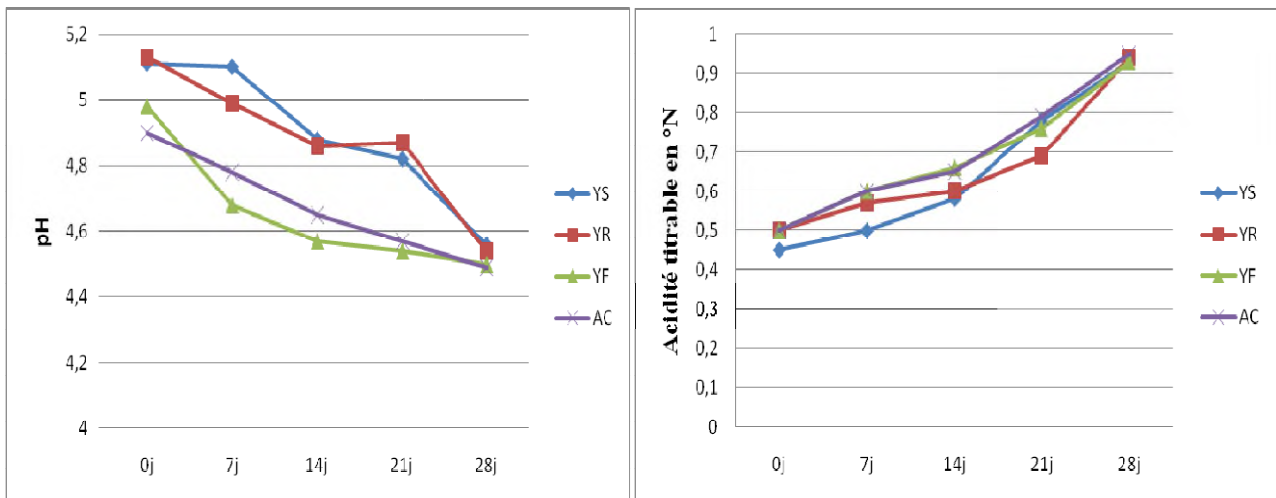


Figure 7 : Variation de a) le pH et b) d'acidité titrable (TA) de yaourt en fonction de la durée de conservation (4 ° C) en jours (28 jours).

YS: Yaourt avec la culture de départ (sans extrait) (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*), YR: Yaourt avec extrait de raquette de figuier de barbarie, YF: Yaourt avec extrait de fruit de figuier de barbarie, YC: Yaourt fabriqué avec du Yaourt commercial.

D'après la **figure 7**, nous constatons qu'au 28 jours, le pH était plus bas pour le yaourt préparé avec l'extrait de cladodes (YC) et l'extrait de fruits (YF) que pour les yaourts à base de culture starter (sans extraits) (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*), $4,54 \pm 0,03$; $4,5 \pm 0,04$ et $4,56 \pm 0,03$, respectivement.

En ce qui concerne l'acidité titrable, nous marquons son augmentation progressive durant toute la période de conservation dans les quatre types de yaourt. La différence de l'acidité à 28 jours était non significative ($p > 0,05$) pour les quatre types de yaourt.

1.2. Activité antioxydant du yaourt (DPPH)

La **figure 8** représente la variation du pourcentage d'inhibition de DPPH d'extraits des quatre types de yaourt préparés à base du lait de brebis en fonction de la durée de conservation (4 °C) en jours (28 jours).

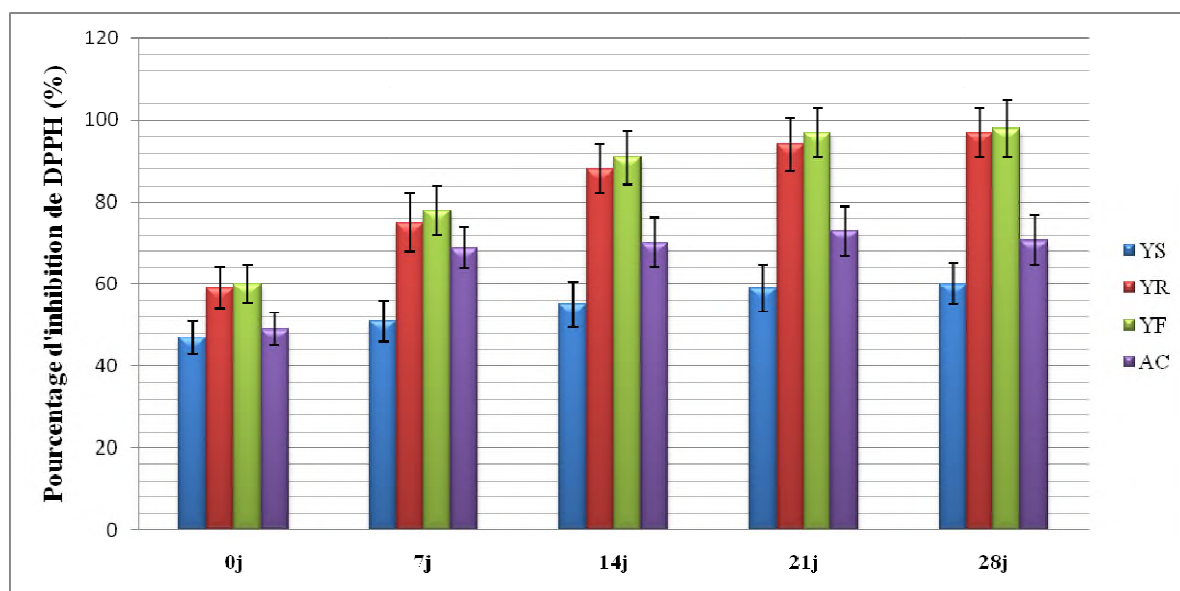


Figure 8 : Variation du pourcentage d'inhibition du DPPH du yaourt en fonction de la durée de conservation (4 ° C) en jours (28 jours).

YS : Yaourt avec la culture de départ (sans extrait) (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*), YR : Yaourt avec extrait de raquette de figuier de barbarie, YF : Yaourt avec extrait de fruit de figuier de barbarie, YC : Yaourt fabriqué avec du Yaourt commercial.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH au jour 0 en présence d'extrait de cladodes ($59\pm 5,3$ %) et d'extrait de fruits ($60\pm 5,09$ %) était significativement supérieur ($P < 0,05$) par rapport à celui de yaourt sans extrait ($47\pm 4,05$ %) (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*) et le yaourt fabriqué à base du yaourt commercial ($49\pm 4,5$ %), tandis que la différence du pourcentage d'inhibition de DPPH était hautement significative du 7^{ème} au 28^{ème} jours ($p < 0,01$) en faveur de yaourts fortifiées avec les extraits d'*O.ficus indica* (**figure 8**).

1.3. Teneur en poly-phénols totaux du yaourt

La **figure 9** représente l'évolution en fonction de la durée de conservation et de la teneur en polyphénols totaux ($\mu\text{g EAG/ml}$) des quatre types de yaourt.

La teneur phénolique totale (TPT) est estimée par la méthode des réactifs de Folin-Ciocalteu des différents yaourts analysés. Les résultats sont présentés par la **figure 9**.

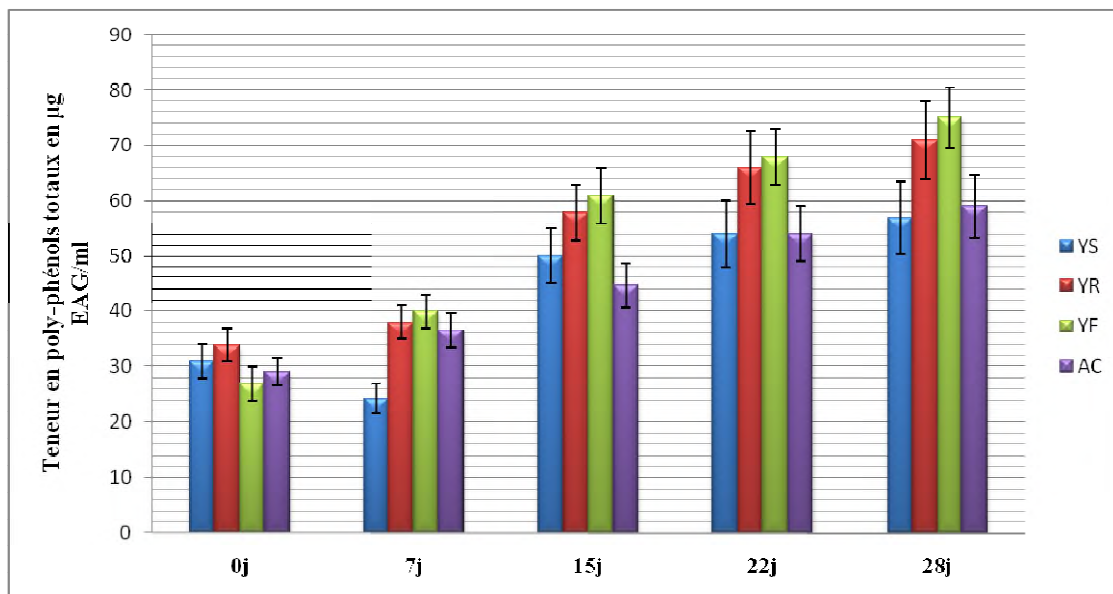


Figure 9: Variation de la teneur en polyphénols totaux en $\mu\text{gEAG/ml}$ de yaourt en fonction de la durée de conservation (4°C) en jours (28 jours).

YS : Yaourt avec la culture de départ (sans extraits) (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*), YR : Yaourt avec extrait de cladodes de figuier de barbarie, YF : Yaourt avec extrait de fruit de figuier de barbarie, YC : Yaourt fabriqué à base du Yaourt commercial.

Les résultats montrent des teneurs en phénols plus élevées dans les yaourts enrichis en extraits de cladodes et de fruits ($p < 0,05$) par rapport aux yaourts sans extrait (*Lactococcus lactis* et *Enterococcus mentii*). Les moyennes à 28 jours étaient $71,75 \pm 7,08$; $75,87 \pm 6,54$ et $57,12 \pm 6,7$ $\mu\text{g EAG/ml}$, respectivement. Alors que, les résultats à la fois pour le yaourt préparé à base du yaourt de commerce et pour le yaourt à base de la culture de départ sans extrait étaient similaires, dont les moyennes sont $59,5 \pm 5,1$ $\mu\text{g EAG/ml}$ et $57,12 \pm 6,7$ $\mu\text{g EAG/ml}$, respectivement.

De plus, le yaourt à base d'extraits de cladodes et de fruits, le yaourt sans extrait et le yaourt préparé à base du yaourt de commerce ont montré de faibles teneurs en polyphénols totaux durant la première semaine de conservation.

Toutefois, entre le 7^{ème} et 28^{ème} jours, nous avons constaté une augmentation significative ($p < 0,05$) pour atteindre des valeurs maximales de $71,75 \pm 5,1$; $75,87 \pm 5,0$; $57,12 \pm 5,0$ et $59,5 \pm 5,1$ $\mu\text{g EAG/ml}$, respectivement.

2. Fromage

2.1. pH et acidité titrable du fromage

La **figure 10** illustre la variation des résultats de l'acidité titrable et de pH du fromage préparé à base des deux types du lait durant 15 jours de conservation.

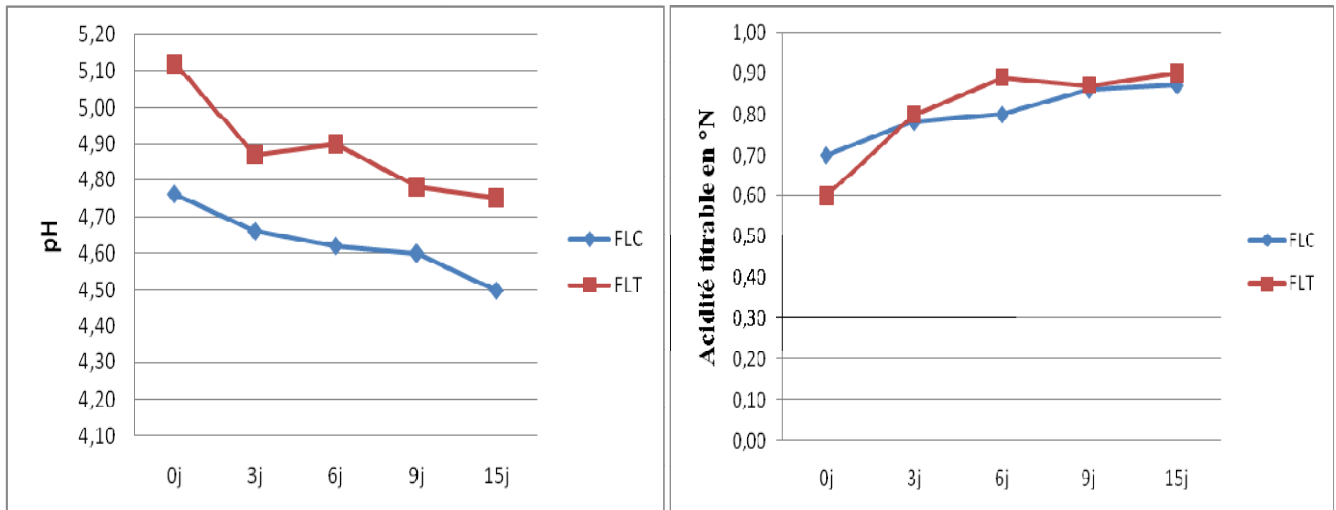


Figure 10 : Variation de a) le pH et b) d'acidité titrable (TA) de fromage frais en fonction de la durée de conservation (4 °C) en jours (15 jours).

FLC : Fromage préparé via *Lactococcus lactis* à base du lait des brebis nourries avec l'ensilage.

FLT : Fromage préparé via *Lactococcus lactis* à bases du lait de brebis nourries avec une ration témoin.

Les résultats résumés par la **figure 10**, montrent que les valeurs de pH pour les deux types de fromages préparés sont significativement différentes. L'utilisation du lait issu de brebis nourries avec l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie a montré une baisse significative ($p < 0,05$) de $\text{pH} = 4,76 \pm 0,5$ pour le fromage FLC, contre $\text{pH} = 5,12 \pm 0,4$ pour le fromage préparé à base du lait témoin.

Au cours des 15 jours de conservation, le pH continu à diminuer progressivement pour atteindre la valeur de $4,5 \pm 0,45$ pour le fromage à base du lait des brebis du lot expérimental. Cette valeur était significativement inférieure ($p > 0,05$) par rapport à celle du fromage témoin $4,75 \pm 0,23$.

L'acidité du fromage FLC a augmenté lentement de $0,7$ °N jusqu'à atteindre sa valeur maximale $0,9$ °N après 15 jours.

Alors que celle mesurée pour le fromage témoin FLT, elle a augmenté progressivement pour atteindre sa valeur maximale $0,9$ °N après 6 jours, puis elle reste constante jusqu'aux 15^{ème} jours.

2.2. Activité antioxydant du fromage (DPPH)

La **figure 11** représente les résultats obtenus via le test de DPPH, du pourcentage d'inhibition de DPPH mesuré dans les extraits des deux types de fromage durant 15 jours de conservation.

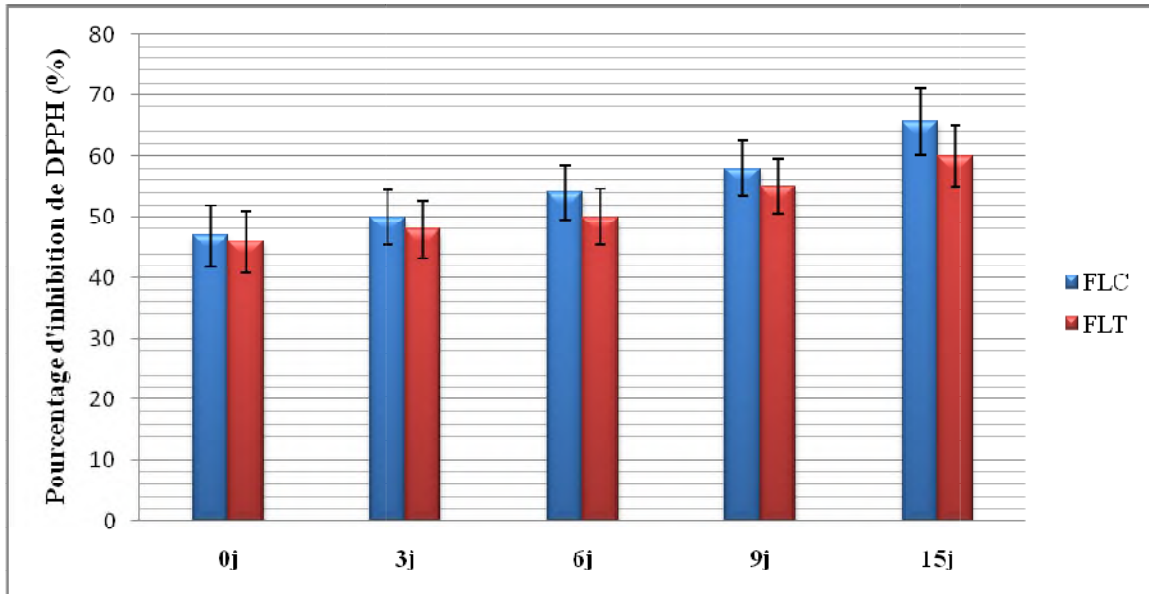


Figure 11 : Variation de pourcentage d'inhibition de DPPH de fromage frais en fonction de la durée de conservation (4 °C) en jours (15 jours).

FLC : Fromage préparé via *Lactococcus lactis* à base du lait de brebis nourries avec l'ensilage.

FLT : Fromage préparé via *Lactococcus lactis* à base du lait de brebis nourries avec une ration témoin.

Le pourcentage d'inhibition de DPPH de l'extrait du fromage préparé via *Lactococcus lactis* à base du lait de brebis du lot expérimental était significativement supérieur ($p < 0,05$) par rapport au fromage témoin durant toute la période de conservation. Pendant le 15^{ème} jour, le pourcentage d'inhibition observé était maximal de $66 \pm 5,02$ % et $60 \pm 4,51$ % pour FLC et FLT, respectivement.

2.3. Teneur en polyphénols totaux du fromage

La **figure 12** représente l'évolution en fonction de la durée de conservation, de la teneur en polyphénols totaux ($\mu\text{g EAG/ml}$) des deux types de fromage.

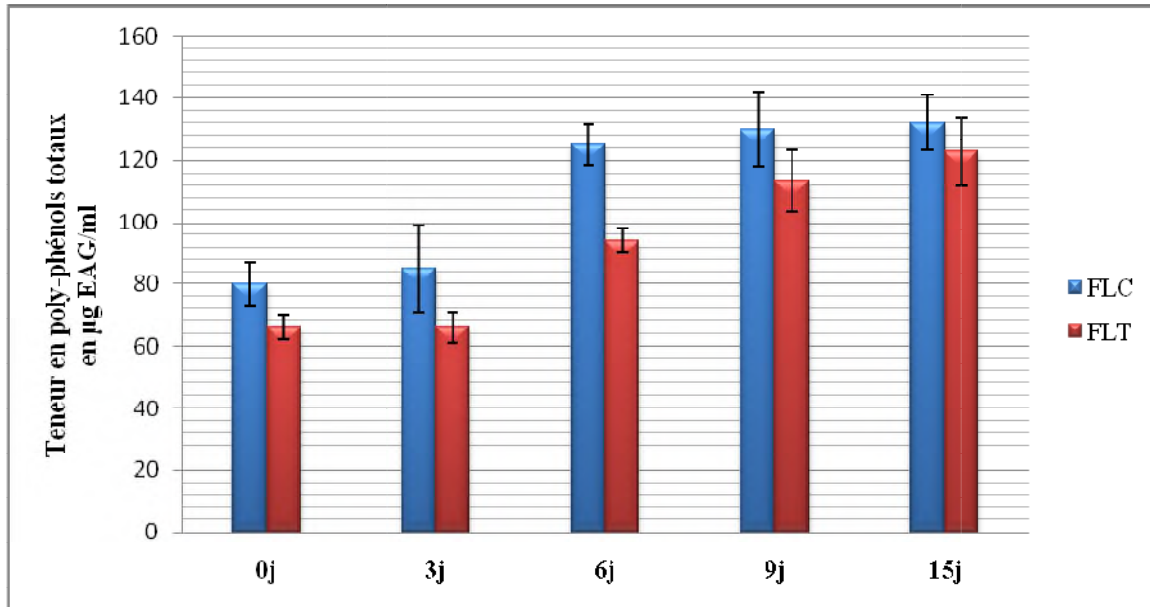


Figure 12 : Variation de la teneur en polyphénols totaux en $\mu\text{g EAG/ml}$ de fromage frais en fonction de la durée de conservation ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$) en jours (15 jours).

FLC : Fromage préparé via *Lactococcus lactis* à base de lait de brebis nourries avec l'ensilage.

FLT : Fromage préparé via *Lactococcus lactis* à base de lait de brebis nourries avec une ration témoin.

La teneur en polyphénols totaux est estimée par la méthode du réactif de Folin-Ciocalteu, elle a montré une différence significative ($p < 0,05$) pour les deux types de fromage. Durant toute la période de conservation la teneur en polyphénols était significativement supérieure pour le fromage à base du lait de brebis du lot expérimental par rapport au fromage à base du lait de brebis témoin, pendant le 15^{ème} jours les valeurs étaient de $132 \pm 9,32$ et $123 \pm 9,76$ $\mu\text{g EAG/ml}$ pour FLC et FLT, respectivement.

IV. Enquête ethnobotanique d'*Opuntia ficus indica* et confirmation de son activité analgésique

1. Enquête ethnobotanique

Les données de l'enquête ethnobotanique sont présentées dans le **Tableau 18**. Les différentes parties d'*Opuntia ficus indica* ont été utilisées pour le traitement de divers troubles de santé, notamment les troubles gastriques, les douleurs rénales, la douleur du dos et des jambes. Les cladodes (57 %) étaient la partie de la plante la plus utilisée, suivies des fleurs (21 %), des graines (11 %) et des racines (5%). Plusieurs parties de la plante ont été utilisées pour calmer la douleur, notamment les cladodes et les fleurs.

