

LES PHYTOBIOTIQUES, UNE ALTERNATIVE POTENTIELLE AUX ANTIBIOTIQUES PROMOTEURS DE CROISSANCE CHEZ LES RUMINANTS

KAHOULI Abdelbasset^{1*}, KABOUL Noureddine¹, YOUSFI Mohammed¹ et REKIKE Fouad¹

1. Département des Sciences Agronomiques, Institut des Sciences Vétérinaires et des Sciences Agronomiques, Université Hadj-Lakhdar Batna-1, Batna, 05000, Algérie-

Reçu le 06/12/2019, Révisé le 12/06/2020, Accepté le 18/06/2020

Résumé

Description du sujet : Depuis plus d'une décennie, les antibiotiques facteurs de croissance ont été critiqués et débattus, ceci a conduit finalement à leur interdiction de part le monde à cause de l'émergence de l'antibiorésistance et la persistance des résidus chimiques dans les produits carnés et leur substitution par une nouvelle gamme d'additifs alimentaires naturels tels que les phytobiotiques.

Objectif : Par le présent papier, nous voulons exposer l'avancement des recherches concernant l'utilisation des phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques chez les ruminants et leurs bienfaits sur les performances des animaux, sur leur bien-être et sur la répercussion écologiques des élevages.

Méthodologie : Cette étude constitue une analyse bibliographique des recherches antérieures, elle se base sur la méthode de thèse-antithèse généralement utilisée dans ce genre de synthèses.

Résultats : D'après les études antérieures, il s'avère que les phytobiotiques ont bien prouvée leur utilité dans l'amélioration des performances des ruminants, garder un bon état de santé des animaux et atténuer l'impact environnemental des élevages.

Conclusion : les phytobiotiques peuvent être une bonne solution pour substituer les antibiotiques promoteurs de croissance afin de se diriger vers les élevages « Bio » et « Eco-friendly ».

Mots clés : Additifs; antibiotiques; bien être; environnement; élevage; performances; ruminants.

PHYTOBIOTICS, A POTENTIAL ALTERNATIVE TO GROWTH PROMOTERS ANTIBIOTICS IN RUMINANTS

Abstract

Description of the subject: For more than a decade, antibiotics growth factors have been criticized and debated, eventually leading to their worldwide ban because of the emergence of antimicrobial resistance and the persistence of chemical residues in animal products and their substitution with a new range of natural food additives such as phytobiotics.

Objective: The present paper aimed to present the progress of research on the use of phytobiotics as an alternative to antibiotics in ruminants and their benefits on animal performances, their welfare and the ecological impact of livestock.

Methodology: This study constitutes a bibliographical analysis of the previous researches; it is based on the thesis-antithesis method generally used in this kind of syntheses.

Results: According to previous studies, phytobiotics have proven their usefulness in improving the performance of ruminants, maintain a good health of animals and mitigate the environmental impact of livestock.

Conclusion: Phytobiotics can be a good solution to replace antibiotics promoting growth to move towards farms "Bio" and "Eco-friendly".

Keywords: additives; antibiotics; breeding; environment; performances; ruminants; welfare.

* Auteur correspondant: KAHOULI Abdelbasset, E-mail : a.kahouli@univ-batna.dz

INTRODUCTION

L'élaboration et la mise en œuvre de stratégies visant à optimiser les fermentations dans le rumen sont essentielles pour améliorer l'utilisation des aliments pour animaux et optimiser la production chez les ruminants. De telles stratégies sont basées sur la connaissance des processus et des micro-organismes du rumen impliqués [1]. De plus, aujourd'hui, il existe un intérêt croissant pour les productions biologiques et éco-responsables ainsi que les techniques alternatives aux produits chimiques [2]. Dans ce but l'utilisation de produits chimiques synthétiques est devenue très répandue à un certain moment et la prise de conscience par le public des risques potentiels pour l'environnement et la santé liée à leurs utilisations a également augmenté [3]. En l'occurrence, Les phytobiotiques (phytogéniques), des additifs classés dans la catégorie des facteurs promoteurs de croissance se révèlent comme une solution prometteuse [4]. Cette catégorie d'additifs a prouvé son avantage dans la stimulation de la croissance des animaux, en induisant des modifications notables sur la dynamique de l'écosystème ruminal et le microbiote qui y pullule en améliorant le métabolisme de l'organisme animal via l'amélioration de la digestion et l'absorption des nutriments, stimulation de l'activité immunitaire et l'activité antioxydante et en conséquence les performances et le bien-être des animaux [5]. Dans cette revue, nous allons essayer de mettre en état les preuves de l'utilité des phytogéniques chez les ruminants en se basant sur une base de données bibliographique diversifiée.

INFORMATION GÉNÉRALES SUR LES PHYTOBIOTIQUES

Les phytobiotiques ou phytogéniques, sont des additifs promoteurs de croissance, issus d'une grande variété d'herbes, d'épices et de produits dérivés appréciés depuis l'antiquité pour leur arômes spécifiques et diverses propriétés médicinales [4, 6]. Ce sont des antioxydants, anticancéreux, antimicrobiens en particulier les agents pathogènes à Gram⁺, modulateurs des enzymes et de détoxification et des stimulateurs digestifs et immunitaires [7, 8, 9, 10]. En dehors de la classification botanique habituelle, ils sont classés, selon Windisch et Kroismayr (2006) cité par Hashemi & Davoodi [4], en fonction de la partie utilisée (plante entière, racine, tige, écorce, feuille, fleur, fruit et graine).

Du type de la plante (graminées, carex, herbes, arbustes, plantes grimpantes et arbres), de l'habitat (tropical, subtropical), de la valeur thérapeutique (antibactérienne, antifongique, anti-inflammatoire, antiulcéreuse, antioxydante, antivirale, anticancéreuse, immunostimulateur, etc.) et des voies d'administration (teinture, décoction, macération, sirop, inhalation et tisanes).

Et de manière générale, en ce qui concerne la dérivation biologique, la formulation, la description chimique et la pureté, ils comprennent un très large éventail de substances et quatre sous-classes d'alimentation animale peuvent être classées en catégories: (i) herbes (produits de la floraison, plantes non ligneuses et non persistantes), (ii) des plantes (parties entières ou transformées d'une plante, par exemple, racines, feuilles, écorce), (iii) des huiles essentielles (extraits hydrodistillés de composés végétaux volatils), et (iv) des oléorésines (extraits à base de solvants non aqueux).