Tableau 18 : Utilisation traditionnelle d'*Opuntia ficus-indica* par la population.

Parties de la plante utilisées	Méthodes de Préparation	Les pratiques traditionnelles
Cladodes	Les cladodes séchées broyées en poudre puis prise avec de l'eau	Calmer la douleur de l'estomac
	Le mucilage des cladodes fraîchement appliqué sur les cheveux	Assouplir les cheveux
	La poudre de cladode avalée avec de l'eau ou du lait	Soulager les maux de dos
	Le mucilage recueilli à partir de cladodes, puis mélangé avec du lait frais	Utilisé pour les maladies du foie
	La poudre de cladode mélangée à de l'eau puis appliquée sur les jambes	Calmer les maux des jambes
	Les jeunes cladodes tranchés et préparés en saumure	Réduire le taux du cholestérol
Fleurs	La poudre décoctée avec de l'eau	Calmer les douleurs rénales
	La poudre décoctée avec de l'eau	Calmer les douleurs des jambes et du dos
	La poudre décoctée avec le miel	Utilisé pour l'asthme
	La poudre décoctée avec de l'eau	Utilisé pour maux de la prostate
	La poudre décoctée avec le miel	Utilisé pour les troubles du foie
Graines	Les graines séchées et broyées	Utilisé pour soigner les affections de la peau
	Les graines séchées et broyées	Utilisé pour les troubles cardiovasculaires
Racines	Les racines séchées et broyées mélangées avec du miel ou du lait	Utilisé pour l'asthme

2. Activité analgésique

2.1. Test d'immersion de la queue (Tail flick method)

Les **Tableaux 19** et **20** montrent les résultats obtenus du temps de réaction des souris testées durant 120 min après l'administration de l'extrait aqueux des cladodes, du véhicule et du contrôle positif (morphine).

Ces résultats ont montré que l'extrait de cladodes d'*O.ficus-indica* aux doses de 300, 500 et 1000 mg/kg, i.p. a considérablement augmenté le temps de réaction des souris par rapport au contrôle (véhicule). L'augmentation de la latence était liée à l'effet de la dose. La latence a été notée à 0, 30, 60, 90 et 120 min après l'administration de l'extrait de cladodes, du véhicule et du contrôle positif (morphine).

La douleur a été inhibée à 68,28 ; 69,59 et 70,27 % aux doses 300, 500 et 1000 mg/kg de l'extrait de cladode, respectivement ; 60 min après le traitement. L'effet analgésique de l'extrait de cladodes à la dose la plus élevée a débuté à 30 min, a persisté pendant 60 min après administration de l'extrait, puis a diminué lentement. La morphine à la dose 3 mg/kg a significativement augmenté ($p < 0,01$) le temps de réaction chez les souris.

L'activité analgésique indiquée par *O.ficus-indica* à 500 mg/kg était presque comparable à celle du contrôle positif (morphine), tandis qu'à la dose de 1000 mg/kg, le pourcentage d'inhibition observé pour l'extrait de cladodes a été supérieur de celui enregistré pour le contrôle positif (à 3 mg/kg). La latence chez les souris mâles était légèrement supérieure à celle des souris femelles.

Tableau 19 : Effet analgésique de l'extrait aqueux d'*Opuntia ficus-indica*.

Traitements	Sexe	Doses mg/kg	Temps de réaction±S.E.M.				
			0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Véhicule	♂	0,2	2,30±0,12	2,62±0,47	2,42±0,07	2,47±0,32	3,09±0,21
	♀		2,12±0,34	2,50±0,50	2,31±0,2	2,65±0,49	2,94±0,05
	Moy±SEM	2,21±0,23	2,56±0,48	2,36±0,14	2,56±0,41	3,01±0,13	
Morphine	♂	3	2,81±0,22	5,99±0,14	8,29±2,31	7,33±0,19	5,05±0,91
	♀		2,86±0,14	5,22±0,82	7,02±0,40	6,01±0,24	4,21±0,66
	Moy±SEM	2,83±0,18	5,60±0,48^{ns}	7,65±1,35^{**}	6,67±0,22[*]	4,63±0,78^{ns}	
Extrait aqueux	♂	300	2,90±0,26	7,28±0,76	7,75±1,17	6,22±1,31	4,59±0,28
	♀		3,19±0,27	5,09±0,22	7,14±1,61	6,65±0,31	4,55±0,52
	Moy±SEM	3,04±0,26	6,18±0,52^{ns}	7,44±0,38^{**}	6,43±0,8[*]	4,57±0,4^{ns}	
	♂	500	2,47±0,27	4,44±0,35	8,05±0,43	7,27±1,29	4,92±0,64
	♀		2,65±0,62	4,33±0,46	7,42±1,68	7,05±0,79	4,55±1,13
	Moy±SEM	2,56±0,45	4,38±0,42^{ns}	7,73±1,2^{**}	7,16±1,4^{**}	4,73±0,88^{ns}	
♂	1000	2,74±0,19	9,34±0,74	8,31±0,62	6,17±1,85	5,55±0,59	
♀		2,65±0,56	8,59±1,24	7,58±1,08	6,55±1,28	4,67±0,21	
Moy±SEM	2,69±0,37	8,96±0,99^{***}	7,94±0,85^{**}	6,36±1,56[*]	5,11±0,4^{ns}		

Les résultats sont présentés sous forme de Moy±SEM, (n=8), n.s.= non-significatif,

*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; Test de Dunnett par rapport au contrôle.

Tableau 20 : Pourcentage d'inhibition de la douleur pour différents traitements.

Traitements	Sexe	Doses mg/kg	Pourcentage d'inhibition (%)			
			30 min	60 min	90 min	120 min
Véhicule	♂	0,2	-	-	-	-
	♀		-	-	-	-
Morphine	♂	3	56,26	71,02	66,30	38,81
	♀		52,11	68,14	55,91	30,17
	Moyennes		54,18	69,58	61,10	34,49
Extrait aqueux	♂	300	64,01	68,77	60,29	32,68
	♀		50,88	67,79	60,15	35,38
	Moyennes		57,45	68,28	60,22	34,03
	♂	500	40,99	69,94	66,02	37,20
	♀		42,26	69,25	62,41	35,38
Moyennes		41,63	69,59	64,22	36,29	
	♂	1000	71,95	70,88	59,97	44,32
	♀		70,90	69,66	59,54	37,04
	Moyennes		71,42	70,27	59,75	40,68

2.2. Test de la plaque chauffante (Hot plate test)

Les **tableaux 21** et **22** montrent les résultats obtenus du temps de réaction des souris testées durant 120 min après l'administration de l'extrait aqueux des cladodes, du véhicule et du contrôle positif (morphine).

Les résultats de la latence et du pourcentage d'inhibition obtenus via le test de la plaque chauffante montrent que les souris traitées à l'extrait de cladodes ont présenté une augmentation significative de la latence par rapport aux témoins négatifs. L'effet analgésique maximal a été observé à 60 min après l'administration de l'extrait.

À 60 minutes, le pourcentage d'inhibition aux doses 300, 500 et 1000 mg/kg était respectivement de 63,45 %, 67,73 % et 70,14 %. Le pourcentage d'inhibition de l'extrait à 1000 mg/kg était comparable à celui de la morphine à 3 mg/kg (75,46 %). La latence chez les souris mâles était légèrement supérieure à celle des souris femelles.

Tableau 21 : Effet analgésique de l'extrait aqueux d'*Opuntia ficus-indica* chez la souris.

Traitements	Sexe	Doses mg/kg	Temps de réaction \pm S.E.M				
			0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Control	♂	0,2	2,65 \pm 0,21	2,24 \pm 0,29	2,45 \pm 0,44	2,84 \pm 0,02	2,57 \pm 0,37
	♀		2,31 \pm 0,14	2,2 \pm 0,58	2,40 \pm 0,02	2,22 \pm 0,28	2,84 \pm 0,67
	Moy\pmS.E.M	2,48\pm0,17	2,22\pm0,43	2,42\pm0,23	2,53\pm0,15	2,70\pm0,52	
Morphine	♂	3	4,13 \pm 0,63	8,66 \pm 0,78	9,30 \pm 1,55	8,89 \pm 1,06	5,78 \pm 0,59
	♀		4,44 \pm 0,49	8,62 \pm 0,55	8,95 \pm 1,24	8,58 \pm 1,19	5,11 \pm 0,58
	Moy\pmS.E.M	4,28\pm0,56^{ns}	8,64\pm0,66^{***}	9,12\pm1,39^{***}	8,73\pm1,12^{***}	5,44\pm0,58^{**}	
Extrait aqueux	♂	300	3,04 \pm 0,23	5,56 \pm 0,98	6,78 \pm 1,5	5,61 \pm 0,39	3,78 \pm 0,49
	♀		3,64 \pm 0,43	5,65 \pm 0,28	6,21 \pm 0,59	4,27 \pm 0,90	3,76 \pm 0,16
	Moy\pmS.E.M	3,34\pm0,33^{ns}	5,60\pm0,63^{**}	6,49\pm1,04^{**}	4,94\pm0,64^{ns}	3,77\pm0,32^{ns}	
	♂	500	2,84 \pm 0,07	6,97 \pm 0,35	7,67 \pm 0,32	5,57 \pm 1,04	3,84 \pm 0,39
	♀		2,84 \pm 0,26	6,20 \pm 1,19	7,37 \pm 0,30	5,10 \pm 0,05	3,57 \pm 0,43
	Moy\pmS.E.M	2,84\pm0,16^{ns}	6,58\pm0,77^{***}	7,52\pm0,31^{***}	5,33\pm0,54^{**}	3,70\pm0,41^{ns}	
♂	1000	2,71 \pm 0,20	6,84 \pm 0,58	8,43 \pm 0,33	6,54 \pm 0,34	4,79 \pm 0,10	
♀		2,71 \pm 0,18	6,47 \pm 0,38	7,83 \pm 0,51	6,48 \pm 0,25	4,47 \pm 0,70	
Moy\pmS.E.M	2,71\pm0,19^{ns}	6,65\pm0,48^{***}	8,13\pm0,42^{***}	6,51\pm0,29^{**}	4,63\pm0,40^{ns}		

Les résultants sont présentés sous forme de Moy \pm SEM, (n=8), n.s.= non-significatif, *:

p<0,05 ; ** : p<0,01 ; *** : p<0,001 ; Test de Dunnett par rapport au contrôle.

Tableau 22 : Pourcentage d'inhibition de la douleur pour différents traitement.

Traitements	Sexe	Doses mg/kg	Pourcentage d'inhibition (%)			
			30 min	60 min	90 min	120 min
Contrôle	♂	0,2	-	-	-	-
	♀		-	-	-	-
Morphine	♂	3	76,44	73,66	68,05	55,54
	♀		74,48	73,18	74,13	44,42
	Moy	75,46	73,42	71,09	49,98	
Extrait aqueux	♂	300	71,43	62,65	49,38	32,01
	♀		67,16	57,52	48,01	24,47
	Moy	69,30	60,09	48,69	28,24	
	♂	500	48,61	68,71	60,14	26,04
	♀		64,52	64,85	44,31	28,01
Moy	56,57	66,78	52,23	27,03		
Extrait aqueux	♂	1000	70,18	70,59	56,57	46,35
	♀		66,00	69,74	65,74	36,47
	Moy	68,09	70,16	61,16	41,41	

V. L'activité anti-nociceptive des extraits d'éthanol et de dichlorométhane des cladodes d'*O.ficus-indica*

1. Test d'immersion de la queue (Tail flick method)

Les **tableaux 23** et **24** représentent les résultats obtenus via le test d'immersion de la queue pour tester l'effet analgésique des extraits organiques des cladodes d'*Opuntia ficus indica*.

Tableau 23 : Effet analgésique des extraits éthanoliques et de dichlorométhane de cladodes d'*Opuntia ficus-indica*.

Traitements	Doses mg/kg	Temps de réaction±S.E.M.				
		0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Véhicule	0,2	2,21±0,43	2,56±0,54	2,06±0,14	2,56±0,61	2,74±0,33
Morphine	3	3,83±0,28	5,60±0,68**	7,65±1,35***	6,67±0,32***	4,63±0,98
Extrait éthanolique	300	3,14±0,72	5,16±0,67*	7,79±0,54***	6,29±0,47***	4,43±0,62
	500	3,23±0,79	5,75±1,32***	7,82±0,45***	6,41±1,28***	4,95±0,53*
	1000	4,11±1,21*	7,03±0,52*** ^a	8,02±0,97*** ^b	6,66±1,02***	4,94±0,93*
Extrait de dichlorométhane	300	3,76±0,34*	4,41±0,41* ^c	4,88±0,57** ^c	4,29±0,47 ^c	4,11±0,58
	500	3,58±0,65*	4,7±0,47** ^b	5,92±0,93*** ^b	4,57±0,56* ^c	3,84±0,43
	1000	3,33±0,38	5,61±0,57**	6,44±0,68*** ^b	4,80±0,52** ^c	3,83±0,87

Les résultats sont présentés sous forme de Moy±SEM, (n=8).

*: p<0,01 ; **: p<0,001 ; ***: p<0,0001 pour la différence par rapport au contrôle négatif

^a: p<0,05 ; ^b: p<0,001 ; ^c: p<0,001 pour la différence par rapport au contrôle positif

Tableau 24 : Pourcentage d'inhibition de la douleur en fonction pour différents traitements.

Traitements	Doses mg/kg	Pourcentage d'inhibition			
		30 min	60 min	90 min	120 min
Morphine	3	54,29	69,15	61,62	56,59
Extrait éthanolique	300	50,39	69,70	59,30	54,63
	500	55,48	69,82	60,06	59,39
	1000	63,58	70,57	61,56	59,31
Extrait de dichlorométhane	300	41,95	51,64	40,33	51,09
	500	45,53	60,14	43,98	47,66
	1000	54,37	63,35	46,67	47,52

Les **tableaux 23** et **24** montrent les résultats de la variation du temps de latence et du pourcentage d'inhibition de la douleur des extraits éthanoliques et de dichlorométhane via le test d'immersion dans la queue.

Divers extraits administrés à des doses de 300, 500 et 1000 mg/kg, i.p. ont montré une activité analgésique significative ($p < 0,01$; $p < 0,001$ et $p < 0,0001$, respectivement). Cette dernière est mesurée par l'augmentation du temps de latence en secondes (**tableau 24**) par rapport au contrôle positif (véhicule). L'augmentation du temps de latence était dose dépendante. Cet effet atteignait 70,6 % et 63,4 % à la dose la plus élevée (1000 mg/kg) pendant 60 minutes après l'injection pour les extraits à l'éthanol et au dichlorométhane, respectivement. L'effet analgésique maximal était enregistré pour l'extrait à l'éthanol à 1000 mg/kg, et comparable à celui observé 60 min après injection de la morphine à 3 mg/kg (69,2 %).

2. Test de la plaque chauffante (Hot plate method)

Les **tableaux 25** et **26** représentent les résultats obtenus via le test de la plaque chauffante pour tester l'effet analgésique des extraits organiques des cladodes d'*Opuntia ficus indica*.

Tableau 25 : Effet analgésiques des extraits éthanoliques et de dichlorométhane de cladodes d'*Opuntia ficus indica* via le model expérimentale Hot Plate Test.

Traitements	Doses mg/kg	Temps de réaction \pm S.E.M.				
		0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Véhicule	0,2	2,48 \pm 0,27	2,42 \pm 0,63	2,32 \pm 0,23	2,53 \pm 0,25	2,23 \pm 0,72
Morphine	3	4,28 \pm 0,56	8,64 \pm 0,66****	9,12 \pm 1,39****	8,73 \pm 1,12****	5,44 \pm 0,58**
Extrait éthanolique	300	2,96 \pm 0,98	4,79 \pm 0,75** ^c	7,03 \pm 0,56**** ^c	5,72 \pm 0,71**** ^c	3,80 \pm 0,45 ^c
	500	2,96 \pm 0,47	5,35 \pm 0,87**** ^c	7,42 \pm 0,50**** ^c	5,52 \pm 0,58**** ^c	3,74 \pm 0,87 ^b
	1000	3,24 \pm 0,78	7,80 \pm 1,06**** ^c	8,50 \pm 1,41****	6,85 \pm 1,07**** ^c	4,14 \pm 0,34 ^a
Extrait de dichloro- méthane	300	3,06 \pm 0,63 ^a	3,75 \pm 0,85 ^c	4,24 \pm 0,78 ^c	3,63 \pm 0,72 ^c	3,5 \pm 0,73 ^c
	500	3,28 \pm 0,43 ^a	4,19 \pm 0,79* ^c	5,29 \pm 0,65** ^c	4,47 \pm 0,75 ^c	3,57 \pm 0,67 ^c
	1000	3,13 \pm 0,34 ^a	4,74 \pm 0,72* ^c	6,05 \pm 1,08**** ^c	4,85 \pm 0,96 ^c	3,61 \pm 0,84 ^c

Les résultants sont présentés sous forme de Moy \pm SEM, (n=8).

*: $p < 0,01$; **: $p < 0,001$; ***: $p < 0,0001$ pour la différence par rapport au contrôle négatif

^a : $p < 0,05$; ^b : $p < 0,001$; ^c : $p < 0,001$ pour la différence par rapport au contrôle positif

Tableau 26 : Pourcentage d'inhibition de la douleur en fonction de différents traitements.

Traitements	Doses mg/kg	% inhibition			
		30 min	60 min	90 min	120 min
Morphine	3	71,99	74,56	71,02	59,01
Extrait éthanolique	300	49,48	67,00	55,77	41,32
	500	54,77	68,73	54,17	40,37
	1000	68,97	72,71	63,07	46,14
Extrait de dichlorométhane	300	35,47	45,28	30,30	36,29
	500	42,24	56,14	43,40	37,54
	1000	48,95	61,65	47,84	38,23

Les résultats du test de la plaque chauffante (**Tableaux 25 et 26**) ont montré que le pourcentage d'inhibition de la douleur chez les souris a subi une augmentation significative ($p < 0,001$), à 72,7 % ($8,5 \pm 1,4$ ***) et à 61,7 % ($6,1 \pm 1,08$ *** °) à la dose la plus élevée (1000 mg/kg) pour les extraits éthanoliques et au dichlorométhane, respectivement. L'effet analgésique des extraits testés était dose dépendante par rapport au contrôle (véhicule). L'extrait éthanolique à la dose de 1000 mg/kg (72,7 %) était comparable au contrôle positif (morphine) à la dose de 3 mg/kg (74,6 %).

VI. L'activité anti-nociceptive des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d'*Opuntia ficus-indica*

1. Test de retrait de la queue

Les **tableaux 27** et **28** représentent les résultats obtenus via le test d'immersion de la queue pour tester l'effet analgésique des extraits aqueux et organiques des fleurs d'*Opuntia ficus indica*.

Tableau 27 : Effet analgésiques des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d'*Opuntia ficus indica* via le model expérimental Tail flick test.

Traitements	Doses mg/kg	Temps de réaction±S.E.M.				
		0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Véhicule	0,2	2,21±0,43	2,56±0,54	2,06±0,14	2,56±0,61	2,74±0,33
Morphine	3	2,78±0,78	8,6±0,95***	9,38±1,55***	9,03±1,23***	6,29±0,89**
Extrait éthanolique	300	3,21±0,54	4,55±0,11 ^a	6,93±0,69** ^c	4,53±0,39 ^c	3,77±0,34 ^c
	500	3,06±0,43	7,04±0,88** ^b	8,37±0,73*** ^b	6,98±0,35*** ^c	4,74±0,37 ^b
	1000	2,32±0,47	7,20±0,87*** ^c	9,12±0,97*** ^a	7,10±0,85*** ^c	4,75±0,54 ^b
Extrait aqueux	300	2,04±0,22	3,85±0,12 ^c	6,39±0,15*** ^c	4,90±0,21** ^c	3,93±0,21 ^b
	500	2,73±0,59	5,63±0,23** ^b	7,22±0,54*** ^b	5,91±0,30** ^c	4,61±0,17 ^b
	1000	2,71±0,61	5,57±0,15** ^b	8,65±0,27*** ^b	6,07±0,18** ^c	4,77±0,16 ^b

Les résultats sont présentés en moyenne ± SEM, (n=8), analysés par ANOVA à un facteur suivi du test de comparaison multiple de Tukey,

(*) : p <0,01 ; (**) : p <0,001 ; (***) : p <0,0001 pour la différence de changement par rapport au groupe témoin du véhicule,

(^a) : P <0,05 ; (^b) : P <0,001 ; (^c) : P <0,001 pour la différence de changement par rapport au groupe standard de référence

Tableau 28 : Pourcentage d'inhibition de la douleur des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d'*O. ficus indica* via le model expérimental Tail flick test.

Traitement	Doses mg/kg	% inhibition			
		30 min	60 min	90 min	120 min
Morphine	3	68	70	69	56
Extrait aqueux	300	47	68	58	48
	500	51	62	54	41
	1000	51	69	55	43
Extrait éthanolique	300	29	54	29	15
	500	57	58	57	37
	1000	63	64	66	48

Les résultats ont montré que les extraits aux doses de 300, 500 et 1000 mg/kg, i.p. induisent une activité analgésique significative, démontrée par une augmentation du temps de latence en secondes (**tableau 27**) par rapport au témoin.

Le temps de latence de retrait de la queue des souris témoins était de $2,21 \pm 0,43$ s. A 30 minutes après administration des extraits, nous avons constaté que les temps de latence des animaux des lots recevant les deux extraits aqueux et éthanoliques aux doses 300, 500 et 1000 mg/kg, i.p ainsi que celui des animaux du lot recevant de la morphine à 3mg/kg, i.p étaient significativement supérieurs ($p < 0,001$) par rapport au lot témoin.