Les propriétés thérapeutiques de ces additifs sont connues depuis longtemps [3]. D'ailleurs, les huiles essentielles (HE) et les épices ont été utilisés depuis des millénaires par les premiers Égyptiens et depuis des siècles dans des pays asiatiques tels que la Chine et l'Inde reconnue comme la terre des épices là où les médicaments d'origine végétale constituent une part prépondérante des médecines Hindoue et Unani et les pouvoirs curatifs de certaines herbes sont bien connus [5, 11]. Or, il faut souligner que, les caractéristiques médicinales des phytobiotiques sont attribuées aux métabolites secondaires synthétisées par l'organisme végétal. Ce sont des composés chimiques biologiquement actifs tels que les phénols, les alcools, les aldéhydes, les cétones, les éthers, les hydrocarbures, les polyamines, et les composés sulfuriques qui agissent comme un système de défense naturel des plantes hôtes, qui ont déjà été utilisés historiquement en tant que produits pharmaceutiques, parfums et composés aromatisants [1, 8, 11, 12, 13, 14].

EFFET DES PHYTOBIOTIQUES SUR LE PROCESSUS DIGESTIF

1. Modulation de l'écosystème ruminal

La digestion biologique dans le rumen constitue une particularité des ruminants. Les produits finaux de cette digestion seront les acides gras volatils (AGV), l'ammoniac (N-NH₃) et des gaz notamment le méthane (CH₄).

Ces produits sont conditionnés par plusieurs facteurs, en particulier, le régime alimentaire, la fréquence d'alimentation, le ratio fourrage/concentré, etc.

Cependant, bien qu'ils soient des sources nutritionnelles intéressantes, l'excès des AGV, N-NH₃ constitue un handicap vis-à-vis le bien être de l'animal [15, 16, 17].

L'optimisation des performances animales passe tout d'abord par la bonne connaissance des phénomènes qui se déroulent dans le rumen [1]. Dans ce but, les nutritionnistes cherchent toujours à contrôler l'activité de l'écosystème ruminal afin de réduire le coût de production, améliorer la productivité et atténuer l'impact environnemental de l'élevage. Cependant, la digestion n'est toujours pas complète, en l'occurrence, le recours aux additifs alimentaires devient une nécessité. À cet égard, en tant qu'alternatives naturelles potentielles aux antibiotiques facteurs de croissance, les phytobiotiques apparaissent comme étant de bons candidats pour réguler le fonctionnement de rumen [18]. Beaucoup de travaux scientifiques ont été menés dans le sens de déterminer l'utilité des phytobiotiques (phytogéniques) en matière de manipulation de l'écosystème ruminal et des fermentations qui s'y déroulent. Bien que, selon Soltan *et al.* [19] et Blanch *et al.* [20] une légère variabilité de constats peut être observée dans la littérature qui est due aux facteurs extrinsèque tels que la dose et le type de phytobiotique. En générale, les scientifiques révèlent que les phytogéniques ont la capacité à moduler remarquablement l'écosystème ruminal en y engendrant des modifications notables de ses paramètres. Ando *et al.* [21], évoquent que la supplémentation des bouvillons avec 200g/jr de menthe poivrée (*Mentha piperita*) réduit l'ammoniogénèse de 24% ($p < 0,05$). Ceci a été supporté par d'autres résultats ultérieurs, d'ailleurs, Anassori *et al.* [22], rapportent que l'ajout de (0,75%MS de la ration) d'huile essentielle de l'ail (*Allium sativum*) dans le concentré des moutons en réduit de 21% ($p < 0,001$). Ainsi, Cobellis *et al.* [23], dévoilent une réduction de plus de -70% ($p < 0,01$) du taux ammoniacal dans le rumen en présence des huiles essentielles de l'origan (*Origanum vulgare*) et du romarin (*Rosmarinus officinalis*) dans une étude in-vitro.

De plus, Ikyume *et al.* [24] et Morsy *et al.* [25], consolident ces constats en rapportant une réduction significative de l'ammoniogénèse (-32% et -10%) chez les chèvres par l'addition de la poudre de l'ail (1%MS de la ration) et les grains de cumin (*Cuminum cyminum*) à l'ordre de (10g/jr/tête) respectivement. Ces résultats confortent ceux de Sahraei *et al.* [26], Galindo *et al.* [27] et de Kholif *et al.* [28]. Bien que Norrapoke *et al.* [29], rapportent totalement l'inverse, en utilisant la poudre de mangouste (*Garcinia angostana*) et de *Centella asiatica* dans la ration des buffles. D'ailleurs, d'après Dong *et al.* [30] et Patra [17], la baisse de l'ammoniogénèse est due à l'inhibition des Bactéries Hyper productrices d'ammoniac (BHA) par le biais des métabolites secondaires. Or, d'après son étude in-vivo, Soltan *et al.* [19], révèlent que l'ajout de 32mg/ d'un complexe d'huiles essentielles dans l'eau d'abreuvement des vaches laitières tend à augmenter significativement la production totale des AGV (+3%), aussi bien, une diminution numérique (-8%) de la production d'acide acétique (C₂) ainsi qu'une augmentation significative de la production de l'acide propionique (C₃) +14% et l'acide butyrique (C₄) +17% suivi d'une chute du rapport C₂/C₃ (-19%) ont été enregistrée dans cette expérimentation. Ceci est similaire à ce qui a été déjà rapporté par Ando *et al.* [21]. D'autant plus, Kongmun *et al.* [31] explicitent que l'utilisation de la poudre de l'ail (16mg) dans un essai in-vitro tend à influencer notablement les fermentations ruminales, avec une réduction significative de la concentration de C₂ (-7%), une augmentation de celle de C₃ (+9%) ($p < 0,05$) et de C₄ (+9%) ($p < 0,05$) corrélées au même temps avec un rapport C₂/C₃ plus bas -22% ($p < 0,05$) par rapport au milieu de culture témoin. Ils ajoutent également que la méthanogénèse a connue une chute aussi remarquable avec une différence significative de (-22%) par rapport au groupe témoin par conséquence de la réduction de la concentration de C₂ et l'augmentation de celle de C₃. Ceci a été supporté par des résultats plus récents [20, 22, 29, 30, 32, 33, 34] et récemment par Morsy *et al.* [25], qui ont trouvé les mêmes changements des paramètres de rumen en utilisant les grains de cumin dans la ration des chèvres. En fait, ces changements sont dus principalement à l'effet antimicrobien des phytobiotiques.

Nurdin et Arief [35], rapportent une augmentation assez significative (+66%) de la biomasse bactérienne de rumen en présence d'huile essentiel de cumin (1000ppm) par rapport à un milieu de culture témoin dans une étude in-vitro. Ceci supporte le résultat de Ngamsaeng *et al.* [36], révélant une hausse aussi significative de (+89%) de la population bactérienne chez des vaches recevant le zeste de mangouste par rapport à d'autres laissées comme témoin, ainsi qu'une diminution ($p < 0,05$) du nombre des protozoaires du genre *Entodinomorphe* (-27%) et du genre *Holotriches* (-27%) réputée hautement méthanogènes, ce qui explique une part de la réduction de la méthanogène suscitée. De plus, dans leur étude in-vivo, Giannenas *et al.* [32], trouvent que l'ajout d'un complexe d'huiles essentielles dans le concentré des brebis (0,15%MS) augmente ($p < 0,05$) la proportion des bactéries cellulolytiques (+50%) et réduit le nombre des BHA (-21%) dans le rumen par rapport à un groupe témoin, ce qui explique l'augmentation de la production des AGV suite à l'augmentation de la digestibilité fibrolytique et la réduction de l'ammoniogénèse signalées auparavant. Également, Norrapoke *et al.* [29], rapportent le même effet de la poudre de mangouste sur la population bactérienne cellulolytique +77% ($p < 0,05$) chez les buffles, ils révèlent également une réduction significative du nombre des protozoaires -36% sous l'effet de ce phytobiotiques.