Le temps de latence du lot qui a reçu l'extrait dosé à 1000 mg/kg, i.p, était significativement supérieur ($p < 0,05$) à celui du lot qui a reçu l'extrait à 500 mg/kg,i.p. De même, le lot qui a reçu l'extrait à la dose de 500 mg/kg, i.p, s'avère posséder un temps de latence significativement supérieur ($p < 0,05$) à celui du lot qui a reçu l'extrait à 300 mg/kg, i.p. Ces résultats nous permettent de justifier l'effet dose-dépendante des extraits testés.

Quant au pourcentage d'inhibition de la douleur, on a remarqué que le pourcentage d'inhibition de la douleur après 60 min de la morphine à la dose 3 mg/kg est de 70 % ; Cette valeur a été atteinte à la dose 1000 mg/kg de l'extrait aqueux. En outre, le pourcentage d'inhibition de la douleur de l'extrait éthanolique après 60 min était de 66 %.

Quant au pourcentage d'inhibition de la douleur, on remarque que pourcentage d'inhibition de la douleur à 60 min de la morphine à la dose 3mg/kg est de 70 %, cette valeur est atteinte à la dose 1000 mg/kg de l'extrait aqueux, entre outre pour l'extrait éthanolique le pourcentage d'inhibition de la douleur à 60min de la dose la plus élevée est de 66 %.

2. Test de la plaque chauffante

Les résultats des temps de latence des extraits aqueux et organiques des fleurs obtenus via le modèle expérimental de la plaque chauffante et les pourcentages d'inhibition de la douleur sont illustrés dans les **tableaux 29** et **30**.

La morphine à la dose 3 mg/kg,i.p, l'extrait aqueux et éthanolique aux doses 300, 500 et 1000 mg/kg, ont montré une augmentation significative du temps de latence, cela justifie leur effet analgésique. Lorsqu'on compare le temps de latence aux différentes doses, on constate une augmentation significative lorsqu'on passe de la faible dose (300 mg/kg) à la dose la plus élevé (1000 mg/kg), cela montre l'effet dose dépendante.

Le pourcentage d'inhibition de la douleur le plus élevé (69 %) de l'extrait aqueux était présenté par la dose la plus élevée 1000 mg/kg, tandis que le pourcentage pour l'extrait éthanolique était de 65 %.

Tableau 29 : Effet analgésiques des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d'*Opuntia ficus indica* via le model expérimental Hot Plate Test.

Traitements	Doses mg/kg	Réaction time±S.E.M.				
		0 min	30 min	60 min	90 min	120 min
Véhicule	0,2	2,48±0,27	2,42±0,63	2,32±0,23	2,53±0,25	2,23±0,72
Morphine	3	2,48±0,86	8,34±0,26***	9,62±1,59***	8,33±1,22***	6,24±0,78**
Extrait éthanolique	300	2,78±0,43	3,77±0,38 ^c	6,50±1,16** ^c	4,64±0,38** ^c	3,63±0,28 ^b
	500	2,65±0,88	6,88±1,53** ^b	6,86±0,83** ^c	5,97±0,93** ^b	4,25±0,18 ^b
	1000	2,66±0,85	5,81±0,71* ^c	7,54±0,43*** ^b	6,18±0,62** ^c	4,05±0,35 ^b
Extrait aqueux	300	2,34±0,25	3,44±0,19 ^c	5,03±0,22** ^c	4,50±0,13* ^c	3,60±0,22 ^c
	500	2,22±0,28	3,72±0,22 ^c	6,32±0,27** ^b	4,97±0,23** ^c	3,41±0,15 ^c
	1000	2,43±0,19	4,88±0,15** ^c	7,92±0,18*** ^b	5,46±0,20** ^c	3,84±0,18 ^c

Les résultats sont présentés en moyenne ± SEM, (n = 8), analysés par ANOVA à un facteur suivi du test de comparaison multiple de Tukey,
 (*) : p <0,01 ; (**) : p <0,001 ; (***) : p <0,0001 pour la différence de changement par rapport au groupe témoin du véhicule,
 (a) : P <0,05 ; (b) : P <0,001 ; (c) : P <0,001 pour la différence de changement par rapport au groupe standard de référence.

Tableau 30 : Pourcentage d'inhibition de la douleur des extraits aqueux et éthanoliques des fleurs d'*O.ficus indica* via le model expérimental Hot plate test.

Traitements	Doses (mg/kg)	% inhibition			
		30 min	60 min	90 min	120 min
Morphine	3	70	74	70	60
Extrait aqueux	300	32	53	48	35
	500	40	65	55	35
	1000	37	69	55	37
Extrait éthanolique	300	26	57	40	23
	500	54	61	56	33
	1000	62	65	57	37

Chapitre IV : Discussion générale

I. Effet de l'ensilage sur la croissance, sur la qualité et sur la production du lait des brebis testées

Dans des études antérieures, Abidi *et al.* (2009) ont indiqué qu'en termes d'énergie équivalente, le remplacement de l'orge par les cladodes de figuier de barbarie dans le régime des agneaux n'avait aucun effet sur la digestion, ni sur leur croissance. En effet, le rapport coût/bénéfice serait donc en faveur de la ration supplémentée en figuier de barbarie (cladodes). D'autres études ont montré que le figuier de barbarie est riche en glucides et qu'ils pouvaient être utiles en tant que sources de composés fermentescibles (Tegegne *et al.*, 2005, Gusha *et al.*, 2013). Par conséquent, le fait de nourrir les animaux avec du cactus pourrait répondre aux besoins d'entretiens dans les zones à climat aride. De plus, Zamberlin *et al.*, (2012) rapportent que la composition, la valeur nutritive et les caractéristiques physico-chimiques du lait de brebis dépendent de la phase de lactation, du régime nutritionnel, de facteurs génétiques et environnementaux.

L'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie, mis au point à l'institut national de la recherche agronomique INRA de Rabat (Bendaou *et al.*, 2013), se caractérise par un prix compétitif par rapport aux régimes classiques et constitue une méthode pour valoriser les fruits non exploités et qui est estimée à plus de 40% de la production annuelle.

Tenant compte que la base bibliographique prospectée est encourageante, dans ce travail, nous avons supposé que la ration d'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie aura un impacte évident sur la production laitière des brebis, sur la qualité compositionnelle du lait et sur les performances de croissance de leurs agneaux.

La technique d'ensilage est choisie pour conserver et valoriser les rebuts des fruits de figuier de barbarie via la fermentation lactique (ensilage), ce qui est justifié par leur teneur élevée en sucres fermentescibles. Néanmoins, les bactéries lactiques ubiquitaires utilisent une faible quantité de sucres (30%) pour produire l'acide lactique permettant d'acidifier le milieu alors que le reste des sucres demeurent sous forme de mono et de disaccharides, utiles aux bactéries du rumen (Bendaou, 2013). Pareillement, cette technique permet de produire un aliment équilibré grâce au bon choix de la matrice sèche additionnée aux rebuts de fruits de figuier de barbarie.

La ration d'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie était prête à l'emploi après une durée moyenne de 15 jours par rapport aux autres types d'ensilages (maïs, céréales, herbes etc.) dont la durée de stabilisation est relativement assez longue (28 à 35 jours).

Les analyses chimiques effectuées pour les deux rations alimentaires ont montré que l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie est caractérisé par une valeur énergétique élevée de 0,86 UF/kg MS. Cette valeur énergétique était justifiée par l'incorporation d'une proportion (40 à 52%) élevée de rebuts des fruits de figuier de barbarie riches en sucres rapidement fermentescibles.

La matière sèche ingérée était significativement plus élevée pour le lot expérimental RE (3,50kg MF/j) en comparaison avec celle observée pour le lot témoin RT (1,68 kg MF/j), ainsi pour l'ensilage de maïs, elle était de 1,97 kg/j (Barillet, 1987) et de 0,906 kg/j (Abidi *et al.*, 2009).

Dans cette étude, l'ensilage avait un taux de matière sèche élevé (486 g/kg) par rapport à l'ensilage de maïs (210 g/kg), rapporté par McDonald *et al.*, (2002). Cette teneur élevée en matière sèche de la ration d'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie était justifiée par le choix et la proportion de la matrice additionnée aux rebuts des fruits de figuier de barbarie et à la formulation de la ration d'ensilage.

Quant à la teneur en matière minérale, la ration d'ensilage présente une teneur (6,77 % MS) inférieure à celle rapportée par Araba *et al.* (2009) (comprise entre 10 à 12 % MS). La teneur en parois cellulaires est une caractéristique importante qui détermine la valeur alimentaire et le degré de la digestibilité des aliments. Le résidu NDF (neutral detergent fiber) correspond à la teneur en parois cellulaires totales, il donne une indication sur la fibrosité d'un aliment pour les ruminants. La valeur mesurée pour la ration d'ensilage 34,2 % le place comme un aliment disposant de suffisamment de fibres pour un bon fonctionnement du rumen, sans que cette valeur ne soit trop élevée pour le rendre peu digestible.

Pareillement, des essais d'alimentation antérieures sur le sorgho et sur l'ensilage de maïs ont montré une corrélation négative entre la teneur en NDF et la quantité ingérée (Nichols *et al.*, 1998). En effet, dans la présente étude l'ingestion observée de la ration d'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie (3,50 kg MF/j) pourrait s'expliquer par sa teneur NDF. De plus, La ration d'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie était plus riche en ADF (25,5 %) et en NDF (34,2 %) par rapport à l'ensilage de maïs (Baltadjieva *et al.*, 1982).

Cependant, la concentration élevée en NDF provoque une réduction de la digestibilité et une réduction de l'indice de consommation, par conséquent une réduction de la production laitière et une augmentation de la teneur en matière grasse du lait (Bencini *et al.*, 1997). Alors, nous préjugeons une bonne digestibilité de la ration d'ensilage avec un indice de consommation élevé par rapport à l'ensilage de maïs et à la ration témoin.

La production laitière totale au cours de 6 semaines de lactation était de 31,15 kg et 27,14 kg respectivement pour les lots RE et RT. Cela correspond à une augmentation de la production laitière de 14,8 % en faveur du lot expérimental. La production journalière en lait chez les brebis alimentées avec l'ensilage de fruit de cactus (RE) était significativement ($p < 0,01$) supérieure à celle du lot de brebis témoin avec des moyennes respectives de 741,8 g/jour et de 646,6 g/jour. Obeidat *et al.* (2014) ont rapporté que la production laitière journalière des brebis Awassi nourries avec du foin de blé et de l'ensilage de maïs était de 634 g/j et 468 g/j, respectivement. Ces résultats sont inférieurs par rapport aux valeurs rapportées dans cette étude. Dans une autre étude, Boujenane *et al.* (1996) ont indiqué que la production laitière des brebis de race Sardi pendant les 6 premières semaines de lactation (1kg de foin de luzerne, 300 g d'orge, 250 g de la pulpe de betterave et 10 g de complément minéral) était de 685,71 g/jour, soit environ 29 kg. Ces valeurs étaient presque conformes aux résultats du lot témoin (27,14 kg) et inférieures à celles du lot recevant le régime d'ensilage RE (31,15 kg).

D'ailleurs, Sefiani (1980) rapporte que pour les brebis de la race Sardi, la production journalière maximale est de 880 g/j, elle a été observée pendant la 2^{ème} semaine de lactation avec un coefficient de persistance de 0,93. En comparaison avec nos résultats nous constatons que la production laitière maximale des deux lots RE et RT (respectivement 980 g/j et 790 g/j) était supérieure et elle était enregistrée à la 3^{ème} semaine de lactation, alors que les coefficients de persistances sont presque similaires.

La variation des résultats de la production laitière observée, soit dans cette étude ou bien les résultats rapportés par d'autres auteurs, peut être expliquée par l'effet de plusieurs facteurs notamment le facteur alimentaire et le stade de lactation. L'effet de ces deux facteurs a été démontré statistiquement dans la présente étude ainsi que par d'autres auteurs (Pirisi *et al.*, 2001 ; Rondia *et al.*, 2005 ; Chilliard *et al.*, 2007 ; Valvo *et al.*, 2007). Pareillement, l'effet d'autres facteurs sur la production laitière particulièrement celui de la race, de la saison, de l'âge et du numéro de lactation ont été prouvés par plusieurs auteurs (Mierlita *et al.*, 2011 ; Kuchtik *et al.*, 2008 ; Hejtmankova *et al.*, 2012 ; Oravcova *et al.*, 2006 ; Bianchi *et al.*, 2004 ; Abd allah *et al.*, 2011 ; Rassu *et al.*, 2007).

Pour ce qui est de la qualité compositionnelle du lait, Assenat (1985) rapporte que la densité moyenne du lait de brebis est de 1,036 g/cm³ à 20 °C.

Les résultats de la densité mesurée dans nos échantillons de lait de brebis des deux lots sont similaires à ceux rapportés par plusieurs auteurs ; Soit 1,036 g/cm³ pour le lait de la brebis laitière bulgare et grecques (Baltadjieva, 1982 ; Rouissi *et al.*, 2006) et 1,038 g/cm³ rapportés par Haenlein et Wendorff, 2006. Par contre, Martini *et al.*, (2008b) rapportent une valeur plus

faible de 1,030 g/cm³.

Nos résultats ont montré que les valeurs mesurées du point de congélation de nos échantillons sont légèrement inférieures à celles rapportées par Gonzalo *et al.*, 2005 (-0,570 °C) ; Pavic *et al.*, 2002 (-0,564 à -0,570 °C) ; Hilali *et al.*, 2011(-0,560 à -0,860 °C). Ces résultats peuvent être expliqués par une légère hydrolyse du lactose causée par la période entre l'échantillonnage et l'analyse qui s'est prolongé suite au parcours entre le lieu de la collecte (Rhamna) et le laboratoire (Rabat).

Les teneurs en protéines et en matière grasse ont toujours un grand intérêt en tant que composés de base de la technologie fromagère. Nos résultats sont plus faibles pour les teneurs en protéines et en matières grasses que ceux rapportés par Rouissi *et al.*, 2006 (6,47 % et 7,54%, pour la teneur en protéines et en matière grasse, respectivement). Comme elles sont conformes aux valeurs rapportées par Obeidat *et al.*, 2014 (4,07 % et 5,1 %, pour la teneur en protéines et en matière grasse, respectivement). Baltadjiera *et al.* (1982) rapportent des teneurs de 6,86 % et 5,74 % respectivement, pour la teneur en matière grasse et en protéines. Pareillement, des teneurs similaires ont été rapportées par Sahan *et al.* (2005) en Turquie. Cependant, des teneurs élevées ont été citées par Jarmillo *et al.* (2008) en Espagne (8,68 % et 6,39 % pour la teneur en matière grasse et en protéines, respectivement).

Dans la présente étude la faible teneur remarquée pour la teneur en matière grasse et en protéines dans les échantillons du lait de brebis des deux lots s'est expliquée d'une part de l'effet de la saison (Abd allah *et al.*, 2011) pendant que cette étude a été menée. Cette période a été marquée par une sécheresse critique, par conséquent une consommation très élevée en eau d'où l'effet diluant de la composition du lait et d'autre part de l'effet des pratiques d'élevage des brebis. Nous inscrivons ici que les brebis utilisées dans nos essais n'ont pas l'habitude à la traite.

On peut conclure que la complémentation de la ration alimentaire des brebis laitières en matières grasses protégées n'affecte pas le volume du lait produit, mais elle entraîne généralement une augmentation du TB et une diminution du TP du lait, d'où une corrélation négative a été prouvée entre ces deux paramètres.

Il semble que le lactose soit le composant le plus stable. Les teneurs en lactose du lait de brebis des deux lots sont en accord avec les résultats rapportés par Rouissi *et al.* 2006 (3,89 % à 4,05 %).

Quant aux paramètres de conductivité, solides sans graisse et cendres, leurs valeurs sont légèrement inférieures aux valeurs moyennes données par Haenlein et Wendorff, (2006) (3,8 % pour la conductivité), Baltadjieva *et al.*, (1982) (11,43 % pour les solides sans graisse), et Anifantakis *et al.*, (1980) (0,9 % pour la teneur en cendres).

De plus, les résultats de la production laitière des deux lots de brebis et de la composition physico-chimique du lait en fonction de la période de lactation sont négativement corrélés, ce qui signifie que lorsque le rendement du lait augmente, la composition physico-chimique du lait diminue. Cette déduction était en accord avec celle rapportée par Barillet, (1987).

Au regard des résultats précédents, la production laitière et la composition du lait sont fortement influencées par le stade de lactation, conformément à Kuchtik *et al.*, (2008).

Pour ce qui est de la composition minérale, les résultats obtenus ont montré que la teneur en phosphore déterminée dans le lait de brebis des deux lots était en accord par rapport à celle rapportée par Zamberlin *et al.*, (2012) et Mayer *et al.*, (2012), (entre 1240 à 1580 mg/kg). Le rapport Ca:P du lait de brebis dans cette étude était inférieur à celui publié par Mayer et Fiechter (2012) (1,2-1,3). La concentration en potassium dans les présents résultats était conforme à celle attribuée par Mayer et Fiechter (2012) (1256-1097 mg/l) et inférieure à celle rapportée par Zamberlin *et al.*, (2012) (1740-1900 mg/l).

En ce qui concerne la teneur en magnésium et en sodium, qui se situaient respectivement à 184-197 mg/l (190,5 mg/l en moyenne) et à 326 à 441 mg/l (en moyenne 383,5 mg/l), rapportés par Zamberlin *et al.*, (2012). En comparant ces valeurs avec nos résultats, il est apparu que la teneur en magnésium (143,6-139,4 mg/l pour les lots RE et RT, respectivement) était inférieure. En revanche, des valeurs élevées ont été enregistrées pour la teneur en sodium (687,6-723,4 mg/l pour les lots RE et RT, respectivement).

Les résultats obtenus montrent que les teneurs en oligo-éléments dans le lait (zinc, manganèse, fer et cuivre) étaient légèrement inférieures à celles publiées par Khan *et al.* (2006), soit 1,29 ; 0,088 ; 0,36 ; 0,36 mg/l, respectivement.

Bien que les variations de la composition chimique du lait soient minimales (Gueguen, 2001), elles sont dues essentiellement aux facteurs génétiques ou physiologiques (Sahan *et al.*, 2005 ; Khan *et al.*, 2006 ; Mwaura et Akinsoyinu, 2010; Ivanova *et al.*, 2011). Effectivement, Park *et al.*, (2007), ont rapporté que la qualité compositionnelle du lait de brebis est influencée fortement par l'effet de la saison et du facteur alimentaire.

Plusieurs travaux rapportent qu'il existe une forte corrélation entre la production laitière et la croissance des agneaux en phase de lactation (Amegee *et al.*, 1984 ; Ünal *et al.*, 2007), ce qui

implique que la disponibilité du lait en qualité et en quantité suffisante détermine l'état de croissance des agneaux en lactation.

En se basant sur les résultats obtenus, on peut déduire que l'utilisation de l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie. Bien que la diminution du niveau de concentré a permis d'améliorer le gain moyen quotidien (GMQ) de 127 g/jour (RT) à 178 g/jour (RE) et d'améliorer avec 4,60 % le poids à la naissance des agneaux en faveur du lot expérimental.

Dans la présente étude, le poids à la naissance observé chez les agneaux des deux lots (4,06 kg et 3,88 kg pour le lot RE et RT, respectivement) était significativement supérieur par rapport à celui rapporté dans le relevé officiel du contrôle des performances (DE/ANOC), 3,28 kg pour les agneaux de la race Sardi, 3,27 kg les agneaux de la race Timahdit et 3,15 kg les agneaux de la race Béni Guil. Pareillement, les résultats des GMQ des agneaux obtenus durant le premier mois du lot témoin (191 g/j) sont conformes aux résultats rapportés dans le même relevé officiel (DE/ANOC), 192 g/j pour les agneaux de la race Sardi et 182 g/j pour les agneaux de la race Timahdit. Alors que, les résultats obtenus pour le lot expérimental ont montré des GMQ significativement élevés (232 g/j).

En outre, des différences significatives ont été observées entre les deux lots (RE et RT) en ce qui concerne le poids final. Cette différence est en faveur des agneaux du lot expérimental (20 kg) par rapport aux agneaux du lot témoin (15 kg). Toutefois, le poids des agneaux à 90 jours du lot témoin (15 kg) a été légèrement similaire aux résultats rapportés dans le relevé officiel du contrôle des performances (DE/ANOC), 17 kg pour les agneaux de la race Sardi, 15 kg pour les agneaux de la Race Béni Guil et 18 kg pour les agneaux de la race Timahdit.

Pour justifier les variations observées pour les performances de croissance des agneaux, plusieurs travaux de recherche prouvent et expliquent l'effet de facteurs influençant les performances de croissance des agneaux en phase de lactation. En premier lieu, nous citons l'effet du mode de naissance rapporté par Aloulou (1990) et Sarson (1972) et pour lesquelles la différence entre la croissance des agneaux nés simples et ceux nés multiples est toujours importante, en faveur des simples.

Cet effet s'explique par le rendement du lait mis à la disposition des agneaux qui est plus importante dans le cas des agneaux simples que dans le cas des multiples (Khaldi, 2007). Le sexe à son tour influence significativement les performances de croissance des agneaux.

Plusieurs auteurs tels que Pru'hon *et al.*, (1970), Khaldi, (1987, 2005) et Khaldi, (2007) ont montré que les performances de croissance des agneaux mâles sont plus élevées que celles des agnelles.

Khaldi, (2007) explique l'influence du sexe sur la croissance par une déficience dans la sécrétion des hormones de croissance chez les femelles. Ces dernières présenteraient un rendement énergétique inférieur à celui des mâles. Dans la même tendance, nos résultats montrent que la croissance des agneaux du sexe mâle était supérieure que celle des agneaux du sexe femelle soit 3-7 % en faveur des mâles.

Dans une étude antérieure de Khaldi *et al.*, (1987), indique que l'âge des brebis a un effet très significatif ($P < 0,001$) sur le poids à la naissance des agneaux. Cet effet s'explique par une supériorité dans la production laitière des brebis adultes par rapport aux jeunes brebis. De ce fait, Ben Hamouda, (1981) indique que la production laitière dépend de la maturation des glandes mammaires qui n'est atteinte qu'un âge supérieur de 2 ans. Dans notre étude pour expliquer la variation des performances de croissance des agneaux, ce facteur est négligeable puisque le lot de brebis utilisé a été homogène de point de vue de l'âge.

Pareillement, plusieurs études indiquent qu'il existe une forte corrélation entre la production laitière et la croissance des agneaux, ce qui implique que la quantité et la qualité du lait déterminent leur état de croissance (Amegee *et al.*, 1984, Ünal *et al.*, 2007). Ces résultats sont dus à la quantité et la qualité du lait pendant la période d'allaitement et à la capacité de digestion des agneaux.

D'après nos résultats, nous pouvons déduire que la quantité et la qualité du lait consommé pendant la période d'allaitement ainsi la capacité de digestion des agneaux pourraient devoir être les principaux facteurs permettant d'expliquer la relation entre la croissance des agneaux et la production laitière.

A la lumière de ces résultats nous concluons que le facteur alimentaire et la phase de lactation influencent fortement les performances de production des brebis. Ensuite, la substitution des grains de céréales par des sous-produits de figuier de barbarie, de tourteaux d'Argane et de la pulpe de caroube a permis de réduire le coût de production d'où une amélioration du coût de revient des éleveurs. Cette amélioration a été justifiée par l'étude économique montrant une différence significative du coût du croit pour les agneaux du lot test (29,8 dh/kg) par rapport au lot témoin (33,9 dh/kg).

Enfin, la ration d'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie pourrait être utilisée pour maintenir les performances de production de bétail, la qualité compositionnelle du lait et sa valeur nutritive dans les régions sèches du Maroc où l'*Opuntia ficus indica* est une plante verte commune pendant la saison sèche.

II. Évaluation de l'activité antioxydante, la teneur en flavonoïdes et en polyphénols totaux et le profil d'acides gras du lait de brebis testées

A la lumière de cette prospection, nous avons supposé dans ce travail que la ration d'ensilage contenant des ingrédients justifiant une composition notable en molécules bioactives et en matière grasse riche en acides gras essentiels (tourteaux d'Argane, tourteaux de caroube et les rebuts de figuier de barbarie...) aurait permis une amélioration de la qualité compositionnelle du lait de brebis. La composition en acides gras et en composés phénoliques font l'objet de multiples études scientifiques grâce à leurs effets bénéfiques sur la santé humaine (Autores, 2009). Parmi les avantages potentiels signalés figurent des effets sur la composition corporelle, les maladies cardiovasculaires et le système immunologique (Ip *et al.*, 2002 ; Ledoux *et al.*, 2007 ; Cook *et al.*, 1993).

Les acides gras polyinsaturés et les composés phénoliques jouent un rôle important dans la prévention de maladies cardiaques (Simopoulos, 2008) et du stress oxydatif. Dans le but d'améliorer la composition en AG contenus dans les produits laitiers, de nombreux chercheurs orientent leurs études sur la modification du métabolisme microbien des AG dans le rumen par le biais de la formulation d'un régime alimentaire pour animaux (Savoini *et al.*, 2016). Parmi ces études nous indiquons que Decandia *et al.*, (2007) rapportent que le régime alimentaire chez les vaches et les brebis affecte la composition en acides gras du lait des ruminants.

Pareillement, Havemose *et al.*, (2004) rapportent que le facteur alimentaire a un effet important sur la concentration de divers composés présentant une capacité antioxydante. Or, le pouvoir antioxydant du lait dépend des concentrations relatives des composés antioxydants, ainsi que de la composition en matière grasse et en protéines (Havemose *et al.*, 2006 ; Besle *et al.*, 2010).

Relativement à l'évaluation de l'activité antioxydante, le pourcentage de piégeage du DPPH des extraits du lait de brebis dans les deux lots : test et témoin sont $70,34 \pm 5,12$ % et $63,10 \pm 4,98$ %, respectivement. Ces valeurs sont comparable aux valeurs rapportées par El-hamdani *et al.*, (2017) pour le lait de vache de la race Oulmès (62 à 69 %) et celles rapportées par Alyaqoubi *et al.*, (2014) pour le lait de chèvre (64,77 %).

Dans une antérieure étude de Yilmaz-ersan *et al.*, (2018), ils rapportent pour le lait de brebis a presque la même teneur en antioxydant 8,7 mg ET/100 ml du lait en comparaison avec nos valeurs variante entre $7,57 \pm 0,78$ mg ET/100 ml pour le lait du lot témoin et $8,51 \pm 0,87$ mg ET/100 ml pour le lait du lot test.

La méthode FRAP a été usagée pour compléter et pour confirmer les résultats obtenus via le test de DPPH.

Partant de ce fait, la valeur la plus élevée pour le test FRAP a été enregistrée durant la 3ème et la 4ème semaine de lactation $287,7 \pm 12,9$ mg EAAs/100 ml. Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par El-hamdani *et al.*, (2017) pour le lait de vache de la race Oulmès (entre $145,27 \pm 7,68$ et $177,56 \pm 6,49$ mg EAAs/100 ml), tandis que les valeurs obtenues dans la présente étude sont inférieures à celles trouvées pour le lait de chèvres 456,65 mg TE/100 g du lait frais (Alyaqoubi *et al.*, 2014).

Les études de Yilmaz-ersan *et al.* (2018) portées sur la comparaison de l'activité antioxydante entre le lait de brebis et de vache ont montré que la teneur en polyphénols dans le lait de brebis était de 121,63 mg EAG/100 ml du lait frais. Cette teneur était inférieure aux valeurs obtenues, tandis que les autres études effectuées par Alyaqoubi *et al.* (2014) sur le lait de chèvre rapportent des teneurs similaires aux échantillons étudiés ($354,14 \pm 2,20$ mg EAG/100 ml du lait frais) et aussi par El-hamdani *et al.* (2017) pour le lait de vache de la race Oulmès avec des teneurs variantes entre 379,58 et 454,41 mg EAG/100 ml du lait frais. Pour ce qui est de la teneur en flavonoïdes, les présents résultats étaient inférieurs à ceux rapportés par El-hamdani *et al.* (2017) pour le lait de vache de la race Oulmès ($102,61 \pm 10,17$ mg EC/100 ml du lait frais).

La mise en évidence de la relation entre le pouvoir réducteur évalué par les méthodes FRAP et DPPH et la teneur en polyphénols totaux a permis de confirmer la présence d'une corrélation entre ces paramètres. Cette corrélation a été justifiée par des coefficients R^2 élevés. Par ailleurs, Alyaqoubi *et al.*, 2014 rapportent des résultats comparables pour FRAP*TPC pour le lait de chèvre, tandis que des coefficients légèrement supérieurs pour DPPH*TPC (0,94) et DPPH*FRAP (0,91). De nombreuses études ont rapportées également la corrélation positive entre les méthodes TPC, FRAP et DPPH (Sulaiman *et al.*, 2011 ; Tan *et al.*, 2012 ; Siow *et al.*, 2013).

Etant donné que les ingrédients utilisés pour formuler la ration d'ensilage sont dotés d'une composition riche en molécules bioactives. Or, Cette composition leur confère un potentiel réducteur d'où une activité antioxydante démontrée dans plusieurs études (Stintzing *et al.*, 2005 ; Tesoriere *et al.*, 2005 ; Charrouf et Pioch, 2009 ; Hariri *et al.*, 2009 ; Makris et Kefalas, 2004).

En effet, nous avons supposé que la ration d'ensilage est justifiée aussi d'une teneur importante en molécules bioactives, ce qui lui a attribué un pouvoir réducteur marquant.

Par ailleurs, la littérature scientifique montre clairement que le lait et les produits laitiers sont une source significative d'antioxydants. Ces molécules sont à l'origine d'une activité antioxydante marquante. Ces composés incluent la fraction protéique (plus spécifiquement la caséine), les enzymes à effet antioxydant (le superoxyde dismutase, la catalase et la glutathion peroxydase), la lactoferrine (Ranjan *et al.*, 2014), les vitamines C, E, A et D3 ; l'équol (Tsenet *et al.*, 2014), l'acide urique (Ostdal *et al.*, 2000) et certains caroténoïdes (Lindmark et Akesson, 2000).

Ensuite, d'autres études ont rapporté que le pouvoir antioxydant du lait et des produits laitiers dépend de l'origine de l'animal (Oner *et al.*, 2011), de son type génétique (Perna *et al.*, 2015), de son alimentation et des conditions de pâturage (variations saisonnières) (Kusche *et al.*, 2015).

Enfin, la teneur élevée en composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes) et l'activité antioxydante du lait de brebis recevant l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie ont été démontrées dans le présent travail. Ces propriétés pourraient être expliquées, d'une part de l'effet de la fraction protéique du lait, la teneur en vitamines et certains acides, d'autre part de l'effet significatif des composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes) mettaient en évidence dans le lait de brebis dans la présente étude ou bien via la revue bibliographique (Simos *et al.*, 2011).

Quant à l'évaluation du profil en acides gras du lait, nous supposons via la revue bibliographique que l'alimentation est le facteur le plus important parmi les variables intrinsèques et extrinsèques pour moduler la composition en acides gras du lait (Castro *et al.*, 2009 ; Cieslak *et al.*, 2010). Dans une étude de Chiofalo *et al.* (2004), ils ont constaté une augmentation des acides gras mono-insaturés (AGMI) dans le lait après l'administration des grignons d'olive à l'alimentation des brebis. En outre, Pallara *et al.* (2014) ont montré dans une étude *in vitro* que l'incorporation des grignons d'olive dans le substrat de fermentation stimule la production des acides gras à courte chaîne notamment le C4:0. De plus, des résultats similaires ont été rapportés par Yáñez Ruiz *et al.* (2004) qui ont suggéré ainsi une relation entre la production de C4:0 dans la liqueur de rumen et la quantité de C4:0 dans le lait. La proportion des acides gras saturés AGS renfermée dans le lait de brebis du lot test est significativement inférieure à 64,39 % par rapport au lot témoin de 71,3 %. Toutefois, la différence de la proportion en acides gras mono-insaturés est hautement significative ($p < 0,001$) en faveur du lait de brebis du lot expérimental. En outre, la proportion en AGPI contenue dans le lait de brebis du lot expérimental est légèrement supérieure par rapport à celle contenue dans le lait du lot témoin.

Les résultats rapportés par Carta *et al.*, (2008) sont légèrement comparables à ceux du lait de brebis du lot témoin avec des proportions de 74,28 %, 19,88 % et 2,67 % pour les AGS, AGMI et AGPI, respectivement.

Tandis que, le lait de brebis nourries avec l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie a enregistré une proportion élevée en AGMI (32,06 %) et en AGPI (2,43 %) et avec une faible proportion d'AGS (64,39 %) par rapport aux résultats rapportés par Carta *et al.*, (2008).

Dans une étude portée sur le lait de vache de la race Oulmès par El-hamdani *et al.*, 2017, elle rapporte que les proportions en AGS, AGMI et AGPI sont 69 %, 30 % et 0,69 %, respectivement. En ce qui concerne le lait de chèvre les proportions en AGS, AGMI et AGPI sont 71 %, 25 % et 2,9 %, respectivement (Kuzdzal. *et al.*, 1963). Cependant, la comparaison de ces résultats a montré que le lait de brebis contient plus au moins des teneurs légèrement supérieures en acides gras saturés, des proportions moins élevés d'acides gras mono-insaturés, à l'exception de la teneur en acides gras polyinsaturés qui s'est avérée supérieure.

D'après cette étude, on peut considérer que le lait de brebis ayant nourri avec l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie évoque une typicité grâce aux faibles proportions en acides gras saturés. Cette typicité pourrait être expliquée par la composition de la ration d'ensilage notamment celle des tourteaux d'Argane qui renferment des teneurs allant de 15 à 20 % de l'huile d'Argane. Cette dernière est connue par sa richesse en acides gras essentiels (Hamdouch, 1995). D'où, l'incorporation des régimes alimentaires des ruminants en substrats lipidiques riche en acides gras (tourteaux) qui influence positivement la composition en acides gras du lait de brebis. Ce résultat a été confirmé dans une étude rapportée par Castro *et al.*, (2009), où l'incorporation des régimes alimentaires des ruminants en huiles végétales, riches en acide linoléique induit l'augmentation de la teneur en acide linoléique conjuguée (ALC) dans le lait.

III. Caractérisation physico-chimique et du pouvoir antioxydant de fromage et de yaourt élaborés

La consommation régulière des produits laitiers en quantités raisonnables est néanmoins associée à une prévalence significativement plus faible d'obésité, de diabète de type 2, de syndrome métabolique et de maladies cardiovasculaires. Dans cet effet protecteur, il est surprenant que leur potentiel antioxydant ait rarement été mis en avant. Alors que, c'est systématiquement le cas pour les produits végétaux. Il est donc intéressant, d'évaluer le pouvoir antioxydant des produits laitiers, tels que le lait, le yogourt et le fromage.

La prospection bibliographique montre clairement que la valorisation technologique du lait est un potentiel non négligeable et qu'il doit probablement être l'un des mécanismes de protection. Notamment vis-à-vis de certaines maladies chroniques. Cela appelle également de noter que les yaourts traditionnels fabriqués à la maison auraient une activité antioxydante supérieure à celle des yogourts commerciaux.

L'activité antioxydante du yaourt est influencée par la fermentation bactérienne qui conduit à la libération de plusieurs peptides bioactifs (Virtanen *et al.*, 2007; Gomez-Ruiz *et al.*, 2008). Cependant, Galleher *et al.* (2005) ont rapporté que la capacité antioxydante est conditionnée par le traitement thermique subi par le lait pour la fabrication de yaourt (95 °C/ 15 min) en raison de la dénaturation des protéines.

De plus, l'activité antioxydante est fortement influencée par les caractéristiques spécifiques de la souche de LAB (Kudoh *et al.*, 2001; Ryhanen *et al.*, 2001; Hernandez-Ledesma *et al.*, 2005; Virtanen *et al.*, 2007; Gupta *et al.*, 2009).

Nettement, la littérature scientifique montre que les produits laitiers sont une source importante d'antioxydants, en particulier, en raison de leur fraction protéique. Globalement, les fromages présentent une très grande diversité de composition et de structure, ce qui pourrait moduler leur potentiel antioxydant. Ainsi, les résultats de certaines études ont montré que les produits laitiers ont une capacité antioxydante équivalente aux céréales, aux légumineuses et aux jus de fruits (Wu *et al.*, 2004; Cloetens *et al.*, 2013).

Précédemment, il a été rapporté dans la revue bibliographique que toutes les parties de la plante (*Opuntia ficus indica*) sont riches en molécules appartenant à la famille des polyphénols tels que divers flavonoïdes et acides phénoliques. Le fruit d'*Opuntia* contient des quantités substantielles d'acide ascorbique, de vitamine E, de caroténoïdes, de fibres, d'acides aminés et d'antioxydants.

Ces composés (phénols, flavonoïdes, bétaxanthine et bétacyanine) ont été mis en avant pour expliquer ses bienfaits pour la santé, tels que son action hypoglycémiant et hypolipidémique et ses propriétés antioxydantes (Schaffer *et al.*, 2005 ; Osorio-Esquivel *et al.*, 2011).

Les cladodes de figuier de barbarie contiennent des vitamines, des antioxydants et divers flavonoïdes, en particulier le 3-méthyléther de quercétine, un piègeur de radicaux très efficace (Lee *et al.*, 2002 ; Stintzing *et al.*, 2005).

Par conséquent, le présent travail laisse supposer que l'utilisation d'additifs tels que les extraits de cladodes et de fruits d'*Opuntia* permet d'augmenter la teneur en composés phénoliques ce qui améliore les propriétés antioxydantes de yaourt à base de lait de brebis. Ainsi, l'amélioration du pouvoir réducteur du fromage frais préparé à base du lait issu de brebis qui recevaient l'ensilage à base des fruits de figuier de barbarie.

Pour ce qui est de la valorisation technologique du lait de brebis en yaourt, les résultats du suivi de pH peuvent être expliqués par l'effet de la fermentation du lactose du lait en acide lactique. Cette fermentation est exécutée par les souches spécifiques du yaourt (Hassan et Amjad, 2010).

De plus, Hadj sadok *et al.*, (2014) rapportent que l'ajout de jus de figuier de barbarie permet de favoriser la fermentation lactique du yaourt d'où l'amélioration de son acidification, ce qui était en rejointles déductions du présent travail.

Les fluctuations du pH pendant la période de stockage pourraient être expliquées par les changements relatifs dans la formation des acides organiques et la nature alcaline des produits de dégradation des protéines du lait (Sefa-Dedeh *et al.*, 2001 ; Papadimitriou *et al.*, 2007). Ensuite, la baisse du pH a probablement entraîné une accumulation d'acide acétique, d'acide citrique, d'acide butyrique, d'acétaldéhyde, d'acide formique et d'acide lactique (Ostlie *et al.*, 2003) en raison de la dégradation du sucre (le lactose) et des produits protéiques (Lourens-Hattingh et Viljoen, 2001; Papadimitriou *et al.*, 2007). De même, Al.Otaibi et El. Demerdash, (2008) ont montré que l'acidité titrable augmente progressivement pendant la période de stockage. Cette augmentation est principalement due aux bactéries lactiques qui continuent à transformer le lactose en acide lactique (Abdalla et Abdel Nabi, 2010).

Il a été déjà démontré qu'*O.ficus indica* était riche en composés antioxydants tels que les polyphénols, les flavonoïdes, la bétaxanthine et la bétacyanine (Tesoriere *et al.*, 2004^a). Ainsi, les différentes parties de la plante d'*O.ficus indica* (pulpe, peau, graines et cladode) ont révélé des activités antioxydantes notables (Galati *et al.*, 2003; Tounsi-Saidani *et al.*, 2011; Valente *et al.*, 2010).

En outre, de nombreuses études ont démontré les effets bénéfiques des composés phénoliques et des antioxydants d'*Opuntia* (Tesoriere *et al.*, 2004, Siriwardhana *et al.*, 2006; Osorio-Esquivel *et al.*, 2011).

Or, le yaourt a une capacité antioxydante spécifique liée à la présence de différents peptides bioactifs issus des protéines du lait par protéolyse (LAB) suite à une fermentation et à une post-acidification pendant le stockage (Gomez-Ruiz *et al.*, 2008 ; Aloglu H.S *et al.*,2011; Parrella A *et al.*, 2012 ; Unal G. *et al.*, 2012) .

Partant de ce fait, l'activité antioxydante observée du yaourt fortifié était également affectée par le type d'extrait de cladode et de fruit. Or, une activité antioxydante plus élevée du yaourt en présence de ces extraits est bénéfique pour retarder le processus d'oxydation dans les yaourts, notamment les lipides sont responsables de la formation de mauvais goût et des composés chimiques indésirables (Berset *et al.*, 1994) et aussi pour augmenter les antioxydants alimentaires essentiels pour prévenir l'altération progressive de la fonction des cellules (Liu *et al.*, 2005). Par ailleurs, la présence d'*Opuntia* dans les yaourts pourrait être considérée comme une solution avantageuse pour prolonger la durée de conservation du yaourt, ainsi d'améliorer leur activité antioxydante.

Elle pourrait également être indiquée comme une caractéristique souhaitable susceptible d'améliorer les valeurs thérapeutiques du yaourt.

L'essai de valorisation du lait de brebis en fromage frais a présenté des modifications qui se produisent au cours du procédé de transformation qui a permis d'améliorer le potentiel antioxydant. Ainsi, le fromage a un potentiel antioxydant plus élevé que le lait, car l'activité microbienne génère des peptides pourvus d'une activité antioxydante. Ces peptides bioactifs sont inactifs dans le lait, ils exercent pourtant un effet antioxydant durant la digestion après protéolyse (Fardet A *et al.*, 2017).

De plus, David et Forte, (1998) rapportent que les fromages frais essentiellement lactique, avec ou sans présure ont un pH inférieur ou égale à 4,60. Cette valeur était en accord à celle qu'en a obtenue pour le lait de brebis nourries avec l'ensilage et elle est inférieure à celle mesurée pour le lait de brebis témoin.

Les résultats d'acidité enregistrés au 15^{ème} jours ne révèlent pas de différence significatives ($p > 0,05$) entre les deux types de fromage. Tandis que, la différence était significative ($p < 0,05$) en fonction de la période de conservation pour les deux types de fromages.

D'autres résultats ont été rapportés par El-hamdani *et al.*, (2017) ont déterminé l'activité anti-radicalaire et la teneur en phénols totaux du fromage fabriqué à base du lait de vache de la race Oulmès.

Cependant, les résultats de la teneur en polyphénols plus faibles (15 et 41 µg EAG/ml) ont été rapportés par El-hamdani *et al.*, (2017). De ce fait, l'augmentation de la teneur en polyphénols durant la période de la conservation observée dans les deux types de fromage était en accord avec ce qui a été rapporté par Salem *et al.*, (2013).

Pourtant la littérature scientifique montre clairement que les produits laitiers sont une source significative d'antioxydants, notamment du fait de leur fraction protéique. Par conséquent, les résultats obtenus pourraient être expliqués, d'une part, par l'action des composés phénoliques et leurs propriétés réductrices en agissant comme donneur d'hydrogène ou d'électrons ce qui leur confère un pouvoir marquant significatif (Rice-Evanet *et al.*, 1997 ; Elmastas *et al.*, 2006), d'autre part, par l'effet antioxydant des peptides bioactifs formés après protéolyse de la fraction protéique.

IV. Enquête ethnobotanique d'*Opuntia ficus indica* et confirmation de l'activité anti-nociceptive des extraits aqueux, éthanoliques et de dichlorométhane des cladodes et des fleurs via des modèles animaux expérimentaux

L'étude des mécanismes d'action des plantes utilisées en médecine traditionnelle dans le monde suscite un intérêt croissant (Muthu *et al.*, 2006). La population marocaine détient un savoir faire non négligeable en matière de la médecine traditionnelle, bien que son utilisation a reculée ces dernières années. La plante *Opuntia ficus-indica* (le cactus ou le figuier de Barbarie) a été utilisée dans la médecine traditionnelle marocaine pour ses propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et hypoglycémiantes (Bussmann *et al.*, 2011). Des études antérieures effectuées par Bussmann *et al.*, (2011) et Agozzino *et al.*, (2005) ont rapporté la faible toxicité (CL50 > 10000 µg/ml aqueuse) de l'extrait aqueux d'*O. ficus indica*.