Aussi, Galindo *et al.* [27], ajoutent que l'huile essentiel de noix de coco (*Cocos nucifera*) additionnée au concentré des moutons (15%MS) le nombre des *Entodinomorphes* -54% ($p < 0,05$), d'autant plus que la part des bactéries du genre *Archea* -63% ($p < 0,01$) réputées aussi méthanogènes ce qui explique l'autre part de la réduction de la méthanogénèse. Dans ce contexte, Kilic et Boga [37], expliquent que la réduction de la population des protozoaires en présence des condiments réduit la compétition sur la biohydrogénation en faveur d'une production plus forte du propionate, et donc une réduction du CH₄. Autrement dit, les phytobiotiques agissent sur les microbes par le biais de leurs métabolites secondaires. Ces métabolites sont généralement à haute affinité avec les bactéries Gram⁺ généralement des méthanogènes [38, 39].

Dans une étude antérieure sur l'effet de diallyl-thiosulfinate (allicin) qui est le principe actif le plus important générant de l'ail, Feldberg *et al.* [40], ont déjà indiqué que celui-ci inhibe l'activité microbienne par différents mécanismes. Ils indiquent aussi que cette molécule s'intègre dans la cellule, dans laquelle, elle inhibe et retarde la synthèse de l'ADN par conséquence d'un empêchement de synthèse ainsi que la transcription de l'ARN, causant une lésion persistante du rapport (masse protéique pour l'initiation de la transcription/ADN) ce qui réduit la croissance et la multiplication des bactéries. De même, Ultee *et al.* [38], ajoutent que les métabolites secondaires réduisent la synthèse d'ATP par la dissipation de la force motrice du proton, non seulement ça, mais, ils peuvent entraîner d'autres actions bactéricides ou bactériostatiques, par : une inhibition de plusieurs enzymes due à une fuite d'ions essentiels, à une perte de pression de turgescence, à une influence sur la synthèse de l'ADN, à une réduction des activités métaboliques et à d'autres processus cellulaires peut être à l'origine de la diminution de la viabilité de la cellule à l'exposition d'une métabolite secondaire. D'autant plus, ils peuvent modifier la perméabilité pour des cations tels que les protons (H⁺) et le potassium (K⁺). Et par conséquence, la dissipation des gradients ioniques conduit à une altération des processus essentiels dans la cellule et finalement à la mort cellulaire. En revanche, la dynamisation de l'écosystème ruminal par le biais des phytobiotiques a été niée d'après les constats des études scientifiques conduites dans ce sens [41, 42, 43, 44, 45, 46, 47].

2. Modulation de la dynamique nutritionnelle

En ce qui précède, nous avons parlé de l'effet des condiments et leurs divers dérivés sur la digestion et les fermentations dans le rumen et les paramètres qui les contrôlent. Tel qu'il a été discuté auparavant, la production des AGV (la principale source énergétique chez les ruminants [16] notamment celle de C₃ (le précurseur de la néoglucogénèse) augmente en présence des phytogéniques (voir 3.1),

ainsi que la diminution du rapport C_2/C_3 indiquant une optimisation du bioprocès des fermentations ruminales, ce qui résulte de l'amélioration de l'activité bactérienne. D'ailleurs, Norrapoke *et al.* [29] ainsi que Giannenas *et al.* [32], ont déjà dévoilé l'augmentation des bactéries cellulolytiques et amylolytiques sous l'effet de l'addition d'un complexe de phytobiotiques chez les brebis et les buffles ce qui aide à l'amélioration de la dégradation fibrolytique et glucidique.

Dans ce sens, plusieurs travaux ont été menés afin de quantifier l'effet de cette catégorie d'additifs sur la digestibilité des aliments chez les ruminants. El-Nor *et al.* [48], rapportent que l'utilisation de (200g/j) et de (50g/j) de cumin améliore significativement la digestibilité chez les buffles laitiers.

Ils constatent que le fenugrec (*Trigonella foenum graecum*) permet d'augmenter significativement (+13%) la digestibilité de la matière sèche (MS) aussi bien qu'il permette d'augmenter la digestibilité de la matière organique (MO) de l'ordre de 13% ($p < 0,05$), d'autant plus, la digestibilité fibrolytique a connue une hausse de +19% ($p < 0,05$) par rapport au témoin. De même, Kongmun *et al.* [31], évoquent que l'utilisation de la poudre de l'ail chez les ruminants est susceptible d'améliorer la digestibilité à environ +48% ($p < 0,05$). Ces constats sont consolidés par d'autres résultats plus récents [29, 49, 50, 51, 52, 53] affirmant l'effet positif des phytobiotiques sur la digestibilité des aliments. Autrement dit, la production du propionate requiert une biohydrogénation intense, ce phénomène est susceptible d'absorber des quantités appréciables d' H_2 résultant des fermentations, et du coup la méthanogénèse - perte énergétique d'environ 12% de l'énergie brute ingérée selon Doreau *et al.* [54] sera réduite par manque du substrat ainsi que par la diminution des microbes méthanogènes (voir 3.1). À ceci s'ajoute la réduction de la production du C_2 [20, 31, 34] générant une part colossale de pertes énergétiques par extra chaleurs, et à tout cela résulte un bilan énergétique positif de l'animal. D'ailleurs, l'étude *in-vitro* de Klevenhusen *et al.* [51], constitue une preuve bien visible de ça, elle révèle que l'utilisation de diallyl-disulfide (allicin : principe actif de l'ail) à l'ordre de 0,2% dans la ration des moutons améliore l'utilisation énergétique avec une augmentation de la rétention de l'énergie de près de 31% ($p > 0,05$).