Les cladodes sont composés d'un mélange de mucilage et de pectine. Ces constituants soutiennent la régénération de la muqueuse gastro-intestinale, ce qui a justifié leur utilisation pour prévenir l'ulcération gastrique (Galati *et al.*, 2002). Or, la plante a attiré l'attention des sciences de l'alimentation, de la nutrition et même de la pharmacologie en raison de leur rôle dans le traitement de nombreuses maladies, notamment le diabète (Deldicque *et al.*, 2013 ; Van Proeyen *et al.*, 2012), l'hypercholestérolémie (Oh et Lim, 2006), les douleurs rénales (Park *et al.*, 2001), l'inflammation (Park *et al.*, 2001 ; Zou *et al.*, 2005) et les maladies du foie (Palevitch *et al.*, 1993).

De plus, Kuti (2004) a rapporté que la quercétine était le flavonol dominant chez toutes les espèces analysées appartenant à quatre espèces de cactus différentes (*O. ficus-indica*, *O. lindheimeri*, *O. streptacantha* et *O. stricta* var. *Stricta*).

Par ailleurs, les fleurs font partie de la médecine populaire traditionnelle. Elles ont fait l'objet de plusieurs travaux pharmacologiques en raison de leur rôle dans le traitement de plusieurs maladies à savoir, les maladies rénales (Park *et al.*, 2001) et d'inflammation (Park *et al.*, 2001 ; Zou *et al.*, 2005).

En outre, la douleur est l'un des phénomènes pathologiques extrêmement complexes, mettant en jeu le système immunitaire, des processus neurobiologiques et des systèmes humoraux locaux et régionaux (Smith et D'Amour, 1941). Les prostaglandines et d'autres molécules participent à la génération et au maintien de cette anomalie à l'état normale (Sébastien, 2010). Le traitement actuel de la douleur fait appel aux anti-inflammatoires non stéroïdiens comme l'aspirine.

En raison de leurs effets secondaires indésirables qui limitent leur utilisation, la communauté scientifique s'intéresse davantage aux composés naturels extraits de plantes médicinales.

Cependant, ces plantes possèdent non seulement une activité antalgique, mais aussi, une activité antipyrétique qui pourraient constituer une alternative dans la thérapeutique grâce de leur meilleure accessibilité et de leur faible toxicité (Queneau et Ostermann, 2004).

Les résultats de l'enquête ethnobotanique ont montré que les différentes parties de la plante d'*Opuntia ficus indica* étaient utilisées pour traiter diverses troubles de la santé, notamment les troubles gastrique, les douleurs rénales, la douleur du dos et des jambes. Ces résultats étaient en accord avec ceux rapportés par plusieurs auteurs (Palevitch *et al.*, 1993 ; Park *et al.*, 2001 ; Park *et al.*, 2001 ; Zou *et al.*, 2005 ; Oh et Lim, 2006). Ces résultats peuvent être expliqués par le savoir faire non négligeable que la population marocaine détient en médecine traditionnelle. En effet, nous mettons en évidence l'importance de l'ethnobotanique pour préserver les connaissances médicales traditionnelles. Aucune étude statistique n'a été rapportée prospectant l'utilisation de différentes parties de la plante d'*Opuntia ficus indica*.

Considérant les résultats prospectés via l'enquête ethnobotanique d'*Opuntia ficus indica*, ainsi ceux rapportés dans la revue bibliographique, nous avons supposé que la richesse d'*Opuntia* en composés phénoliques, notamment en flavonoïdes, devrait justifiée un effet anti-nociceptif remarquable.

Les méthodes d'immersion de la queue et de la plaque chauffante sont considérées comme sélectives pour les composés de type opioïde chez plusieurs espèces animales (Janssen *et al.*, 1963 ; Sabina *et al.*, 2009).

Ces méthodes sont les techniques appropriées pour évaluer la transmission de la douleur aiguë somato-sensorielle en stimulant des thermorécepteurs dans un modèle animal expérimental.

Dans cette étude, l'extrait aqueux de cladode d'*O.ficus-indica* administré par voie intra-péritonéale a permis de produire une activité anti-nociceptive significative et être liée à la dose selon les deux méthodes d'immersion de la queue et de la plaque chauffante. Or, les cladodes sont les principaux organes photosynthétiques qui pourraient être responsables de sa valeur médicinale (Balick et Cox 1996 ; Ghorbani 2005).

De même, les flavonoïdes sont connus pour inhiber l'enzyme prostaglandine synthétase, plus spécifiquement son activité endopéroxydase (Ramaswamy *et al.*, 1985). D'où, l'effet anti-nociceptif de l'extrait de plante testé pourrait être dû à sa teneur en flavonoïdes (Valente *et al.*, 2010) et en composés phénoliques (Guevara-Figueroa *et al.*, 2010). En conséquence, nous pouvons confirmer l'utilisation de la plante rapportée dans l'enquête ethnobotanique comme antidouleur.

Pour déterminer la nature chimique (polarité) des molécules justifiant cette activité, quatre extraits organiques ont été testés, l'extrait aqueux (EA), éthanolique (EE), de dichlorométhane (ED) et hexanoïque (EH).

Les résultats ont montré que quand les trois extraits (EA, EE et ED) ont été administrés par voie intra-péritonéales à des doses de 300, 500 et 1000 mg/kg, ils ont produit une activité analgésique significative et une dose dépendante selon les méthodes utilisées.

Alors que, l'extrait hexanoïque (EH) n'a pas montré aucun effet analgésique. L'activité analgésique démontrée par les extraits aqueux et éthanolique de cladodes d'*O.ficus-indica* à 1000 mg/kg ($\approx 70\%$) était comparable à celle produite par la morphine à 3 mg / kg (69,2%). Ces résultats étaient cohérents avec ceux rapportés par (Kifayatullah *et al.*, 2014).

De même, deux extraits des fleurs d'*O.ficus indica* (aqueux et éthanoliques) ont été testés en tant qu'analgésique central en utilisant le test d'immersion de la queue et le test de la plaque chauffante. Les résultats indiquent que les deux extraits d'*O.ficus indica* présentaient des propriétés analgésiques centrales, en conséquence de leur effet protecteur important et dépendant de la dose sur le stimulus thermo-douloureux.

Les études scientifiques rapportant les actions analgésiques et anti-inflammatoires d'*Opuntia* sont rares. Selon Park *et al.* (1998), l'extrait de fruit, les cladodes lyophilisés et les extraits de la tige avaient des actions analgésiques et anti-inflammatoires. De plus, les phytostérols du fruit ont été identifiés comme étant le principal composant anti-inflammatoire actif (Park *et al.*, 2001).

Par conséquent, l'extrait aqueux lyophilisé (100-400 mg/kg, i.p.) de fruits *Opuntia dillenii* lors d'essais de torsion et de la plaque chauffante chez les souris et les rats possédait une activité analgésique notable et dépendante de la dose (Loro *et al.*, 1999).

Certains constituants d'*Opuntia ficus-indica* ont été identifiés, principalement la quercétine, la nicotiflorine, les narcisses, la rutine, le kaempférol, le 3-O-méthyléther de quercétine et le 2,3-dihydrokaempférol (Guevara-Figueroa *et al.*, 2010 ; Lee *et al.*, 2003). Certains de ces composés sont également avérés posséder une activité analgésique. De plus, les flavonoïdes (kaempférol et glycosides d'isorhamnetin) sont connus pour inhiber l'enzyme prostaglandine synthétase, plus spécifiquement l'endoperoxydase (Ramaswamy *et al.*, 1985). Ainsi, nous pourrions que l'activité analgésique démontrée dans le présent travail soit due aux molécules polaires notamment les flavonoïdes.

Conclusion générale et perspectives

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont été consacrés à la valorisation d'*Opuntia ficus indica* dans les domaines de production animale, agro-industriel et pharmaceutique. Pour atteindre cet objectif, les tâches accomplies ont porté sur l'évaluation *in vivo* de l'effet d'un régime à base de fruits de figuier de barbarie sur la croissance des agneaux et sur la production et la qualité technologique du lait de brebis de la race Serdi d'une part, et, d'autre part sur l'évaluation de l'activité analgésique des extraits des cladodes et des fleurs. L'ensemble de ces travaux ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

Les fruits d'*Opuntia* non exploités représentent un potentiel alimentaire important pour les ruminants de la région étudiée grâce à leur richesse en sucres fermentescibles. Cependant, les analyses ont révélé des teneurs faibles en protéines. Cela impose l'apport d'une source protéique supplémentaire telle les tourteaux de l'arganier, le foin de la luzerne et le son de blé et la paille en tant que source de fibres. L'adoption de la technique d'ensilage permettrait de diminuer les charges alimentaires des éleveurs-agriculteurs.

La cinétique de la fermentation lactique et le taux de l'azote ammoniacal ont été suivis tout au long de la période de conservation (18 jours) pour éviter toute fermentation indésirable dont dépend la réussite de l'ensilage.

La production laitière journalière des brebis nourries au régime d'ensilage (RE) est significativement plus élevée par rapport à celle du lot de brebis nourries au régime témoin (RT). De plus, la croissance des agneaux en phase de lactation, évaluée par la prise journalière du poids des agneaux RE, a été significativement améliorée, 231 g/j contre 191 g/j chez les agneaux du lot témoin.

Tenant compte des paramètres physicochimiques du lait de brebis, les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les deux régimes, cependant la variation significative de la composition physico-chimique du lait durant toute la période de lactation a permis de conclure qu'elle est affectée par le stade de lactation.

Sur le plan financier, prenant en considération toutes les dépenses inhérentes à l'alimentation du bétail, le coût global de la production d'un kilogramme du régime d'ensilage était de 3,13dh/kg MS contre 3,42 dh/kg de MS pour le régime traditionnel. Par conséquent, on peut conclure que l'ensilage à base de fruits de cactus pourrait être une solution économiquement viable et apparaît donc comme une alternative prometteuse pour les systèmes d'alimentation du bétail en saison sèche. Cette solution permettrait d'améliorer les moyens de subsistance des agriculteurs dans les zones arides. Pareillement, la présente étude a porté sur l'évaluation de l'activité antioxydante, de la teneur en flavonoïdes et en polyphénols et sur la composition en acides gras de deux échantillons du lait de brebis marocaine de la race Sardi.

Au regard des résultats obtenus, nous concluons que l'utilisation de l'ensilage à base de figuier de barbarie en remplacement des graines de céréales dans l'alimentation des brebis, a permis d'améliorer de manière significative l'activité antioxydante, la teneur en poly-phénols et la composition en acides gras du lait de brebis.

Concernant la valorisation technologique, les résultats de cette étude, ont montré que l'ajout des extraits d'*Opuntia ficus indica* a permis, d'améliorer la teneur en substances bioactives du yaourt, illustrée par son pouvoir antioxydant. Ainsi, l'incorporation de l'ensilage a permis une meilleure conservation des qualités du lait et une amélioration remarquable de l'activité anti-radicalaire des produits dérivés qui en découlent.

Ces propriétés étant améliorées, lors de la fermentation bactérienne du lait de brebis, ont permis l'élaboration d'un yaourt et d'un fromage de bonne qualité nutritionnelle et de maintenir cette qualité durant toute la période de stockage.

Dans ce travail, l'intérêt a été porté également sur l'aspect médicinal de cette plante, particulièrement sur la validation de son effet antidouleur tant évoqué en usage traditionnel. Les résultats des enquêtes ethnobotaniques ont révélé que les cladodes sont la partie de la plante la plus utilisée, suivies des fleurs, des graines et finalement des racines dans le traitement des douleurs. La prospection de cette activité analgésique centrale a permis de conclure que les extraits des cladodes et des fleurs d'*O.ficus-indica* administrés par voie intra-péritonéale aux souris suisses ont une activité anti-nociceptive significative et dose-dépendante. De ce fait, l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle pour son effet analgésique est désormais justifiée scientifiquement.

Au terme de cette étude, nous pouvons émettre les perceptives suivantes :

- Etendre les essais à d'autres ruminants et à d'autres régions à climat aride ;
- Procéder à des techniques de séchage de l'ensilage sous forme de pellet afin de réduire le coût du transport ;
- Procéder à des analyses sensorielles des dérivés laitiers élaborés ;
- Fractionnement et identification des molécules responsables de l'effet anti-nociceptif et de leur mode d'action ;
- Prospector sur d'autres utilisations traditionnelles divulguées lors des enquêtes ethnobotaniques.

Références bibliographiques

A

- Aarskorg R., 2011. Comparison of two resistance training protocols, 6rm versus 12rm, to increase the 1rm in healthy younger adults. *Physotherapy*, 97 : p917-924.
- Abbeddou S., Riwahi S., Iñiguez L., Zaklouta M., Hess H.D. et Kreuzer M., 2011. Ruminant degradability, digestibility, energy content, and influence on nitrogen turnover of various Mediterranean by-products in fat-tailed Awassi sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 163 (2-4): p99-110.
- Abdalla M. et Abdel Nabi A., 2010. Evaluation of Microbiological Quality of Sudanese Fermented Dairy Product 'Mish' During Storage. *Journal of Food Science and Technology*. 2(3), p155-158.
- Abdallah M., Abass S.I. et Allam E.M., 2011. Reproductive performance of Rahmani and Chiose sheep and their lambs under upper Egypt condition. *Online J. Anim. Feed Res.*, 1: p121-129.
- Abdennebi L. et Khaldi G., 1991. Influence du poids vif sur les performances de reproduction des brebis prolifiques de race Barbarine. *Ann. INRAT* 64 : p 25.
- Abdennebi L., 1990. Analyse des performances zootechniques de 10 années d'élevage d'un troupeau ovin prolifique de race Barbarine. Mémoire du cycle de spécialisation de l'INAT, Tunisie, 89 p.
- Abidi S., Ben Salem H., Vasta V. et Priolo A., 2009. Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f.inermis) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay: a review. *Small Rumin. Res.* 87: p9-16.
- Agozzino P., Avellone G., Caraulo L., et al., 2005. Volatile profile of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) by SPME-GC/MS analysis. *Italian Journal of Food Science*. 17, 341-348.
- Ahmed SM., Eltanbouly Nebal., T Islam W., Sleem AA. et El Senoussy Amira, 2005. Antiinflammatory flavonoids from *Opuntia dillenii* (Ker-Gawl) Haw. Flowers growing in Egypt. *Phytotherapy research : PTR*. 19. 807-9. 10.1002/ptr.1708.
- Akraim F., Nicot M.C., Juaneda P. et Enjalbert F., 2007. Conjugated linolenic acid (CLnA), conjugated linoleic acid (CLA) and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk fat of cows fed raw or extruded linseed. *Animal* 2007(1):p835-43.
- Al.Otaibi et El Demerdash, 2008. Improvement of the quality and shelf concentrated yoghurt (labneh) by the addition essential oils. *African Journal of Microbiology Research*. 2 :p 156-161.
- Alais C., 1984. Science du lait, Principes des techniques laitières. 3ème édition, Publicité France.
- Allerga M., Furtmuller P.G., Jantschko W., Zederbauer M., Tesoriere L., Livrea M.A. et Obinger C., 2005. Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 332:p 837-844.
- Aloglu H.S. et Oner Z., 2011. Determination of antioxidant activity of bioactive peptide fractions obtained from yogurt. *J. Dairy Sci.* 94:5305-14.
- Aloulou R., 1990. Croissance pondérale de la race Barbarine dans le semi-aride tunisien : coefficients de correction et paramètres génétiques. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation de l'INAT, Tunisie.
- Alyaqoubi S., Abdullah A. et Addai Z.R., 2014. Antioxidant activity of goat's milk from three different locations in Malaysia. In: Fatimah, A. R., Haja, M. K. M., Hasidah, M. S., Mohd, S. N. N., Nazlina, I., Noor, B. I., Norbert, S., Nurulkamal, M., Nurul, H. A. K., Rozida, M. K., Taufik, Y. and Zahari, I. (Eds). *Proceedings of the Universiti Kebangsaan Malaysia*, p. 198-201. Kuala Lumpur: AIP Publishing.
- Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R. et Turgeon H., 2002.

- Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C.L. Science et technologie du lait - Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, p 600.
- Ammor M., Flórez A. et Mayo B., 2007. Antibiotic resistance in non-enterococcal lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Food microbiology*. 24 :p559-70.
 - Anifantakis E.M., Rosakis B. et Ramou C., 1980. Travaux Scientifiques de l'Institut Technologique Supérieur des Industries Alimentaires (Scientific work of the Technology Institut for Nutrition Industries). Plovdiv, Bulgaria, Tom, XXVII, CB.
 - AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis International, 17th Ed. Aoac, Washington, Dc 2000.
 - Apostolidis E., Kwon Y.I. et Shetty K., 2007. Inhibitory potential of herb, fruit, and fungal-enriched cheese against key enzymes linked to type 2 diabetes and hypertension. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 8:p46-54.
 - Araba A., Collado M., Boutouba A. et Sahnoun A., 2009. Nouveaux aliments pour les ruminants à base de fruits de cactus. *Transfert de Technologie en Agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA*, 176 : p1-4.
 - Arrigoni E., Marteau P., Briet F., Pochart P., Rambaud J.C. et Messing B., 1994. Tolerance and absorption of lactose from milk and yoghurt during short bowel syndrome in man. *Am. J. Clin. Nutr.* 60: p926-929.
 - Assenat L., 1985. Le lait de brebis. Composition et propriétés. In : Lait et produits laitiers. 1. Les laits de la mamelle à la laiterie (Luquet FM, ed). Lavoisier, Tee & Doc, Paris.
 - Atti N et Abdouli H., 2001. Effets du niveau du concentré sur les performances bouchères des agneaux de race Barbarine conduits au pâturage ou en bergerie. *Annales de l'INRA de Tunisie* 74: p239-250.
 - Atti N, Mahouachi M. et Rouissi H., 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. *Meat science*. 73 (2): p229-235.
 - Atti N. et Khaldi G., 1989. Caractéristiques de croissance chez des agneaux de trois races tunisiennes. INRA-Ariana, Tunisie. Dans *AGRICULTURE, Rapport EUR 11893*.
 - Autores V., 2009. *Trans Fatty Acids in Human Nutrition*. 2nd Edn., Woodhead Publishing Limited, Bridgwater, ISBN-10: 0955251230: p 448.
 - Axelsson L., 1998. Lactic acid bacteria: Classification and physiology. In: Salminen, S. and Von Wright, A. (1998). (ed). *Lactic acid bacteria: Microbiology and functional aspects* (2nd ed.), Marcel Dekker Inc, New York:p 1-72.
 - Ayadi M.A., Abdelmaksoud W., Ennouri M. et Attia H., 2009. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber. Effect on dough characteristics and cake making. *Industrial Crops and Products*. 30. 40-47. 10.1016/j.indcrop.2009.01.003.
- ## B
- Baborun T., 1997. Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research council Mauritias*, p83-94.
 - Baborun T., Gressier B., Trotin F., Brunete C., Dine T., Vasseur J., Gazin J.C., Pinkas M., Luycky M. et Gazin M., 1996. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneim. Forsch.* 46 :p 1086-1089.
 - Balakrishnan G. et Agrawal R., 2014. Antioxidant activity and fatty acid profile of fermented milk prepared by *Pediococcus pentosaceus*. *J. Food Sci. Technol.-Mysore* 51.41 :p38-42.