une réduction remarquable des pertes énergétiques totales -11% ($p < 0,05$), sous forme d'extra chaleurs (-4%) et de méthanogénèse - 6% (numériquement), ce qui a été consolidé par l'étude de Pirmohammadi *et al.* [55], rapportant un effet notable de l'ajout de 7% d'ail cru dans la ration totale des chèvres laitières au péri-partum sur leur bilan énergétique, avec une augmentation significative de la glycémie (+30%) et une réduction numérique des corps cétoniques (-4%) et des acides gras libres (-30%) dans le sang par rapport au témoin. Bien que, d'autres études [23, 36, 56], dévoilent que l'addition de phytobiotiques n'avait aucun effet sur la digestibilité des aliments, d'autant plus que, et McGinn [42], Kouazoude *et al.* [57] ainsi que Sajadian *et al.* [58], indiquent qu'ils peuvent même être préjudiciables sur la digestibilité des aliments en la réduisant significativement. Cette contradiction de résultats peut s'expliquer selon Matloup *et al.* [51] par le type de la ration utilisée, la dose et la nature des phytobiotiques utilisés, et même aux conditions expérimentales. D'autre part, le bilan azoté des ruminants est également amélioré avec moins de pertes ammoniacales et plus de flux protéique vers l'intestin sous l'effet de condiments et leurs dérivés causant une amélioration de la protéosynthèse, et une optimisation de la protéolyse. En Outre, il a été estimé que la microflore ruminale contribue à la dégradation de 75% des protéines ingérées [59]. D'après Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal [18] et Ngamsaeng *et al.* [36], l'augmentation du flux protéique vers l'intestin peut s'expliquer par l'éventuelle présence des tannins dans les phytochimiques, ce qui protège les protéines alimentaires en composant un complexe indigeste dans le rumen sans modifier la protéosynthèse. Outre, les protéines bactériennes provenant de rumen à l'intestin fournissent à l'hôte une source incontournable en acides aminés pour la lactogénèse et la production de viande [16]. De ce fait, la diminution du nombre de protozoaires (voir 3.1) sous l'effet des phytobiotiques a un autre bénéfice sur le bilan protéique vu que ces derniers ont une activité bactériolytique [60, 61]. D'un autre côté, la réduction de l'ammoniogénèse résulte de la baisse de désamination des protéines suite à la diminution du nombre des protozoaires et des BHA dans le rumen en présence des condiments ou leurs dérivés,

ce qui évite à l'animal des pertes inéluctables en cas d'un surplus azoté en améliorant l'approvisionnement intestinal en protéines venant du rumen (voir 3.1). De même, Panthee *et al.* [47], révèlent dans leur étude que l'utilisation des feuilles de l'ail dans l'alimentation des ovins augmente l'ingestion ($p < 0,0001$), la digestion ($p < 0,005$) et l'absorption ($p < 0,001$) azotée avec 5%, 4% et 8% respectivement, bien qu'elle réduit son excrétion fécale de 6%. L'auteur explique ce résultat par l'amélioration de l'activité cellulolytique et protéolytique des bactéries dans le rumen. Ceci a été consolidé par le résultat de Chowdhury *et al.* [62], rapportant une amélioration significative du bilan azoté chez les chèvres additionnées de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), avec une amélioration du bilan azoté de près de +55% supporté par une augmentation de la rétention azotée d'environ +50% ($p < 0,001$) et une chute de l'azote urinaire de -54% dans le groupe expérimental par rapport au témoin. Ces constats supportent parfaitement les résultats antérieurs d'El-Nor *et al.* [48], qui constatent une amélioration de la digestibilité protéique de plus de 16%, 10% et 13% chez les buffles laitière additionnées avec 200g/jr de fenugrec, 50g/j de cumin et 50g/j de nigelle (*Nigella sativa*) respectivement.

LES PHYTOBIOTIQUES ET LE BIEN ÊTRE ANIMAL

L'effet bénéfique des herbes médicinales et leur dérivés sur la modulation immunitaire et le statut sanitaire des animaux a bien été décrit dans la littérature [5, 6, 63, 64, 65]. Kiczorowska *et al.* [66], passent en revue bibliographique l'effet immunomodulateur des phytobiotiques dans le domaine d'élevage. Ils explicitent que ces effets sont générés par les métabolites secondaires y contenues telles que la vitamine C, les caroténoïdes, et les flavonoïdes. D'ailleurs, dans une enquête de Mirani *et al.* [67], menée en Pakistan sur l'utilisation d'herbes et de plantes médicinales comme traitements médicaux chez les ovins et les caprins, il paraît que les Brassicacées, les Apiacées, les Solanacées, les Amaryllidacées sont les familles botaniques les plus utilisées dans l'éthnovétérinaire, bien que, *Brassica campestris* L. est l'herbe la plus utilisée, suivie par *Azadirachta indica* A. Juss. et *Plantago lanceolata* L.

Cette étude révèle que ces herbes médicinales sont utilisées pour remédier efficacement une large gamme de troubles et de maladies telles que les météorisations, mammites, endoparasites, ectoparasites, infertilité, problème de production laitière, diarrhées, rétentions placentaires, les boiteries, etc. D'autant plus, *Brassica campestris* L. a fréquemment été employée pour remédier les météorisations, la fièvre aphteuse et les myiases, cependant, *Azadirachta indica* A. Juss. est efficacement utilisée contre les endo- et les ecto-parasites, bien plus, *Plantago lanceolata* L. était efficace contre les diarrhées, *Phoenix dactylifera* L. a souvent été utilisée pour traiter l'infertilité, *Citrus limon* L. contre les mammites, *Cuminum cyminum* L. contre les problèmes de production laitière (galactagogue) et l'ail (*Allium sativum* L.) contre les rétentions placentaires.

De même, ceci a bien été consolidé par une enquête visant à quantifier l'ampleur des pratiques éthnovétérinaires en Inde menée par Meena *et al.* [68]. L'étude a révélée qu'une large gamme d'herbes et de plantes locales (curcuma, citronnier, margousier, moutarde, Ajowane, etc.) ont été employées pertinemment pour remédier les diarrhées, les météorisations, les endo- et les ecto-parasites, les mammites, les rétentions placentaires, la fièvre aphteuse et les boiteries.

Le dysfonctionnement immunitaire joue un rôle important dans le développement et l'évolution des maladies. L'immunomodulation est l'une des principaux objectifs dans l'élaboration des médicaments. Cependant, son coût élevé, sa toxicité anticipée et ses effets indésirables la rend indésirable. En l'occurrence, d'après Arreola *et al.* [63] et Al Sheyab *et al.* [69], cette opération peut être remplacée efficacement par l'emploi des phytobiotiques. De plus, Arreola *et al.* [63], ajoutent que l'ail, un phytobiotique très puissant, est un bon immunomodulateur. Il stimule la sécrétion de la cytokine et donc l'activation cellulaire, l'activité immunitaire et la synthèse des anticorps et la phagocytose. Patil *et al.* [70], passent en revue bibliographique qu'un traitement oral avec le cumin améliore l'expression des cellules lymphocytaires de type «T» impliquées dans la défense du corps chez les animaux immunodéprimés et même ceux normaux.

Il paraît qu'il stimule l'expression des cytokines chez les animaux immunodéprimés, il fait face à l'épuisement des lymphocytes «T», diminue le niveau de corticostérone et la taille des glandes surrénales, au même temps il augmente le poids du thymus et de la rate. À cet égard, Sarkar *et al.* [71], ont déjà essayé d'y confirmer ça par le biais d'un extrait alcoolique de l'ail sur l'incidence des endométrites et le stress chez les vaches.

Ils révèlent que l'infusion de cet extrait chez les vaches réduit remarquablement l'apparition des endométrites chez les vaches, ceci a été expliqué par la réduction de la charge bactérienne dans Mucus Cervico-Vaginale (MCV), la cause principale de cette maladie, en profitant de la propriété antibactérienne de l'ail, ainsi, ce traitement est susceptible d'améliorer le bien-être animal par l'atténuation du stress chez les animaux suite à l'augmentation d'environ +50% ($p < 0,05$) des hormones thyroïdiennes (T_3 et T_4) en plus de la chute du taux plasmatique du cortisol (hormone de stress). Ceci a été supporté par le résultat de Rajesh [72].

Cet auteur a testé des extraits hydro-alcooliques de l'ashwaganda (*Withania somnifera*)-une plante de la famille des Solanacées- (groupe A), de l'ail (groupe B), et de curcuma (groupe C) ainsi qu'une combinaison entre les trois extraits comme des immunomodulateurs chez des vaches déjà infectées. Les extraits ont été administrés par voie intra-utérine.

Les résultats révèlent que les endométrites sont inhibées notablement sous l'effet des phyto-géniques.

La charge bactérienne dans la MCV diminue significativement sous l'effet antibactérien de ces phytobiotiques entre le statut pré- et post-traitement, soit des différences de -95%, -98%, -97% et -99% dans les quatre groupes expérimentaux respectivement en comparaison avec une chute d'environ -3% dans un groupe de vaches témoins.

À ceci s'ajoute l'augmentation de cellules de défense immunitaire : lymphocytes soit +58%, +61%, +56% et +78% de différence dans le sang des quatre groupes expérimentaux contre +5% dans le témoin entre le pré- et le post-traitement ; Leucocytes dans le liquide utérin : +544%, +585%, +548% et +575% dans les groupes expérimentaux respectivement comparativement avec +18% de différence entre le pré- et le post-traitement dans le groupe témoin ; Polymorphonucléaires dans le liquide

utérin : soit +38%, +65,5%, +74,5% et +75% de différence entre les traitements comparativement avec une diminution de -4% dans le groupe témoin.

En outre, la concentration des immunoglobulines dans le liquide utérin a également connu une augmentation assez remarquable dans les groupes expérimentaux en post-traitement, soit des différences de +39%, +32%, +49%, +43% dans les groupes expérimentaux respectivement comparativement avec une augmentation de +2% dans le témoin. Également, ceci a été consolidé par l'étude de Kumar *et al.* [73], menant une étude pareille à celle de Rajesh [72] en utilisant deux extraits (hydro-alcoolique et hydro-cétonique) du margousier (*Azadirachta indica*) comme immunomodulateur chez les vaches infectées de l'endométrite, ils rapportent la même cinétique des affections endométrites en présence du margousier rapportée par Rajesh [72], ils révèlent que cette herbe est susceptible de stimuler la réponse immunitaire de l'organisme contre cette maladie, avec un effet antibactérien qui réduit sensiblement la charge bactérienne dans la MCV. Chez les nouveau-nés, les plantes médicinales gardent également leur propriété immunomodulatrice. Shokrollahi *et al.* [73], ont testé cet effet sur les chevreaux nouveau-nés en utilisant un extrait aqueux de l'ail ajouté dans le lait à l'ordre suivant : groupe 1, 62,5 ; groupe 2, 125 (mg/kg PV/jour). L'étude révèle que l'addition de l'extrait de l'ail améliore considérablement l'immunité des chevreaux, avec une augmentation significative des cellules de défense dans le sang, soit une différence de +10%, +13,2% pour les lymphocytes les deux groupes expérimentaux respectivement et les leucocytes avec +32% dans le deuxième groupes expérimental comparativement au témoin. Par ailleurs, dans une étude *in-vivo* de Shokrollahi *et al.* [65], menée afin de visualiser l'effet de l'addition (100, 200mg/kg PV/jour) de l'extrait aqueux du romarin dans le lait de chevreaux nouveau-nés. Les résultats dévoilent que l'ajout du romarin dans le lait des chevreaux a considérablement améliorer leur immunité par l'augmentation du nombre de leucocytes impliquées intensément dans la défense de l'organisme de près de 23% et +42 % ($p < 0,001$) respectivement par rapport au témoin. La phyto-hématoglutinin (PHA)ⁱ,

Dans cette étude, l'injection de l'extrait du romarin provoque une meilleure réponse immunitaire suite à l'augmentation de l'épaisseur de la peau de +11% et +15% dans le site d'injection de la PHA dans les groupes expérimentaux en comparaison avec le témoin. D'un autre côté, les parasites intestinaux notamment les nématodes et les cestodes sont présents chez tous les animaux. Ils se propagent aisément et d'une façon très rapide chez les animaux en pâturage par différents vecteurs, en particulier les fèces d'animaux infectés. Ils causent des pertes économiques colossales, par des répercussions sur les performances zootechniques des animaux et le coût élevé des médicaments généralement chimiques, synthétiques, sélectifs et non écologiques, d'autant plus qu'ils s'expirent dans le temps par le développement de la résistance aux antiparasitaires [75, 76]. En l'occurrence, les plantes médicinales et leurs dérivés peuvent servir comme un additif antiparasitaire assez efficace, naturel, et bon marché, bien qu'elles nécessitent toujours une période d'exposition plus longue que celle des composés chimiques pour une meilleure efficacité d'après Mehlhorn *et al.* [76]. Pour tester l'effet antiparasitaire des phytobiotiques chez les ruminants, nombreuses études ont été menées. Oliveira *et al.* [77], ont essayé de tester l'effet antiparasitaire du cocotier (*Cocos nucifera*) in-vivo chez les moutons additionnés de 400mg/kg de cet extrait. Les résultats révèlent que cet extrait est tellement efficace contre le parasite de l'espèce *Haemonchus contortus*, d'ailleurs, l'éclosion des œufs était nulle, en plus, le développement larvaire était inhibé d'environ 99,77% chez les moutons ayant subi la phytothérapie, par rapport à ceux du témoin où ces paramètres n'ont pas changé d'allure durant la même période que les traitements. Par ailleurs, Abdel-Ghaffaret *et al.* [78], confirment ces constats. En testant in-vitro l'effet antiparasitaire du chloroforme et de l'extrait aqueux et éthylique de cocotier, oignon (*Allium cepa*), ail, figue (*Ficus carica*), dattier (*Phoenix dactylifera*), chicorée (*Cichorium sp.*), ananas (*Ananas comosus*) et citronnier (*Citrus limon*) contre les cestodes (*Hymenolepis diminuta*, *H. microstoma*, *Taeniataenia eformis*), trematodes (*Fasciola hepatica*, *Echinostoma caproni*). Tous les tests montrent que toutes les cibles ont été éliminées après les traitements.