- Balick M. et Cox P., 1996. Plants, people and culture: the science of ethnobotany, Scientific American Network, New York.
- Ballesteros C., Poveda J.M., González-Viñas M.A. et Cabezas L., 2006. Microbiological, biochemical and sensory characteristics of artisanal and industrial Manchego cheeses. Food. Control. 17: p225–249.
- Baltadjieva M., Veinoglou B., Kandarakis J., Edgaryan M. et Stamenova V., 1982. La composition du lait de brebis de la région de Plovdiv en Bulgarie et d'Ioannina en Grèce. Dans : Le lait, INRA Editions ; 62: p191-201.
- Barillet F. et Boichard D., 1987. Studies on dairy production of milked ewes: Estimates of genetic parameters for total milk composition and yield. Genet. Sel. Evol.; 19: 459-474.
- Bas P., Berthelot V. et Pottier E., 2007. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. Small Ruminant Research, v.77 : p678-688.
- Bazarre T.L., Wu L. et Yuhas J.A., 1983. Total and HDL-cholesterol concentrations following yogurt and calcium supplementation, Nutr. Rep. Int. 28:p1225-1232.
- Behrad S., Yusof M.Y., Goh K.L. et Baba A.S., 2009. Manipulation of Probiotics Fermentation of Yogurt by Cinnamon and Licorice. Effects on Yogurt Formation and Inhibition of Helicobacter Pylori Growth in vitro. Int. J. Med. Med. Sci. 1 (3) :p135–139.
- Ben Gara A., Rouissi H., Jurado J.J., Bodin L., Gabiña D., Boujenane I., Mavrogenis A.P., Djemali M. et Serradilla J.M., 1997. Étude de la simplification du protocole de pesées chez les ovins à viande [Study on the simplification and standardization of recording protocols in meat sheep]. Dans : Options Méditerranéennes, Série A, 33 : pp 11-34.
- Ben Hamouda et Hajlaoui, 1989. Performances de la race Noire de Thibar en pure et croisée avec la race Brune Noire Suisse dans le domaine de Thibar. Revue de l'institut national agronomique de Tunisie. 4 : p39-47.
- Ben Hamouda M., 1981. Effet des facteurs du milieu sur la croissance des races à viandes exploitées en Tunisie : correction pour la sélection. Mémoire du cycle de spécialisation de l'INAT, p 69.
- Ben Hamouda M., 1985. Description biométrique et amélioration génétique de la croissance pondérale des ovins de race Barbarine. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, université de l'état à Gant.
- Ben kirane A., Jabli N. et Rodolakis A., 1990. Fréquence d'avortement et séroprévalence des principales maladies infectieuses abortives ovines dans la région de Rabat (Maroc). Annales de Recherches Vétérinaires, INRA Editions, 21 (4) :p267-273.
- Ben Salem H. et S. Abidi., 2009. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock feeding. Acta Horticulturae. Vol. 811, 28 February 2009:p 317-326.
- Bencini et Roberta, 2001. Factors affecting the quality of ewe's milk. U: Proceeding of the 7th Great Lakes Sheep Symposium. P :52-83.
- Bencini R. et Pulina G., 1997. The quality of sheep milk: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture ; 37:p485-504.
- Bendaou M., 2010b. Use of cactus (*Opuntia ficus-indica*) rejects silage in sheep feeding: nutritive value and carcass parameters. VIIth International Congress on Cactus Pear & Cochineal. Agadir. Communication orale.
- Bensadon S., Hervert D., Sayago-Ayerdi S. et Goñi I., 2010. By-Products of *Opuntia ficus-indica* as a Source of Antioxidant Dietary Fiber. Plant foods for human nutrition (Dordrecht, Netherlands). 65. 210-6. 10.1007/s11130-010-0176-2.
- Berset C., Brand-Williams W. et Cuvelier M.E., 1994. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm. Wiss. Technol. 28 (11), 25–30.
- Besle JM, Viala D, Martin B, Pradel P, Meunier B, Berdagué JL et al.,

2010. Ultraviolet-absorbing compounds in milk are related to forage polyphenols. *J Dairy Sci* 93:p2846–2856.
- Bianchi T.S., Filley T., Dria K. et Hatcher P.G., 2004. Temporal variability in sources of dissolved organic carbon in the lower Mississippi River, *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68 :p959-967.
 - Bidanel JP., 1992. Comment exploiter la variabilité génétique entre races : du croisement simple à la souche synthétique. INRA Productions Animales, Paris: INRA, (hs) : p249-254.
 - Bonnet C., Alamigeon F. et Micheels P., 2010. Guide complet des soins esthétiques : du côté de ma vie. Edition Eyrolles, p 14.
 - Bornaz S., Ali S., Attalah A. et Attia H., 2009. Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology*. 62 :p505-513.
 - Boujanh Mohamed, 2000. Résumé de recherches sur les utilisations du cactus dans l'alimentation.
 - Boujenane I. et Chami A., 1996. Production laitière des brebis de races Timahdite, Sardi et Béni Guil en race pure et en croisement. *Actes Inst. Agron Vet. (Maroc)*; 16 (3):p11-18.
 - Boujghagh M. et Chajia L., 2001. Le cactus : outil de gestion de la sécheresse dans le sud de marocain.
 - Bouksaim M., Lacroix C., Audet P. et Simard R.E., 2000. Effects of mixed starter composition on nisin Z production by *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar. *Diacetylactis* UL 719 during production and ripening of Gouda cheese. *Int. J. Food. Microbiol.* 59: p141-156.
 - Bravo L., 1998. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews* 56(11): p317-333.
 - Bussmann RW., Malca G., Glenn A., et al., 2011. Toxicity of medicinal plants used in traditional medicine in Northern Peru. *J. Ethnopharmacol.* 137(1): p121-140.
 - Butera D., Tesoriere L., Di Gaudio F., Bongiorno A., Allegra M., Pintaudi AM., Kohen R. et Livrea MA., 2002. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: Betanin and indicaxanthin. *J Agric Food Chem.* 50 :p6895-6901.
- C
- Caballero R., Rióperes J., Fernández E., Arauzo M. et Hernaiz P.J., 1992. Performance of Manchega ewes grazing cereal stubbles and cultivated pastures. *Small Rum. Res.*, 7 :p 315-329.
 - Cámara-Leret, R., N. Paniagua-Zambrana & M.J. Macía. 2012. A standard protocol for gathering palm ethnobotanical data and socioeconomic variables across the tropics. Pp. 41–72 in *Medicinal Plants and the Legacy of Richard E. Schultes*. Edited by B. Ponman & R.W. Bussmann. William L. Brown Center, Research Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, U.S.A.
 - Campos M.G., Webby R.F., Markham K.R., Mitchell K.A. et Da Cunha A.P., 2003. Age-induced diminution of free radical scavenging capacity in bee pollens and the contribution of constituent flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3): p742-745.
 - Carbo N., Costelli P., Baccino F.M., LopezSoriano F.J. et Argiles J.M., 1999. Resveratrol, a natural product present in wine, decreases tumour growth in a rat tumour model. *BiochemBiophys Res Commun* 254 : p739-743.
 - Cardenas Medellín, M., Serna-Saldivar S. et Velasco de la Garza, J., 1999. Effect of raw and cooked nopal (*Opuntia ficus indica*) ingestion on growth and profile of total cholesterol, lipoproteins, and blood glucose in rats. *Archivos latinoamericanos de nutrición.* 48 : p316-23.
 - Carta A., Sara Casu., Usia MG., Addis M., Fiori M. *et al.*, 2008. Investigating the

- genetic component of fatty acid content in sheep milk. *Small Ruminant Res.*, 79 (1) :p22-28.
- Casaburi A., Aristoy M.C., Cavella S., Di Monaco R., Ercolini D., Toldrá F. et Villani F., 2007. Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. *Meat. Sci.* 76: p295-307.
 - Castro T., Manso T., Jimeno V., Alamo M. et Mantecon A., 2009. Effect of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. *Small Ruminant Res.*, 84(1-3) : p47-53.
 - Cayuela J.A., Rada M., del Carmen Pérez-Camino M., Benaissa M., Abdelaziz E. et Guinda Á., 2008. Characterization of artisanally and semiautomatically extracted argan oils from Morocco. *Eur. J.Lipid Sci. Technol.* 110 :p1159–1166.
 - Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière (CNIEL), 2000. L'économie laitière en chiffres, p 188.
 - Chahid H., 1998. L'implantation du cactus *opuntia* effet de l'âge, du positionnement des raquettes et de l'apport d'eau. Agadir, mémoire de 3ème cycle en Agronomie, IAV Hassan II, p 71.
 - Charrouf Z. et Guillaume D., 2008. Argan Oil, Functional Food, and the Sustainable Development of the Argan Forest. *Natural Product Communications*.
 - Charrouf Z. et Pioch D., 2009. Valorisation du fruit d'Arganier, huile d'Argane : qualité, diversification. Projet UE/MEDA/ADS. Volet recherché, rapport final.
 - Chilliard Y. et Sauvant D., 1987. La sécrétion des constituants du lait. In : *Le lait matière première de l'industrie laitière*. INRA (Eds). INRACEPIL, Versailles, France, 13-26.
 - Chilliard Y., Glasser F., Ferlay A., Bernard L., Rouel J. et Doreau M., 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109: p828 855.
 - Chiofalo B. Azzara V., Venticinque L., Piccolo D. et Chiofalo L., 2004. Variations of fatty acids in Ragusana assis milk during lactation. *Atti del 55° Annual Meeting of European Association for Animal Production - EAAP*, Bled (Slovenia), 5-9 settembre, in corso di stampa.
 - Chopra S.C. et Acharya R.M., 1971. A note on non-genetic factors affecting body weights of Magra lambs. *Anim. Prod.* 13:p349-351.
 - Chougui N., Tamendjari A., Hamidji W., Hallal S., Barras A. et Richard T., 2013. Oil characterisation of phenolic compounds of *Opuntia ficus indica* seeds. *Food Chemistry*, 139, p799-801.
 - Chriyaa A., 1998. Technique culturales du cactus et son utilisation dans l'alimentation des ovins en zones arides. *Compte rendus de la journée sur la culture du cactus organisée par la DPA d'El Kelâa*, Avril.
 - Cicero A.FG., Derosa G. et Gaddi A., 2004. What do herbalists suggest to diabetic patients in order to improve glycemic control? Evaluation of scientific evidence and potential risks. *Acta Diabetologica* 41:p91-98.
 - Cieslak A., Kowalczyk M., Czauderna A., Potkanski M. et Szumacher S., 2010. Enhancing unsaturated fatty acids in ewe's milk by feeding rapeseed or linseed oil. *Czech J. Anim. Sci.*, 55(11) :p496-504.
 - Clark WD., Brown GK. et Mays RL., 1980. Flower flavonoids of *Opuntia subgenus Cyllindropuntia*. *Phytochemistry*, 19 : p2042–2043.
 - Clarke G., O'Mahony SM., Hennessy AA., Ross P., Stanton C, Cryan JF. et Dinan TG., 2009. Chain reactions: earlylife stress alters the metabolic profile of plasma polyunsaturated fatty acids in adulthood, *Behav Brain Res*, 205(1): p319-21
 - Clifford A., 2001. *Wright, Mediterranean vegetables: A Cook's ABC's of vegetables and their preparation in Spain, France, Italy, Greece, Turkey, the Middle East and North*

Africa with more than 200 Anth. Harvard Common Press, p 131.

- Cloetens L., Panee J. et Akesson B., 2013. The antioxidant capacity of milk: The application of different methods in vitro and in vivo. *Cell. Mol. Biol.* 59, p43-57.
 - Collomb M., Bütikofer U., Maurer J. et Sieber R., 2006. Composition en acides gras du lait de brebis produit à diverses altitudes. *Rev. Suisse Agric.*, 38(6), 335-339.
 - Cook M.E., Miller C.C., Park Y. et Pariza M., 1993. Immune modulation by altered nutrient metabolism: Nutritional control of immuneinduced growth depression. *Poul. Sci.*, 72: 1301-1305. PMID : 8346156.
 - Cortazar VG. et Nobel PS., 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus *Opuntia ficus indica*. *J.Amer.Hort.Sci.*, 117(4) :p 558-562 p.
 - Croguennec T., Jeantet R. et Brulé G., 2008. Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Lavoisier, Tec et Doc, Paris, p 176.
 - Crozier A., 2010. Bioavailability of coffee chlorogenic acids and green tea flavan-3-ols. *Nutrients* 2 :p 820-833.
- D**
- Dalechamp, 1615, « Histoire générale des plantes ».
 - Daly C., Fitzgerald G.F., O'Connor L. et Davis R., 1998. Technological and health benefits of dairy starter cultures. *Int. Dairy. J.* 8: p195-205.
 - David V. et Forte R., 1998. Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière. 2ème ed, institut de l'élevage, paris, tome2 :p21-26.
 - De Leo M., Bruzual De Abreu M., Pawlowska A.M., Cioni P.L. et Braca A., 2010. Profiling the chemical content of *Opuntia ficus indica* flowers by HPLC-PDAESI- MS and GC/EIMS analyses. *Phytochemistry Letters*, 3 :p48-52.
 - De palo G., Ariani L., Camerini T., Marubini E., Formelli F., Pasini B., Decensi A. et Veronesi U., 2002. Effet of fenretinide on ovarian carcinoma occurrence. *Gynecol Oncol* 86 :p24-27.
 - Decandia M., Cabiddu A., Molle G., Branca A., Epifani G., Pintus S., Tavera F., Piredda G., Pinna G. et Addis M., 2007. Effect of different feeding systems on fatty acid composition and volatile compound content in goat milk. In: Priolo A. (ed.), Bion di L. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Moran d-Feh r P. (ed.). *Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goat*. Zaragoza : CIHEAM.p129-134.
 - De-La-Fuente LF., Barbosa E., Carriedo JA., Gonzalo C., Arenas R., Fresno JM. et Primitivo FS., 2009. Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk. *Journal of Dairy Science.* 92: p3791-3799.
 - Deldicque L., Van Proeyen K., Ramaekers M., Pischel I. et Sievers H., 2013. Additive insulinogenic action of *Opuntia ficus-indica* cladode and fruit skin extract and leucine after exercise in healthy males. *J Int Soc Sports Nutri* 10: p45.
 - Djemali M., Jamal S., Hammami H., Bedhiaf S., Chellah A. et Aloulou R., 1995. Acquis de recherche en matière d'évaluation génétique des ovins et des caprins en Tunisie. Stratégies pour l'amélioration génétique des ovins et des caprins. *Opt Med* 11 : p173-184.
 - Dok-Go H., Lee K.H., Kim H.J., Lee E.H., Lee J., Song Y.S., Jin C., Lee Y.S. et Cho J., 2003. Neuroprotective effects of antioxidative flavonoids, quercetin, (+) dihydroquercetin and quercetin 3-methylether, isolated from *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Brain Res* 965 : p130-136.
 - Dominuez-Lopez A., 1995. Review: use of the fruits and stems of the prickly pear cactus (*Opuntia* spp.) into human food. *Food Science and Technology International* 1 : p65-74.
 - Dubeux J.R., Ferreira M.V., Andrade M., Cordeiro D., Farias I., Lima L.E. et Ferreira R.L.C., 2006. Productivity of *Opuntia ficus indica* under different N and P fertilization

and plant population in north-east Brazil. *Journal of Arid Environment*. p357- 372.

- Duckett SK., Andrae JG. et Owens FN., 2002. Effect of high-oil corn or added corn oil on ruminal biohydrogenation of fatty acids and conjugated linoleic acid formation in beef steers fed finishing diets. *J Anim Sci* 80 : p3353–3360.

E

- Eck A. et Gillis J.C., 1997. *Le fromage*. 3ème édition, 891 p.
- Eddy NB. et Leimback D., 1953. Synthetic analgesic. II. Dithienyl butenyl and dithienyl butylamines. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 107:p 385-393.
- El Aich A., El Assouli N., Fathi A., Morand-Fehr P. et Bourbouze A., 2007. Ingestive behavior of goats grazing in the Southern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. *Small Rum. Res.* 70 : p248-256.
- El Gharras H., 2009. Polyphenols: Food sources, properties and applications - A review. *International Journal of Food Science & Technology*. 44 : p2512-2518.
- El Himdy B., 1993. Technical aspects of silage making with focus on the ensiling of berseem-ryegrass crop. Doctorat en sciences agronomiques. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat.
- EL Kossori R.L.E., Villaume C., Boustani E.E. et Sauvaire Y., 1998. Mejean Composition of pulp, skin, seeds of prickly pears fruit *Plant food. Hum Nutr.* 51 : p263-270.
- El-Hamdani M., Zaaoui L., El Housni A., Bendaou M., Douaik A., Zouahri A., Ounine K. et Bouksaim M., 2016. Seasonal Effect on Bovine Raw Milk Composition of Oulmes Local Race in Morocco. *Food Science and Quality Management*. 52: p2224-6088.
- Elmastas M., Gülçin I., Işildak Ö., Küfrevioğlu Ö. İ., İbaoglu K. et Aboul-Enein H.Y., 2006. Radical scavenging activity and antioxidant capacity of bay leaf extracts. *J Iran Chem Soc*, 3 : p258-266.
- El-Tawil EA., Hazel LN., Sidwell GM. et Terrill CE., 1970. Evaluation of

environmental factors affecting birth weight, weaning and yearling traits in Navaho sheep. *J. Anim. Sci.*, 31 : p823-827.

- Ennouri M., Evelyne B., Laurence M. et Hammadi A., 2005: Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food chemistry*, 93 : p431-437.
- Erkaya T. et Sengul M., 2012. A Comparative study on some quality properties and mineral contents of yoghurts produced from different type of milks. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 18: p323-329.

F

- Fardet Anthony, 2017. Le pouvoir antioxydant des produits laitiers une propriété méconnue de leur potentiel protecteur. Centre de recherche et d'informations nutritionnelles. N°155.
- Favier A., 2003. Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique* : p108-115.
- Ferguson LR., 2001. Role of plant polyphenols in genomic stability. *Mutation Research*, 475:89-111.
- Fernandez ML., Lin E CK., Trejo A. et McNamara DJ., 1994. Prickly pear (*Opuntia* sp.) pectin alters hepatic cholesterol metabolism without affecting cholesterol absorption in guinea pigs fed a hypercholesterolemic diet (Biochemical and Molecular Roles of Nutrients). *Journal of Nutrition*. 124, (6) :p 817-823.
- Fernandez ML., Lin EC., Trejo A. et McNamara DJ., 1992. Prickly pear (*Opuntia* sp.) pectin reverses low-density lipoprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs, *Journal of Nutrition* 122: p2330-2340.
- Fernández-López J.A., Almela L., Obón J.M. et Castellar R., 2010. Determination of Antioxidant Constituents in Cactus Pear Fruits. *Plant Food Hum. Nutr.* 65, 253–259.
- Feugang JM., Konarski P., Zou D., Stintzing FC. et Zou C. 2006. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.)

cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11 :p2574-2589.

- Franzotti EM., Santos CVF., Rodrigues HMSL., Mourao RHV., Andrade MR. et Antonioli AR., 2000. Anti-inflammatory, analgesic activity and acute toxicity of *Sida cordifolia* L. (Malva-branca). *Journal of Ethnopharmacology*, 72:p 273-8.
- Frati A.C, Gordillo B.E., Altamirando P., Ariza CR., Cortes R., Chqvez A., 1990. Acute hypoglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in NIDDM. *Diabetes Care* 13:p 455-456.

G

- Gaillard A., 2014. Emotional pain, physical pain: Neurobiological mechanisms and treatment. *Annales Méd Psy*, 172 : p104-107.
- Galati E., Mondello M., Giuffrida D., Dugo G., Miceli N. et Pergolizzi S., 2003. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *J. Agric. Food Chem.*51:p4903-4908.
- Galati E.M., Monforte M.T., Tripodo M.M. et Trovato A., 2000. Antiinflammatory activity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cladodes. X Congresso della Società Italiana di Farmacognosia, Assisi, 19 settembre.
- Galati EM., Mondello MR., Lauriano ER., Traviano MF., Galluzzo M. et Miceli N., 2005. *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller fruit juice protects liver from carbon tetrachloride induced injury. *Phytother Res*, 19:p796-800.
- Galati EM., Pergolizzi S., Miceli N., Monforte M.T. et Tripodo M.M., 2002: Study on the increment of the production of gastric mucus in rats treated with *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. Cladodes. *Journal of Ethnopharmacology*, 83: p229-233.
- Gallegos-Infante J.A., Rocha-Guzman N.E., González-Laredo R.F., Reynoso-Camacho R., Medina-Torres L. et Cervantes-Cardozo V., 2009. Effect of air flow rate on the polyphenols content and antioxidant capacity of convective dried cactus pear cladodes

(*Opuntia ficus indica*). *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60 :p 80-87.

- Galleher J.J., Hollender R., Peterson D.G., Roberts R.F. et Coupland J.N., 2005. Effect of composition and antioxidants on the oxidative stability of fluid milk supplemented with an algae oil emulsion. *Int. Dairy J.* 15:p333-341.
- Gargouri A., 2005. Production et composition du lait de brebis : effets de l'apport de lipides protégés. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.* 58. 183. 10.19182/remvt.9931.
- Gaucheron F., 2005. The Minerals of Milk. *Reproduction, nutrition, development.* 45 :p473-83.
- Geay Y., Bauchart D., Hocquette JF. et Culioli J., 2002. *INRA Prod, anim*, 15, 37-52
- Geissman T.A. et Hinreiner E., 1952. Theories of biogenesis of flavonoid compounds. *Botanical Review*, 18: p77-244.
- Ghorbani A., 2005. Studies in pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, North of Iran (part 1): general results. *Journal of Ethnopharmacology*, 102: 58-68.
- Ghosh R., Patil S.M. et Kadam V.J., 2009. in vitro antioxidant activity of methanolic extract of stem bark of *gmelina arborea* roxb. (verbenaceae). *International Journal of PharmTech Research.* Vol.1, No.4 : p 1480-1484.
- Gomez-Ruiz J., Lopez-Exposito I., Pihlanto A., Ramos M. et Recio I., 2008. Antioxidant activity of ovine casein hydrolysates: Identification of active peptides by HPLC-MS/MS. *Eur. Food Res. Technol.* 227:p1061-1067.
- Gonzalo C., Blanco MA., Beneitez E., Juarez MT., Martinez A., Linage B. et Ariznabarreta A., 2005. Qualité physico-chimique et hygiénique du lait de brebis chez les troupeaux du bassin de Castilla- Leon (Espagne). *Ren .Rech . Ruminants*, 12 :p401.
- Gonzalo C., Carriedo J.A., Baro J.A. et Primitivo F.S., 1994. Factors influencing variation of test day milk yield, somatic cell

count, fat and protein in dairy sheep. *J. Dairy Sci.* 77:p1537-1542.