Ceci a été supporté par le résultat de Masamha *et al.* [75], qui ont utilisé le jus de l'ail cru dilué à (20, 40, 60, 80%) dans l'eau d'abreuvement des brebis en y indiquant une élimination d'environ -95,6%, -62,3%, -96,8% et -97,33% des strongles ainsi qu'une diminution d'environ -50,7%, -100%, -93,3%, 97,3% pour les trichostrongles dans les fèces respectivement. De plus, Mehlhorn *et al.* [76], rapportent des résultats similaires de l'effet de l'addition de la poudre de noix de coco et de l'oignon chez les moutons infectés de parasites helminthiques du genre *Toxocara*, *Nematodirus*, *Trichostrongylus*, *Haemonchus*, *Trichuris* et/ou *Moniezia*. L'ajout de 60g de ces poudres avec la poudre de lait dans l'alimentation de ces moutons ou diluées dans le lait a permis d'éliminer totalement les parasites dans leur matière fécale. Ultérieurement, Le-Scourance *et al.* [79], rapportent que l'utilisation d'un produit commercial à base d'extraits de plantes médicinales a permis de réduire significativement le nombre d'oocytes de coccidies dans les fèces d'agneaux (-62,6%) après avoir reçu le traitement par rapport aux agneaux non traités où le nombre d'oocytes n'a pas vraiment changé, de même, Akouri *et al.* [80], ont également trouvé une diminution d'environ -21% ($p < 0,05$) du nombre d'oocytes de coccidies dans les fèces des chèvres déjà infectées traitées avec une solution d'eau additionnée de 250mg de *Sida cordi folia*.

EFFET DES PHYTOBIOTIQUES SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

1. Effet sur les paramètres de croissance

Les phytobiotiques constituent une nouvelle gamme d'additifs promoteurs de croissance potentiels. Ces dernières années, ils attirent de plus en plus l'attention dans l'industrie des aliments de bétail [4]. Tels qu'il a été déjà discuté auparavant (voir les titres : 3.1 et 4), par le biais de leurs composantes bioactives, ils interfèrent dans l'amélioration du bien être de l'animal en réduisant l'incidence des maladies métaboliques et nutritionnelles ainsi qu'ils éliminent les microbes indésirables du tractus digestif, ils améliorent la nutrition de l'animal par le renforcement de l'interaction entre la microflore digestive et son hôte ce qui augmente la digestibilité des aliments et la biodisponibilité des nutriments ainsi que leur absorption à travers les différents segments du tube digestif, par conséquent, ceci aide les animaux à mieux croître et se développer pour atteindre leur capacités génétiques.

Chez l'ovin, Chaves *et al.* [43], trouvent que l'utilisation de cinnamaldehyde et l'huile essentielle de la baie de genévrier (*Juniperus sp.*) à raison de (200mg/kg de MS) dans l'alimentation des agneaux en croissance améliore leurs performances de croissance.

Ils révèlent que le gain moyen quotidien (GMQ) est significativement plus élevé (+15%, +17%) dans les deux chez les animaux recevant les additifs respectivement en comparaison avec ceux du témoin, bien que la matière sèche volontairement ingérée (MSVI) n'a pas été modifiée, et que l'indice de consommation (IC) s'est numériquement amélioré (-9,4% ; -11,3%) dans les groupes expérimentaux respectivement par rapport au témoin.

De même, EL-Ghousein [81], rapporte également une amélioration des performances de croissance des agneaux nés de mères additionnées de fleurs de camomille (*Chamaemelum nobile*) et des grains de nigelle à raison de (2g/tête/jr). Ils évoquent que le poids à la naissance ne diffère pas entre les groupes, bien que le GMQ est plus élevé chez les agneaux des mères supplémentés, soit une différence significative de +40% par rapport aux agneaux des mères non-supplémentées, et que le poids au sevrage est également meilleur chez ceux descendants des mères supplémentées avec une différence significative de l'ordre de +29% en comparaison avec ceux du témoin, ceci est expliqué par l'amélioration de la qualité du lait des mères supplémentées surtout en matières protéiques.

En outre, Jami *et al.* [82], constatent que l'ajout de cumin dans l'alimentation des agneaux en croissance à raison de (7 et 14 % de la ration de base) améliore leur croissance.

Les chiffres indiquent que le GMQ est significativement meilleur dans les deux groupes expérimentaux avec une différence de +14% et +10% chez les agneaux recevant 7 et 14% de cumin respectivement par rapport au témoin. L'IC a également été meilleur chez les animaux expérimentaux avec une diminution de -7,5 par rapport à ceux du groupe témoin. Par opposition, Smeti *et al.* [83], Bircik *et al.* [84] et d'El-Katcha *et al.* [85] rapportent des effets négligeables des phytobiotiques sur ce genre de paramètres.

Chez le caprin, Shokrollahi *et al.* [65], rapportent que la supplémentation du lait des chevreaux avec l'extrait aqueux de l'ail (250 mg/kg du poids vif) durant 42 jours améliore considérablement leur croissance. Ils révèlent que le GMQ est numériquement plus élevé dans le groupe expérimental bien que la différence soit significative en dernière semaine (+132%) plus élevé par rapport au témoin.

Ils indiquent également que le gain total du poids est globalement meilleur dans le groupe expérimental avec une différence +71% ($p < 0,01$) par rapport aux agneaux du groupe témoin. Récemment, Okali-Usur [86] trouve un résultat concordant, il révèle que l'ajout de l'argile (3%) et de thym (3%) ainsi que leur combinaison (1,5% ail et 1,5% thym) chez les chèvres en croissance améliore significativement la MSVI de +20%, +37% et +42% respectivement par rapport à d'autres qui n'ont pas reçu d'additifs. Aussi, le GMQ a également connu une amélioration aussi significative avec des différences de +20%, +25% et +36% respectivement par rapport au témoin, alors que d'autres résultats [24, 87, 80] nient cet effet.

Chez le bovin, dans une étude *in-vivo* de Soltan *et al.* [19], menée sur des vaches laitières supplémentées avec un complexe d'huiles essentielles et de composés bioactifs (huile d'eucalyptus : *Eucalyptus globulus* et cristaux de menthole -huile essentielle de menthe-)

à des doses croissantes (16, 32mg/l de l'eau d'abreuvement), entraîne une amélioration des paramètres de croissance par rapport aux vaches non supplémentées. La MSVI s'est numériquement chutée (-0,7kg/jr) dans les groupes expérimentaux comparativement au témoin, le GMQ est supérieur de +74% et +52% ($p < 0,05$) chez les vaches recevant 16 et 32mg d'additif respectivement par rapport au témoin ce qui indique une amélioration de l'IC. Également, le poids final des vaches supplémentées a connu une augmentation ($p < 0,05$) d'environ 12kg et 10kg respectivement en comparaison avec celles non supplémentées. Les auteurs explicitent dans une revue bibliographique qu'en période de bilan énergétique positif (fin de lactation ou les vaches tarées), la supplémentation peut améliorer la disponibilité énergétique à l'organisme par unité de fourrage consommé (Mcal/jr), ce qui en résulte, une diminution de la MSVI.

Par contre, quand la vache sera en bilan négatif (début de lactation) l'énergie supplémentaire permise par l'ajout des huiles essentielles sera utilisée pour améliorer les performances et réduire la lipolyse.

De même, l'utilisation de l'extrait de l'ail à (250mg/kg poids vif (PV)) chez les veaux, a significativement amélioré leur croissance (Ghosh *et al.* [88]). Cette addition a permis une augmentation de GMQ de l'ordre de +44% ($p < 0,01$), une hausse ($p < 0,01$) de la MS ingérée quotidiennement (+12,4%) et une baisse de l'IC d'environ -56% ($p < 0,01$) chez les veaux recevant l'additif comparativement avec ceux du groupe témoin. Ceci est attribué selon ces auteurs l'amélioration de la santé entérique de l'animal par le biais de l'activité antimicrobienne de l'ail, mais également à l'équilibre de la microflore digestive, à l'amélioration de la fonction hépatique contre les intoxications, à la stimulation de l'activité pancréatique et les enzymes y élaborées (lipase et amylase), à l'effet antioxydant protecteur contre l'apparition et la progression des maladies, à la réduction de la profondeur des cryptes intestinales au niveau de l'iléon incitant une meilleure assimilation de nutriments, et par conséquence une meilleure utilisation digestive aussi bien qu'une meilleure croissance des animaux.

2. Effet sur la production

La production laitière (PL) dépend à 25% de la génétique de l'animal et, à 75% des facteurs environnementaux principalement l'alimentation [89, 90, 91]. De ce fait, l'utilisation de phytobiotiques peut influencer la quantité et la qualité du lait produite par les animaux. Cet effet est bien discuté dans la littérature.

Chez les vaches laitières, Soltan *et al.* [19], trouvent que l'utilisation d'un complexe d'huiles essentielles (menthe, eucalyptus, et des cristaux de menthol) à raison de 32mg/l de l'eau d'abreuvement des vaches de la race Holstein améliore significativement le taux protéique (TP) avec une augmentation d'environ +5% par rapport au témoin. Ceci a été consolidé par le résultat de Bhatt *et al.* [92], qui constatent également l'augmentation de niveau de la PL avec +52% et +20% chez des vaches laitières supplémentées avec deux types de phytogéniques commerciaux respectivement (Ruchamax à une dose de 30 g par jour et Payapro à raison de 4 tablettes par jour) en comparaison avec d'autres d'un groupe témoin.

Bien que la différence n'est pas significative statistiquement. Également, Reza-Yazdi *et al.* [93], rapportent le même effet d'un complexe d'huiles essentielles de (coriandre, menthe, cumin, citronnelle avec le cinnamaldehyde et l'eugénol) chez les vaches laitières.

De même, Ghafari *et al.* [94], explicitent que l'ajout des grains de cumin (200g/jr) dans la ration des vaches laitières de la race Holstein améliore significativement la PL quantitativement et qualitativement. Ils rapportent que les vaches supplémentées avaient un niveau de production plus élevé avec une différence de +15% ($p < 0,05$), dont le lait est plus riche en protéines +15% ($p < 0,05$), en lactose +15% et +15% ($p < 0,05$) en solides non gras comparativement aux vaches qui n'ont pas reçu l'additif. Les auteurs disent que ceci est permis par l'augmentation de l'ingestion chez les vaches supplémentées. Par ailleurs, d'autres résultats [20, 56, 95, 96] contredisent ce qui a été discuté, les auteurs indiquent que l'utilisation des plantes médicinales et leur dérivés n'affectent ni la quantité ni la qualité du lait chez les vaches laitières.

Chez les brebis, EL-Ghousein [81], dévoile que l'ajout de 10g/jr des fleurs de camomille ou de nigelle améliore la qualité et la quantité du lait produite par des brebis en phase d'allaitement. Il rapporte que la quantité du lait a connu une augmentation significative avec une différence de +92% et +37% en présence de ces deux additifs respectivement en comparaison avec des brebis qui non pas reçues d'additifs.

En outre, la qualité du lait a aussi été améliorée, le TP et le taux des minéraux sont plus élevés +13% et +11% ($p < 0,05$) respectivement dans les deux groupes expérimentaux par rapport à un groupe témoin. L'auteur explique ces résultats par l'effet galactogène du nigelle et vasodilatateur de la camomille, permettant d'augmenter le flux sanguin arrivant dans la mamelle ce qui couvre les besoins en éléments nutritifs nécessaires pour optimiser sa fonction. Ceci est similaire au résultat de Chiofalo *et al.* [97], menant une expérimentation sur l'effet de l'ajout de l'extrait de romarin (1200mg/tête/jr) chez les brebis où il s'est avéré que le niveau de production laitière est significativement plus élevé chez les brebis supplémentées (+10%) par rapport à celles non supplémentées.

La qualité du lait, paraît également être significativement affectée par cet additif dont le TP a connu une amélioration d'environ +7%, +8% pour la teneur en caséines, +9% pour la MG et +15% pour la teneur en lactose. Les auteurs expliquent que l'amélioration de la quantité et la qualité du lait dans cette étude est vraisemblablement attribuée à l'optimisation du métabolisme sous l'effet de composés phénoliques du romarin qui peut résulter de l'amélioration des fermentations ruminales, de l'amélioration de flux protéique vers l'intestin ou bien de la modulation de la microflore intestinale. De plus, ces résultats ont bien été consolidés par d'autres études plus récentes notamment celles de Giannenas *et al.* [32] et d'Eryan-Ibrhim [98].

Chez les chèvres, l'ajout de phytobiotiques a également son effet sur la production laitière. Miri *et al.* [99], rapportent une amélioration significative de la quantité du lait produite par les chèvres (+13%) supplémentées avec (1,27% MSI) de l'extrait méthanolique de cumin en comparaison avec d'autres qui n'ont pas reçues. Selon les auteurs, cette amélioration est attribuée au pouvoir galactogène du cumin ce qui augmente la PL par la stimulation de la sécrétion hormonale dans la mamelle. Également, ils rapportent une amélioration significative des traits qualitatifs du lait, avec une hausse d'environ (+16%) pour la teneur en MG et en lactose, (+18%) pour la MS non grasse, +2% et +22% en acides gras mono-insaturés (MUFA) et polyinsaturés (PUFA) respectivement, et +20% ($p < 0,0001$) pour l'acide linoléique conjugué (CLA), ainsi qu'une chute considérable ($p < 0,0001$) d'environ (-2%) de la teneur en acide gras saturé (SFA) ce qui engendre un ratio (PUFA/SFA) .Plus élevé de +23% en comparaison avec le témoin. De même, Kholif *et al.* [28], trouvent que la PL augmente de près de 11% et 15% chez des chèvres recevant les feuilles secs de citronnelle (*Cymbopogon citratus*) et du romarin (10g/tête/jr) dans le concentré par rapport à d'autres non supplémentées.