- Gueguen Léon., 2001. Les minéraux et oligoéléments du lait. *Lait, Nutrition, Santé.* p125-149.
 - Guevara-Figueroa T., Jimenez-Islas H., Reyes-Escogido M. et Mortensen, 2010. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *J.Food Compos.Anal.* 23:p525-532.
 - Gupta A., Mann B., Kumar R. et Sangwan R., 2009. Antioxidant activity of Cheddar cheeses at different stages of ripening. *Int. J. Dairy Technol.* 62:p339-347.
 - Gusha J., Katsande S., Zvinorova P.I. et Ncube S., 2013. The nutritional composition and acceptability of cacti-legume mixed silage. *Online J. Anim. Feed Res.*; 3(2):p116-120.
 - Guzman U., Arias S. et Dávila P., 2003. In: Reyes-Aguero J.A., Aguirre J.R., et Valiente-Banuet A., 2006. Reproductive biology of *Opuntia*: A review. *Journal of Arid Environments*; p549-589.
- H**
- Habibi Y., 2004. Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de Barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modifications chimiques. Thèse de Doctorat. Université Joseph Fourier. Faculté Sciences et Géographie (Grenoble I) et Université Cadi Ayyad. Faculté des Sciences (Semlalia, Marrakech).
 - Hadj sadok T., Aid F., Doumandji A. et Bellal M., 2014. Effet du jus de cladodes d'*Opuntia ficus indica* sur la fermentation du lait et la croissance des bactéries lactiques et probiotiques. *Revue «Nature & Technologie».* B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 11/. p17 à 29.
 - Haenlein G.F.W. et Wendorff W.L., 2006. Sheep milk production and utilization of sheep milk. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals.* Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK, and Ames, Iowa, USA; p137-194.
 - Halmi S., 2015. Etude chimique et botanique .Approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*.
 - Hamadoun T., Bouatia M., Idrissi M.O.B. et Draoui M., 2016. Phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous-ethanolic extracts of *Opuntia ficus indica*.p409-415.
 - Hamdouch-Aouad S., 1995. Etude de la composition chimique de la pulpe d'*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae. Thèse de 3ème cycle, Université Hassan II, Faculté des Sciences Ben M'Sik, Casablanca.
 - Harding F., 1995. *Milk quality*, Blackie academic and professional: 113(166 pages).
 - Hassan A. et Amjad I., 2010. Nutritional Evaluation of Yoghurt Prepared by Different Starter Cultures and Their Physiochemical Analysis during Storage. *African Journal of Biotechnology*, 9 :p2913-2917.
 - Havemose M.S., Weisbjerg M., Bredie W. et Nielsen J., 2004. Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. *International Dairy Journal.* 563-570. 10.1016/j.idairyj.2003.11.005.
 - Havemose M.S., Weisbjerg M.R., Bredie W.L.P., Poulsen H.D. et Nielsen J.H., 2006. Oxidative stability of milk influenced by fatty acids, antioxidants, and copper derived from feed. *J. Dairy Sci.*, 89 (6): p1970-1980.
 - Hejtmánková A., Pivec V., Trnková E. et Dragounová H., 2012. Differences in the composition of total and whey proteins in goat and ewe milk and their changes throughout the lactation period. *Czech Journal of Animal Science.* 57. 10.17221/6007-CJAS.
 - Hennebelle T., 2006. Investigation chimique, chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiales productrices d'antioxydants. *Chimie Organique et Macromoléculaire Docotrat* : p303.
 - Hernández-Ledesma B., Miralles B., Amigo L., Ramos M. et Recio I., 2005. Identification of antioxidant and ACE-inhibitory peptides

in fermented milk. J. Sci. Food Agric. 85:p1041-1048.

- Hilali MD., El-Mayda E. et Rischkowsky B., 2011. Characteristics and utilization of sheep and goat milk in the Middle East. Small Ruminant Research - Small Ruminant res. 101. 10.1016/j.smallrumres.2011.09.029.
- Hokayem M., Bisbal C., Lambert K. et Avignon A., 2012. Quelle place pour les antioxydants dans la prévention du diabète de type 2. Médecine des Maladies Métaboliques, 6 (4) : p327-331.
- Hugenholtz J., Hunik J., Santos H. et Smid E., 2002. Neutraceuticals production by Propionibacterium. Lait. 82:p103-112.

I

- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins, caprins. Institut National de Recherche Agronomique. France.
- Ip C., Dong Y., Ip M.M., Banni S. et Carta G., 2002. Conjugated linoleic acid isomers and mammary cancer prevention. Nutr. Cancer, 43: 52- 58. PMID : p12467135.
- Ivanova T., Pacinovski N., Raicheva E. et Abadjeiva D., 2011. Mineral content of milk from dairy sheep breeds. Macedonian Journal of Animal Science 1: p67-71.

J

- Jamaly N., Benjouad A. et Bouksaim M., 2011. Probiotic Potential of Lactobacillus strains Isolated from Known Popular Traditional Moroccan Dairy Products. British Microbiology Research Journal 1(4): p79-94.
- Janssen P., Neimemegeers C.J.E. et Dony J.G.H., 1963. The inhibitory effects of Fentanyl and other morphine like analgesics on the warm water induced tail withdrawal reflex in rats. Arzneimittel Forschung 13 :p 502-507.
- Jarmillo D.P., Garcia T., Buffa M., Rodriguez M., Guamis B. et Trujillo A., 2009. Effect of the inclusion of whole citrus in the ration of lactating ewes on the properties of milk and cheese characteristics during ripening. J. Dairy Sci., 92 (2):p469-476.
- Jorge A., La Garza Toledo H., Cruz A.Z., Belmares R., Aguilar C., María Rodríguez J.

et Rosa., 2013. The optimization of phenolic compounds extraction from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) skin in a reflux system using response surface methodology. Asian Pacific journal of tropical biomedicine. 3 :p436-42.

- Juma K.H. et Fraj M., 1966. Factors affecting birth weights of Awassi lambs. Journal of agricultural science, 67 :p169-172.

K

- Kaanane A., 1998. Possibilité de débouchés agro-industriels de fruit de cactus organisée par la DPA d'El Kalaâ : p20-22.
- Kamal M., 2008. Appuis à la valorisation et au développement de la filière cactus dans la zone de Rhamna. Document du projet FAO : p44.
- Khaldi G. et Boichard D., 1989. Effets directs et maternels sur les caractères de croissance en race ovine Barbarine. Ann. de l'INRAT. Vol. 62 - Fasc.2.
- Khaldi G., 1973. Estimation de la production laitière de la brebis Barbarine. Mémoire de fin d'Etude de Troisième Cycle, INAT, p 69.
- Khaldi G., 1979. Influence du sexe de l'agneau et de l'âge de la brebis sur la production laitière de la race Barbarine. Ann, I.N.R.A.T, 52 : p 24.
- Khaldi G., 1987. Influence de l'âge au sevrage et du mode de naissance des agneaux sur la PLdes brebis de race Sicilo-Sarde pendant les phases d'allaitement et de traite. Ann. INRAT, 60 : p 16.
- Khaldi S., 2007. Etude des caractères de reproduction des brebis et de croissance des agneaux de la souche prolifique «W» de la race Barbarine : Résultats de 20 années d'élevage. Doctorat en sciences agronomiques de l'INAT.
- Khallouki F., Younos C., Soulimani R., Oster T., Charrouf Z., Spieglehader B., Batsh H. et Owen, R.W., 2003. Consumption of argan ou (Morocco) with its unique profile of fatty acids, squalene, sterols, and tocophérols and phénolics antioxydants should confer valuable cancer chemo- preventive effects. Eur. Journal Cancer prev.12:p67-75.

- Khan Z.I., Muhammad A., Altaf H., McDowell L.R. et Muhammad Y.A., 2006. Concentrations of minerals in milk of sheep and goats grazing similar pastures in a semiarid region of Pakistan. Dans : Small Ruminant Research; 65: p274-278.
 - Khatabi O., Hanine H., Elothmani D. et Hasib A., 2011. Extraction and determination of polyphenols and betalain pigments in the Moroccan Prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*). Arabian Journal of Chemistry. 10.1016/j.arabjc.2011.04.001.
 - Kifayatullah M., Waheed I., Kanti Das.S., Sisugoswomi M. et Izharullah, 2014. Evaluation of hydroethanolic extract of *Opuntia monacantha* haw for analgesic activity. World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences. Volume 3, Issue 2 :p1006-1020.
 - Kim J.S. et Kim M.J., 2010. In vitro antioxidant activity of *Lespedeza cuneata* methanolic extracts. Journal of Medicinal Plants Research 4, 674-679.
 - Kremer R., Rosés L. et Rista L., 1996. Machine milk yield and composition of non-dairy Corriedale sheep in Uruguay. Small Ruminant Research, v.19, n.1 : p.9-14.
 - Kuchtik J., Šustová K., Urban T. et Zapletal D., 2008. Effect of the stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. Czech J. Anim. Sci.; 53: p55-63.
 - Kudoh Y., Matsuda., Igoshi K. et Oki T., 2001. Antioxidative peptide from milk fermented with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* IFO 13953. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 48:p44-50.
 - Kung L.Jr., Maciorowski K., Powell K.M., Weidner S. et Eley C.L., 1991. Lupin as a protein supplement for growing lambs. J. Anim. Sci., 69: p3398-3405.
 - Kusche D., Kuhnt K. et Ruebesam K., Rohrer C., Nierop A.F., Jahreis G. et Baars T., 2015. Fatty acid profiles and antioxidants of organic and conventional milk from low- and high-input systems during outdoor period. J. Sci. Food Agric. 95(3): p529-39.
 - Kuti J.O., 2004. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. Food Chemistry, 85(4) :p527–533.
 - Kuzdzal S., et Kuzdzal W., Kuzdzal-Savoie S. et Kuzdzal W., 1963. Contribution a l'étude des acides gras du lait de différentes espèces animales. Le Lait, INRA Editions, 43 (427) : p369-384.
- ### L
- Langella P., Nouaille S., Commissaire J., Bolotine A., Gruss A. et Le Loir Y., 2001. Characterization of host factors affecting heterologous protein secretion in *Lactococcus lactis*. Lait. 81:p 19-28.
 - Laroche F., 2014. Douleur chronique. Thérapies comportementales et cognitives. Annales Médico-Psychologiques, 172 :p 132-135.
 - Laroche F., Doubrere J.F. et Soyeux E., 2008. Vivre avec des douleurs neuropathiques. Editions Scientifiques L&C, p.8.
 - Lateif M.G., Abdel-Salam M.M. et Haider A., 1989. Factors affecting the milk yield and composition of Rahmany and Barki sheep and their crosses. 3rd Egyptian-British Conf. on Animal, Fish and Poultry Production, Alexandria, 7-10 October 1989. Alexandria University, Alexandria, p459-467.
 - Le Houerou H.N. et Monjauze A., 1965. Le rôle des *Opuntia* dans l'économie agricole nord-africaine. Bulletin de l'Ecole Supérieure Agricole de Tunis, (8/9): p85-164.
 - Le Houérou H.N., 2002. Cacti (*Opuntia* Spp.) as a fodder crop for marginal land in the Mediterranean basin. Acta Horticulturae, 581 :p21-46.
 - Ledhé A., Agapé R. et Morgan S., 2009. TPE la douleur et sa prise en charge. pp 4-8.
 - Ledoux M., Laloux L., Fontaine J.J., Carpentier Y.A. et Chardigny J.M., 2007. Rumenic acid significantly reduces plasma levels of LDL and small dense LDL cholesterol in hamsters fed a cholesterol- and lipid-enriched semi-purified diet. Lipids, 42: 135-141. PMID: 17393219.

- Lee E.H., Kim H.J., Song Y.S., Jin C., Lee K.T., Cho J. et Lee Y.S., 2003. Constituents of the stems and fruits of *Opuntia ficus-indica* var. saboten. Arch. Pharm. Res. 26 :p1018-1023.
 - Lee J.C. et Lim K.T., 2000. Effects of cactus and ginger extract as dietary antioxidant on reactive oxidant and plasma lipid level. Food Sci. Biotechnol. 9: p83-88.
 - Li W., Hosseini F.S., Tsopmo A., Friel J.K. et Beta T., 2009. Evaluation of antioxidant capacity and aroma quality of breast milk. Nutrition, 25: p105-114.
 - Lindmark-Månsson H. et Akesson B., 2000. Antioxidative factors in milk. Brit. J. Nutr. 84:103-10.
 - Liu D.Z., Lin Y.S. et Hou W.C., 2005. Monohydroxamates of aspartic acid and glutamic acid exhibit antioxidant and angiotensin converting enzyme inhibitory activities. J. Agric. Food. Chem. (52).
 - Lock A.L., Harvatine K.J., Ipharraguerre I., Van Amburgh M., Drackley J.K. et Bauman D.E., 2005. The dynamics of fat digestion in lactating dairy cows: what does the literature tell us Proc. of Cornell Nutrition Conference. p 83-94.
 - Loro J.F., Rio del I. et Pérez-Santana L., 1999. Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. J Ethnopharmacol 67 :p 213- 218.
 - Lourens-Hattingh A. et Viljoen B.C., 2001. Yogurt as probiotic carrier food. Int. Dairy J. (11) :p 1-17.
 - Luiz C.D.S., Mirtes C., Sigrid L.J. *et al.*, 1988. Screening in mice of some medicinal plants used for analgesic purposes in the state of Sao Paulo. J.Ethnopharmacol, 24(2-3):p205-211.
- M**
- Maamouri O., Rouissi H., Dridi S., Kammoun M., De Baerdemaker J. et Karoui R., 2008. Mid infrared attenuated total reflection spectroscopy as a rapid tool to assess the quality of Sicilo-Sarde ewe's milk during the lactation period after replacing soybean meal with scotch bean in the feed ration. Dans : Food Chemistry., 106 : p361-368.
 - Mahaut M., Jeantet R. et Brule G., 2003. Initiation à la technologie fromagère. Techniques et Documentation – Lavoisier, Paris, 194 p.
 - Manach C., Mazur A. et Scalbert A., 2005. Polyphenols and prevention of cardiovascular diseases. Current Opinion in Lipidology, 16 : p1-8.
 - Mandouri T., 2000. Hydromasse et biomasse des *Opuntia*. Cactus : (*Opuntia* à fruits comestibles). Actes de la journée nationale sur la culture du cactus. El Kelaa des Sraghna. Maroc.
 - MAPM. Agriculture marocaine en chiffre, 2014, Edition 2015.
 - MAPM. Agriculture marocaine en chiffre, 2015, Edition 2016.
 - Martini M. et Caroli A., 2003. Evaluation of ovine milk clotting aptitude. Italian Journal of Animal Science 2: p89-95.
 - Martini M., Melé M., Scolozzi C. et Salari F., 2008. Cheese making aptitude and the chemical and nutritional characteristics of milk from Massese ewes. Italian Journal of Animal Science 7: p419-437.
 - Mathieu J., 1998. Initiation à la Physicochimie du Lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages).
 - Maurice P., 1971. Spectrométrie d'absorption atomique. Tom II, Application à l'analyse chimique.
 - Mayer H.K. et Fiechter G., 2012. Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria. International Dairy Journal; 24:p 57-63.
 - Mäyrä-Mäkinen A. et Bigret M., 1998. Industrial use and production of lactic acid bacteria. In: Salminen, S. and Von Wright, A. (ed). Lactic acid bacteria: microbiology and functional aspects. Marcel Dekker, Inc., New York, 73-102.
 - McDonald P. et Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D. et Mogan C.A., 2002. Animal nutrition 6th edition Prentice Hall, London.

- McDonald P., Henderson A.R. et Heron S.J.E., 1991. The Biochemistry of Silage (Second Edition) UK: Chalcombe Publications, pp. 340, ISBN 0-948617-225.
 - Medina J., Ballesteros ML. et Salinas J., 2007. Phylogenetic and functional analysis of Arabidopsis RCI2 genes, Journal of Experimental Botany, Volume 58, Issue 15-16:p4333-4346.
 - Meghrou J., Lacroix C., Bouksaim M., LaPointe G. et Simard R.E., 1997. Note: Genetic and biochemical characterization of nisin Z produced by *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* biovar. *Diacetylactis* UL 719. J. Appl. Microbiol. 83: p133-138.
 - Metchnikoff E., 1908. Optimistic studies New York: Putman's Sons, p161-183.
 - Mierlita D., Padeanu I., Maerescu C., Chereji I., Halma E. et Lup F., 2011. Comparative study regarding the fatty acids profile in sheep milk related to the breed and parity. Anim. Husb. Technol. Food Indus. 10 :p 221-232.
 - Ministère de l'Agriculture et de la Mise en valeur agricole, 1997, Note d'observations sur la version provisoire du Rapport de la Banque mondiale sur la stratégie de développement rural au Maroc, doc. ronéo, 28 pages, Rabat.
 - Minivelle F., 1990. Principe d'amélioration génétique des animaux domestiques, Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, ISBN 2-7380-0201-3, p211.
 - Monassier, 2005. « Les antalgiques non opiacés » Module de Pharmacologie Générale DCEM1, Faculté de Médecine de Strasbourg, Mise à jour : Janv. 2005, p1-6.
 - Monjauze A. et Le Houerou H.N., 1965. Le rôle des *Opuntia* dans l'Economie agricole Nord Africaine. In : Mulas M. et Mulas G., 2004. Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Université des études de SASSAR, p 112.
 - Moslehishad M., Ehsani M.R. et Salami M., 2013. The comparative assessment of ACEinhibitory and antioxidant activities of peptide fractions obtained from fermented camel and bovine milk by *Lactobacillus rhamnosus* PTCC 1637. Int. Dairy J. 29:p82-7.
 - Moussa-Ayoub TE., El-Samahy SK., Rohn S. et Kroh LW., 2011. Flavonols, betacyanins content and antioxidant activity of cactus *Opuntia macrorhiza* fruits. Food Res Int. 44: p2169-2174.
 - Muthu C., Ayyanar M., Raja N. et Ignacimuthu S., 2006. Medicinal plants used by traditional healers in Kancheepuram District of Tamil Nadu, India. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 2:43 DOI: 10.1186/1746-4269-2-43.
 - Mwaura S.M. et Akinsoyinu A.O., 2010. Calcium and phosphorus in milk of Yankansa ewe's asinfluenced by stage of lactation. J. Appl. Biosci., 26:p1623-163.
- N
- Lakram N., Moutik S., Mercha I., El maadoudi E., Kabbour R., Douaik A., Zouahri A., El housni A. et Naciri M., 2019. Effects of the inclusion of detoxified argan press cake in the diet of dairy goats on milk production and milk quality. Turk J Vet Anim Sci 43:p323-333.
 - Najgebauer-L. et Sady, 2015. Estimation of the antioxidant activity of the commercially available fermented milks. Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria. 14(4). 387-396. 10.17306/J.AFS.2015.4.38.
 - Nasir R., Jafri et Jagirdar S.A.P., 1968. Behaviour of some of the commercial varieties of fruits and vegetable in storage, canning and processing.
 - Nefzaoui A. et Salem H., 2002. Forage, Fodder, and Animal Nutrition. 10.1525/california /9780520231573.003.0012.
 - Nehme C., 2006. La douleur neuropathique. Un défi pour les soignants, Inf MSC, 2006, 4 p.

- Nerd A. et Mizrahi Y., 1994. Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus indica* (L.). *Scientia Horti culturae*. (59) :p115-122.
 - Nichols WS., Froeschel MA., Amos HE. et Ely LO., 1998. Effects of Fiber from Tropical Corn and Forage Sorghum Silages on Intake, Digestion, and Performance of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*; 81: p2383-2393.
 - Nobel P.S., Russell E.Ch. et Felker P., Galo P., Acuña J.E., 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. *Agron. J.* 79(3): p550-555.
 - Nobel PS., 2002. *Cacti: Biology and Uses*. Berkeley, USA: California University Press, p280.
 - Nurliyana R., Syed Z., Mustapha S.K., Aisyah M.R. et Kamarudin KR., 2010. Antioxidant study of pulps and peels of dragon fruits: A comparative study. *International Food Research Journal*. 17 :p367-375.
- O**
- Obeidat BS., Awawdeh MS., Kridli RT., Al-Tamimi HJ., Ballou MA., Obeidat MD., Abu Ishmais MA., Al-Lataifeh FA. et Subih HS., 2014. Feeding corn silage improves nursing performance of Awassi ewes when used as a source of forage compared to wheat hay. *Animal Feed Science and Technology* ; 192: p24-28.
 - Oh PS. et Lim KT., 2006. Glycoprotein (90 kDa) isolated from *Opuntia ficus indica* var. saboten MAKINO lowers plasma lipid level through scavenging of intracellular radicals in Triton WR-1339-induced mice. *Bio Pharm Bull* 29: p1391-1396.
 - OMS : principes méthodologiques généraux pour la recherche et l'évaluation relatives à la médecine traditionnelle. *WOH/TRM/2000 ; annexe II* :31-35.
 - Oner Z., Sanlidere-Aloglu H. et Dedebas T., 2011. Determination of antioxidant capacity in milk from various animals and humans. *Milchwissenschaft-Milk Sci. Int.* 66:p133-5.
 - Oravcova M., Margetín M., Peskovicova D., Daño J., Milerski M., Hetényi L. et Polák P., 2006. Factors affecting milk yield and ewe's lactation curves estimated with test-day models. *Czech Journal of Animal Science*. 51. p483-490. 10.17221/3968-CJAS.
 - Orwa C., Mutua A., Kindt R., Jamnadass R. et Simons A., 2009. *Agroforestry Database: A Tree Reference and Selection Guide*, version 4.0. World Agroforestry Centre ICRAF, Nairobi, KE.
 - Osorio-Esquivel O., Ortiz-Moreno A., Alvarez A.B., Dorora-Alvarez L. et Giuti M.M., 2011. Phenolics betacyanins and antioxidant activity in *Opuntia joconostle* fruits. *Food Res. Int.* 44 (7):p2160–2168.
 - Ostdal H., Andersen H.J. et Nielsen J.H., 2000. Antioxidative activity of urate in bovine milk. *J. Agric. Food. Chem.* 48:5588-92.
 - Ostlie H.M., Treimo J. et Narvhus J.A., 2003. Effect of temperature on growth metabolism of probiotic bacteria in milk. *Int. Dairy J.* 15 :p989-997.
 - Oyaizu M., 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidative activity of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr.* 44:p307-315.
- P**
- Palevitch D., Earon G. et Levin I., 1993. Treatment of benign prostatic hypertrophy with *Opuntia ficus-indica* (L.) *Journal of Herbs, Spices, and Medicine Plants* 2: p45-49.
 - Pallara G., Buccioni A., Pastorelli R., Minieri S., Mele M., Rapaccini S., Messini A., Pauselli M., Servili M., Giovannetti L. et Viti C., 2014. Effect of stoned olive pomace on rumen microbial communities and polyunsaturated fatty acid biohydrogenation: An in vitro study. *BMC veterinary research*. 10. 271. 10.1186/s12917-014-0271.
 - Papadimitriou C.G., Mastrojiannaki A.V., Silva A.V., Gomes A.M., Malcata F.X. et Alichanidis E., 2007. Identification of peptides in traditional and probiotic sheep milk yoghurt with angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory activity. *Food Chem.* 105 :p647-656.

- Paquay R. et Bister J.L., 1987. Reproduction, croissance et qualité des carcasses : Introduction et facteurs de productivité. Revue de l'Agriculture 40 (3) :p573-585.
 - Park E.H., Kahng J.H. et Paek E.A., 1998. Studies on the pharmacological action of cactus: identification its anti inflammatory effect. Arch. Pharm. Res, 21(1):p 30-34.
 - Park E.H., Kahng J.H., Lee S. et Shin K.H., 2001. An anti-inflammatory principle from cactus. Fitoterapia 72: p288-290.
 - Park Y.K., Koo S., Kim H., Hwang S.Y., Jung W.K., Kim J.M., Shin S., Kim R.T. et Park Y.H., 2007. The analysis of milk components and pathogenic bacteria isolated from bovine raw milk in Korea. J. Dairy Sci. 90:5405.
 - Parrella A., Caterino E. et Cangiano M., 2012. Antioxidant properties of different milk fermented with lactic acid bacteria and yeast. Int. J. Food Sci. Technol. 47:p2493-502.
 - Pavic V., Antunac N., Boro M., Ante I. et Havranek J., 2002. Influence of stage of lactation on the chemical composition and physical properties of sheep milk. Czech Journal of Animal Science. p47.
 - Payen J.F., 2002. «Chapitre 2, Module 2», Bases physiopathologiques et évaluation de la douleur, p 65.
 - Perna A., Intaglietta I. et Simonetti A., 2015. Effect of genetic type on antioxidant activity of Caciocavallo cheese during ripening. J. Dairy Sci. 98:3690-4.
 - Perrot S., Poulain P., Serrie A., Eschalier A., Mick G., Langley P., Pomerantz D. et Ganry H., 2013. Description des prescriptions de traitements pharmacologiques à visée antalgique et de leur observance en France : résultats de l'étude épidémiologique National Health and Wellness Survey réalisée auprès de 15 000 personnes adultes, Elsevier, 14 (3) : p119-130.
 - Piga A., 2004. Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance, Journal of the Professional Association for Cactus Development.p 9-22.
 - Pimienta-Barrios, 1993. Prickly pear (*Opuntia* spp) a valuable fruit crop for the semi arid lands of Mexico. J. of Arid Env., 28:p1-11.
 - Pincemail J. et Defraigne J.O., 2003. Le Coenzyme Q10 ou ubiquinone : un antioxydant particulier. Vaisseaux, Cœur, poumons, 8:p55-60.
 - Piras M., Ligios S., Sitzia M. et Fois N., 2007. Out of season sheep milk production in Sardinia. Ital. J. Anim. Sci., 6(1) :p588-590.
 - Pirisi A., Lauret A. et Dubeuf Jp., 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. Small Ruminant Research 68 :p 167-178.
 - Pirisi F.M., Cabras P., Falqui Cao C., Migliorini M. et Muggelli M., 2001. Phenolic Compounds in Virgin Olive Oil. 2. Reappraisal of the Extraction, HPLC Séparation, and Quantification Procedures. J. Agric. Food Chem., 48 : p1191-1196.
 - Prud'hon M., Denoy L., Dauzier L. et Desvignes A., 1970. Étude des résultats de six années d'élevage des brebis Mérinos d'Arles du Domaine du Merle. I. Le contrôle des ruts et sa validité. Ann. R Zootech., 15 :p123-133.
- Q**
- Queneau P. et Ostermann G., 2004. Le médecin, le malade et la douleur. Masson, Paris, p. 488-505.
- R**
- Rabaud C., Rogeaux O., Launay O., Strady C., Mann C., Chassany O., Bouhassira D., et Gaillat J., 2013. Early antiviral treatment fails to completely prevent herpes-related pain. Med & maladie inf, 43 : p461-466.
 - Rachidinejad A., Birch E.J., Sun-Waterhouse D. et Everett D.W., 2013. Effects of catechin on the phenolic content and antioxidant properties of low-fat cheese. Int. J. Food Sci. Technol. 48 :p2448-2455.
 - Radat F., 2014. Stress et douleur. Annales Médico-Psychologiques, 172 : 108-110.
 - Ramadan M.F. et Morsel J.T., 2003. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). Food Chem. 82: p339-345.

- Ramaswamy S., Pillani N.P., Gopalkrishnan V., Parmar N.S. et Ghosh M.N., 1985. Analgesic effect of O(α -hydroxyethyl) rutoside in mice. *Indian J. Exp. Biol*, 23:219.
- Ranjan S., Dasgupta N., Chakraborty A., Samuel M., Chidambaram R., Kumar A. et Shanker R., 2014. Nanoscience and Nanotechnologies in Food Industries: Opportunities and Research Trends. *Journal of Nanoparticle Research*. 16. 10.1007/s11051-014-2464-5.
- Rashid H., Togo K., Ureda M. et Miyamoto T., 2007. Probiotic characteristics of lactic acid bacteria isolated from traditional fermented milk 'Dahi' in Bangladesh. *Pak. J. Nutr.* 6 :p647-652.
- Rassa S.P.G., Cannas E.A., Nicolussi P., Nudda A. et Pulina G., 2007. Machine milking management and milk nitrogen fraction in primiparous ewes. *Italian J. Anim. Sci.*, 6: p591-593.
- Rees D.V.H., Audsley E. et Neale M.A., 1983. Some physical properties that affect the rate of diffusion of oxygen into silage. *J. Agricultural Science Cambridge*, 100 :p601-605.
- Revilla I., Gonzalez-Martin M.I. et Vivar-Quintana A.M., 2016. Antioxidant capacity of different cheeses: Affecting factors and prediction by near infrared spectroscopy. *J. Dairy Sci.* 99:5074-82.
- Rice-Evans C., Miller N. et Paganga G., 1997. Antioxidant properties of phenolic compound. *Trends in plant science*, 2(4) :p152-159.
- Ricordeau G. et Flamant J.C., 1969. Croisements entre les races ovines Préalpes du Sud et Frisonne (Ostrfriesisches Milchschaft). II. Reproduction, viabilité, croissance, conformation. *Ann. Zootech.*, 18 :p131-149.
- Ricordeau G., Boccard R. et Denamur R., 1961. Mesure de la production laitière des brebis pendant la période d'allaitement. *Ann. Zootech.* 9 :p 97-120.
- Rodriguez J.M., Martínez M.I., Horn N. et Dodd H.M., 2003. Heterologous production of bacteriocins by lactic acid bacteria. *Int. J. Food. Microbiol.* 80:p 101-116.
- Rondia J.M. et Araba A., 1997. Aspects économiques des productions fourragères. In : Production et utilisation des cultures fourragères au Maroc.
- Rondia P., Delmotte C., Dehareng F., Laloux J., Famerée J. et Bartiaux-Thill N., 2005. Composition en acides gras du lait de brebis complémentées avec de la graine de lin sous différentes formes (entière, aplatie ou extrudée). In: *Renc. Rech. Ruminants*, 12. p407.
- Rosado J. et Díaz M., 1995. Propiedades físicoquímicas relacionadas con función gastrointestinal de seis fuentes de fibra dietética. *Rev. Invest. Clin.* 47(4):p283-289.
- Rouissi H., Atti N. et Othmane M.H., 2006. Effets de l'espèce fourragère, du mode d'exploitation et de la complémentation sur les performances laitières de la brebis sicilo-sarde. In: *Annales de l'INRA* 78 : p147-161.
- Roulet L., Luthy C., Garin N., Di Polina., De Gold L., Zoccatelli D., Escher Imohf M., Desmeules J. et Piguët V., 2007. Rotation des opioïdes : de la théorie à la pratique. *Rev Med Suisse*, 7:1400-6.
- Ruas-Madiedo P., Hugenholtz J. et Zoon P., 2002. An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Int. Dairy. J.* 12: p163-171.
- Russell C.F. et Felker P., 1986. The prickly pear (*Opuntia* spp., Cactaceae): source of human and animal food in semi-arid regions. *Econ. Bot.* 41 :p433-445.
- Ryhanen E.L., Pihlanto L.A. et Pahkala E., 2001. A new type of ripened low-fat cheese with bioactive properties. *Int. Dairy J.* 11:p441-447.

S

- Sabina EP., Chandel S. et Rasool MK., 2009. Evaluation of analgesic, antipyretic and ulcerogenic effect of Withaferin A. *Int. J. Integrat. Biol.*, 6(2) :pp52-56.
- Saenz C., Sepulveda E. et Matsuhira B., 2004. *Opuntia* spp mucilage's: a functional

- component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*, 57: 275-290.
- Sahan N., Say D. et Kaçar A., 2005. Changes in chemical and mineral contents of Awassi ewe's milk during lactation. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29 :p589-593.
 - Salem A.S., Salama W.M., Hassanein A. et El Ghandour H., 2013. Enhancement of nutritional and biological values of Labneh by adding dry leaves of *Moringa oleifera* as innovative dairy products. *World Appl. Sci. J.* 22:p1594–1602.
 - Salim N., Abdelwahab C., Rabah C. et Ahcene B., 2009. Chemical composition of *Opuntia ficus-indica* (L.) fruit, *African journal of Biotechnology*. 898:p1623-1624.
 - Sanes C., Berger H., Garcia J.C., Galletti L., deCortazar V.G., Higuera I., Mondragon C., Ridriguez-Felix A., Sepulveda E. et vanero M.T., 2006. Utilizacion agroindustrial del nopal. *Bulletin du service agricole de la FAO*. ISBN 92-5-305518-9. p165.
 - Sarson M., 1972. Elevage du mouton de la race Barbarine au centre d'Ousseltia. *Rapport technique*, 9.
 - SAS. SAS stat 9.1 User's Guide. SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA 2006.
 - Savoini G., Farina G., Dell'Orto V. et Cattaneo D., 2016. Through ruminant nutrition to human health: Role of fatty acids. *Adv. Anim. Biosci.* 2:p200-207.
 - Sawaya W.N., Knatchadourian H.A., Safi W.N. et Al-Muhammad H.M., 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. *J. Food Tech.*, 18:p 183-193.
 - Schaffer S., Schmitt-Schillig S., Müller W.E. et Eckert G.P., 2005. Antioxidant properties of Mediterranean food plant extracts: Geographical differences. *J. Physiol. Pharmacol.*
 - Schmidely Ph., Sauvant D., 2001. *INRA Prod. Anim.*, 14 :p337-354.
 - Sébastien F., 2010. Analgésiques antipyrétiques, *Actualités pharmaceutiques*, n° 492.
 - Sefa-Dedeh S., Kluitse Y. et Afoakwa O.E., 2001. Influence of fermentation and cowpea steaming on some quality characteristics of maize-cowpea blends. *Afr. J. Sci. Technol.* 2 (2) :p71-80.
 - Sefiani M., 1980. La productivité laitière et l'aptitude à la traite des races ovines Sardi et Bni Guil. *Mémoire 3ème Cycle Agronomie*, I.A. V. Hassan II, Rabat.
 - Shaiban M., AL-Mamary M. et AL-Habori M., 2006. Total Antioxidant Activity and Total Phenolic Contents in Yemeni Smoked Cheese. *Mal J Nutr* 12(1): p87-92.
 - Shetty K., Curtis O.F., Levin R.E., Witkowsky R. et Ang W., 1995. Prevention of verification associated with in vitro shoot culture of oregano (*Origanum vulgare*) by *Pseudomonas* spp. *J. Plant Physiol.* 147 :p447-451.
 - Shimizu H., 2004. Relationship between plasma glutathione levels and cardiovascular disease in a defined population: the Hisayama study, *Stroke*, 35 (9): p2072-2077.
 - Shori A.B. et Baba A.S., 2011. Antioxidant activity and inhibition of key enzymes linked to type-2 diabetes and hypertension by *Azadirachta indica*-yogurt. *Journal of Saudi Chemical Society*.
 - Simopoulos A.P., 2008. The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Med.* (Maywood) 233:p674-688.
 - Simos EN., Nikolau EM. et Zoiopoulos PE., 1996. Yield, composition and certain physicochemical characteristics of milk of the Epirus Mountain sheep breed. *Small Rumin. Res.*, 20:p67-74.
 - Simos Y., Metsios A., Verginadis I., Angela-Gabriella D.A., Loiudice P., Jirillo E., Charalampidis P., Kouimanis V., Boulaka A., Martemucci G. et Karkabounas S., 2011. Antioxidant and anti-platelet properties of milk from goat, donkey and cow: An in vitro,

ex vivo and in vivo study. *Int. Dairy J.*, 21: p901-906.

- Siow L.F. et Hui Y.W., 2013. Comparison on the antioxidant properties of fresh and convection oven-dried guava (*Psidium guajava* L.), *International Food Research Journal.*, 20 (2), 639-644.
- Siriwardhana G.M., Calbrade N.A., Vickery JA. et Sutherland W.J., 2006. The effect of the spatial distribution of winter seed food resources on their use by farmland birds. *J. Appl. Ecol.* 43: p628-639.
- Siriwardhana N. et Jeon Y.J., 2004. Antioxidative effect of cactus pear fruit (*Opuntia ficus-indica*) extracts on lipid peroxidation inhibition in oils and emulsion modelsystems. *Eur. Food Res. Technol.* 219 :p369-376.
- Smith L., D'Amour C., Marie et D'Amour F., 1941. The Analgesic Properties of Certain Drugs and Drug Combinations. *Anesthesiology.* 4.10.1097/00000542-194307000-00036.
- Sniffen C.J.O., Connor J.D., Van Soest P.J., Fox D.G. et Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70: 3562-3577.
- Sosa J., Althaus R., Scaglione L., Roldan V. et Moreyra E., 2001. Composicion quimica y mineral de la leche de ovejas Corriedale y Hampshire down *Revista Fave*, 15:p 7-12.
- SOULAIRE J., 1947. *Cactus et Médecine*, Ed THIEBAUT 54-107.
- Stintzing F.C. et Carle R., 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49 :p175-194.
- Sulaiman S.F., Yusoff N.A., Eldeen I.M., Seow E.M., Sajak A.A.B. et Supriatno O.K.L., 2011. Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian banana (*Musa* sp.), *Journal of Food Composition and Analysis*, 24:p1-10.
- Tan E.S., Abdullah A., Musa K.H., Maskat M.Y. et Abd-ghani M., 2012. Antioxidant properties of three banana cultivars (*Musa acuminata* 'Berangan', 'Mas' and 'Raja') extracts, *Sains Malaysiana.*, 41(3):p319-324.
- Tapiero H., Tew K.D., Ba G.N. et Mathe G., 2002; Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomed Pharmacother* 56 :p200-207.
- Taylor S.S.C., 1980. Live-weight growth from embryo to adult in domesticated mammals. *Anim. Prod.*, 31 :p223-235.
- Tegegne F., Kijora C. et Peters K.J., 2005. Effects of incorporating cactus pear and urea-treatment of straw on the performance of sheep. In *Conference on International Agricultural Research for Development*. Stuttgart-Hohenheim, p11-13.
- Tesoriere L., Butera D., Pintaudi A.M., Allegra M. et Livrea M.A., 2004b. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C. *Am. J. Clin. Nutr.* 80 :p391-395.
- Tesoriere L., Fazzari M., Allegra M. et Livrea M., 2005. Biothiols, taurine, and lipid-soluble antioxidants in the edible pulp of Sicilian cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruits and changes of bioactive juice components upon industrial processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20): p7851-7855.
- Theriez M., 1982. La mortalité des agneaux : point de vue du zootechnicien. 7^{ème} ; *Journées de la Recherche Ovine et Caprine*. Paris INRA-ITOVIC Ed., p1-17.
- Toma W., Graciosa JS., Hiruma-Lima CA., et al., 2003. Evaluation of the analgesic and antiedematogenic activities of *Quassia amara* barks extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 85: p19-23.
- Tounsi-Saidani M., Ouerghemmi I., Ksouri R., Aidi-Wannes W., Hammrouni I. et Marzouk B., 2011. HPLC-determination of phenolic composition and antioxi-dant

capacity of cactus prickly pears seeds. Asian J. Chem. 23 :p1006-1010.

- Trejo-González A1., Gabriel-Ortiz G., Puebla-Pérez AM., Huízar-Contreras MD., Munguía-Mazariegos MR., Mejía-Arreguín S. et Calva E., 1996. A purified extract from prickly pear cactus (*Opuntia fuliginosa*) controls experimentally induced diabetes in rats. J Ethnopharmacol. 55(1):p27-33.
- Tsiplakou E., Mountzouris K.C. et Zervas G., 2006: The effect of breed, stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. Livestock Science, 105 ; p162-167.

U

- Unal G. et Akalm A.S., 2012. Antioxidant and angiotensin converting enzyme inhibitory activity of yoghurt fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. Dairy Sci. Technol. 92 :p627-639.
- Unal G., 2012. Antioxidant activity of commercial dairy products. Agro Food Industry Hi-Tech 23:p39-42.
- Ünal N., Tasoy F., Akçapinar H., Koçak S., Yakan A., Erol H. et Ugurlu M., 2007. Milk yield measured by oxytocin plus hand milking and weigh-suckle-weigh methods in ewes originating from local crossbred in Turkey. In: Rev. of medicine veterinary ; 6: p320-325.

V

- Valente LMM., da Paixao D., do Nascimento AC., et al., 2010. Antiradical activity, nutritional potential and flavonoïds of the cladodes of *Opuntia monacantha* (Cactaceae). Food Chem.123 :p1127-1131.
- Valvo M.A., Bella M., Scerra M. et Biondi L., 2007. Effects of ewe feeding system (grass vs concentrate) on milk fatty acid composition. CIHEAM Options Méditerranéennes Ser. A, 74 :p227-231.
- Van Proeyen K., Ramaekers M., Pischel I. et Hespel P., 2012. *Opuntia ficus indica* ingestion stimulates peripheral disposal of oral glucose before and after exercise in

healthy men. Int J Sport Nutr Exerc Metab 22: p284-291.

- Van Soest P.J., Robertson J.B. et Lewis B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74: p3583-3597.
- Vanbelle M., Teller E., Focant M., Vanabelle B. et Bruyer D., 1989. Improvement of the feed conversion in ruminant livestock production. Publ n° 54, unité de biochimie de la nutrition, Louvain-la-Neuve, Belgique, p75-76.
- Vangelov A. et Karadjov G., 1993. Technology of Bread and Bakery Products-Laboratory Manual. UFT Publishing Co., Plovdiv, p. 127.
- Vasta GR., Odom EW. et Bianchet MA., 2008. F-type lectins: a new family of recognition factors. In: Vasta GR, Ahmed H. (eds), Animals Lectins: A Functional View. Boca Raton, FL : CRC Press, 2008.
- Villette Y. et Theriez M., 1981. Influence du poids à la naissance sur les performances d'agneaux de boucherie. 1. Niveau d'ingestion et croissance. Ann. Zootech., 30 (2) : p151-168.
- Virtanen A.I., 1933. The A.I.V.-method of preserving fresh fodder. Empire Journal of Experimental Agriculture, 1 :p143-155.
- Virtanen T., Pihlanto A., Akkanen S. et Korhonen H., 2007. Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria. J. Appl. Microbiol. 102:p106-115.

W

- Wallali L.D., 1997. Le Figuier de Barbarie. Espèce fruitière d'intérêt secondaire cultivée au Maroc. Bulletin de Liaison. PNNT. MADRPM/DERD. N° 35: p1-2.
- Wisselink H.W., Weusthuis R.A., Eggink G., Hugenholtz J. et Grobber G.J., 2002. Mannitol production by lactic acid bacteria: a review. Int. Dairy. J. 12: p151-161.
- Woolford M.K., 1984. The Silage Fermentation. Microbiological Series, 14, Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.

- Wrobel J., 2003. Aspects psychologiques de la douleur chronique. Paris : Institut UPSA de la douleur, p155.
- Wu X., Beecher G.R. et Holden J.M., 2004. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.* 52:p4026-37.
- Zou DM., Brewer M., Garcia F. et Feugang JM., 2005. Cactus pear : a natural product in cancer chemoprevention. *Nutrition Journal*, 4 :p25-36.

Y

- Yáñez-Ruiz DR., Moumen A., Martin Garcia IA. et Molina Alcaide E., 2004. Ruminal fermentation and degradation patterns, protozoa population and urinary purine derivatives excretion in goats and wethers fed diets based on twostage olive cake: effect of PEG supply. *Journal of Animal Science* 82 :p2023–2032.
- Yilmaz-Ersan L., Ozcan T., Akpınar-Bayazit A. et Sahin S., 2018 ; Comparison of antioxidant capacity of cow and ewe milk kefirs. *Journal of Dairy Science*. 101(5):p3788-3798.

Z

- Zaaraoui L., Ounine K., Elhamdani M., Benali A., Oukassou M. et Bouksaim M., 2016. Evaluation and Selection of Autochthonous Lactic Acid Bacteria as Starter Cultures from Goat's Raw Milk. *Journal of Biotechnology and Biochemistry*. 2:p16-21.
- Zari Y., 1979. Bilan de 3 années d'essai sur la production laitière des brebis Timahdite et Bni Hsen. Mise en place d'un contrôle de croissance des agneaux dans la région de Moghrane. Mémoire 3ème Cycle Agronomie, I.A. V. Hassan II, Rabat.
- Zeeman D.Z., 2005. Evaluation of sun-dried *Opuntia ficus-indica* var. Algerian cladodes in sheep diets. M. Sc. Agric. Thesis. University of the Free State, Bloemfontein.
- Zimmerman M., 1983. Ethical guidelines for investigations of experimental pain in conscious animals. *Pain* 16 :p109-110.
- Zitari S., 2008. Étude des valeurs nutritives de certaines ressources alimentaires locales utilisées dans l'alimentation des animaux. Université de Sousse, Master 2008.

Annexe 1 1

La pulpe	Utilisation	
	Recette	
	Mode d'utilisation	
	Observation	
Les graines	Utilisation	
	Recette	
	Mode d'utilisation	
	Observation	
Les raquettes	Utilisation	
	Recette	
	Mode d'utilisation	
	Observation	
Les fleurs	Utilisation	
	Recette	
	Mode d'utilisation	
	Observation	
Les racines	Utilisation	
	Recette	
	Mode d'utilisation	
	Observation	

Région :..... Sexe :..... Age :..... (Cámara-Leret R. *et al.*, 2012 ; OMS, 2000)