De plus, la qualité du lait s'est améliorée à son tour en présence de ces additifs, avec une hausse ($p < 0,05$) de +4% et +7% pour la teneur en MG dans les deux groupes expérimentaux, +4% ($p < 0,05$) pour la teneur en lactose, en minéraux et en énergie dans les deux groupes expérimentaux, ainsi que près de 10% et de +15% ($p < 0,05$) pour la teneur en MUFA et en CLA dans les deux groupes supplémentés

respectivement, +5% et +11% ($p < 0,05$) pour les PUFA chez les chèvres recevant la citronnelle et le romarin respectivement et +12% et +15% ($p < 0,05$) pour le ratio acides gras insaturés (UFA/SFA) en comparaison avec le témoin. Les auteurs explicitent que l'augmentation de rendement laitier des chèvres supplémentées est attribuée à l'augmentation de la concentration de lactose dans le lait suite à l'amélioration de leur digestibilité. Ces constats ont été également consolidés par une étude récente de Morsy *et al.* [25], révélant l'effet bénéfique des grains de cumin et de moutarde (*sinapis sp.*) sur la production laitière chez les chèvres.

En outre, la qualité du lait dépend largement de l'alimentation. Morsy *et al.* [25], Kholif *et al.* [28] et Miri *et al.* [99], attribuent les changements de la PL et du profil laitier chez les animaux à l'amélioration de la digestibilité. Selon eux, l'augmentation de la production laitière est vraisemblablement dû

à : (i) l'amélioration de la digestibilité chez les animaux supplémentées, sachant que ceci explique à son tour l'amélioration de la teneur en MG suite à l'augmentation de la digestion fibrolytique et de l'acétogénèse et en lactose (reconnu comme galactogène) suite à l'augmentation de la production de propionate (le précurseur de la néoglucogénèse et la synthèse de lactose) dans le rumen ; (ii) l'effet galactagogue des métabolites secondaires. Par ailleurs, ces auteurs s'accordent à dire que le changement du profil laitier en acides gras est dû à l'effet inhibiteur des métabolites secondaires sur la biohydrogénation dans le rumen ce qui augmente l'accumulation des UFA et de CLA dans le lait et la réduction de sa teneur en SFA. Ce changement est d'autant bénéfique sur la santé des consommateurs tant que les UFA sont impliqués dans la biorégulation cellulaire et dans la stimulation du système immunitaire, aussi bien que l'augmentation des CLA permet de prévenir les problèmes cardiovasculaires, alors que les SFA sont connus pour augmenter la cholestérolémie et de provoquer les problèmes cardiovasculaires chez l'homme.

3. Effet sur la reproduction

Dans la littérature, nous avons constaté un manque d'informations relatives à l'effet des

phytobiotiques sur les performances de reproduction des animaux. En fait, nous pouvons dire qu'ils peuvent exercer des effets indirects sur la fonction reproductive à travers la promotion du statut nutritionnel des animaux, en améliorant leur efficacité alimentaire, et en rétablissant leur équilibre nutritionnel en leur évitant les excès et les carences protéiques et énergétiques qui sont susceptibles de nuire sur la fonction reproductive des animaux [11, 100, 101, 102, 103, 104, 105].

Or, les phytobiotiques peuvent induire d'autres effets sur la reproduction par le biais des phytoestrogènes qui sont des composés polyphénoliques dérivés de plantes, non stéroïdiens, structurellement ou fonctionnellement similaires aux œstrogènes tels que les coumarines et les isoflavones. Ces composés exercent généralement des effets œstrogéniques sur le système nerveux central et sur le système reproducteur, induisant l'œstrus et stimulant la croissance du tractus génital et des glandes mammaires des femelles, en fait, à de nombreux niveaux, allant du niveau hypothalamo-hypophysaire aux niveaux locaux de l'ovaire et de l'utérus, en passant par le testicule et la glande prostatique, par le biais de nombreux mécanismes [106, 107].

LA RÉPERCUSSION ÉCOLOGIQUE DES PHYTOBIOTIQUES

Le développement de l'élevage constitue un débat axé sur sa contribution aux changements climatiques et la protection de l'environnement. La méthanogénèse est une voie métabolique consistant à éliminer l'hydrogène libéré lors des fermentations ruminales [103, 108, 109, 100]. Par cette voie, les ruminants produisent des quantités énormes de CH₄ qui est un gaz à effet de serre (près de 33% des émissions mondiales de ce gaz) contribuant d'une manière assez considérable au réchauffement de la planète en émettant 4% des GES totaux (FAO, 2010, cité par Cobellis *et al.* [23]; Shokrollahi *et al.* [65]). Le métabolisme azoté dans le rumen est une autre source d'inquiétude pour les écologistes. Une insuffisance de rétention azotée par la microflore ruminale est compensée en termes de production en fournissant une quantité excessive de protéines alimentaires à l'animal afin d'atteindre les niveaux de production requis.

Ce processus conduit directement à l'excrétion de déchets riches en azote à pouvoir polluant important atteignant les eaux souterraines et de surface avec les nitrates et l'acidification des pluies suite à l'émanation d'ammoniac [103, 111, 112, 113].

Pour réguler cette contrainte, plusieurs stratégies ont été suggérées par les nutritionnistes afin d'atténuer la méthanogénèse et l'ammoniogénèse dans le rumen sans nuire aux performances des animaux. Parmi les stratégies prometteuses et éco-responsables, figure les phytobiotiques. Tels qu'il a déjà été discuté (voir le titre 3.1) les plantes aromatiques et leur métabolites secondaires ont un pouvoir antimicrobien qui leur permet de moduler la structure de la microflore du rumen, notamment contre les bactéries (*archées*) et les protozoaires (*holotriches*) méthanogènes ainsi que les BHA ce qui permet d'y atténuer les bioprocès fermentaires redoutables [23]. Dans ce sens, plusieurs études ont été conduites afin de tester l'efficacité des phytobiotiques pour réduire l'impact environnemental de l'élevage des ruminants. Kongmun *et al.* [31], trouvent une atténuation de la méthanogénèse et de l'ammoniogénèse d'environ -22% ($p < 0,001$) et -5% ($p < 0,05$) respectivement dans un teste in-vitro en utilisant la poudre de l'ail en comparaison avec un milieu de culture témoin ce qui permet de réduire les pertes énergétiques sous forme de CH₄ et azotées sous formes d'urée. À leur tour, Cobellis *et al.* [23], rapportent également un effet similaire d'un essai in-vitro de 2g/l de l'huile essentielle de l'origan et de romarin sur la réduction de la méthanogénèse : -70% et -9% ($p < 0,01$) respectivement, et de l'ammoniogénèse : -78% et -70% ($p < 0,001$) respectivement par rapport à un milieu de culture témoin. Bien que l'émission de CO₂ a également connu une chute assez remarquable -77% ($p < 0,001$) comparativement à un milieu témoin. Ceci supporte le résultat de Norrapoke *et al.* [29], menant un essai in-vivo sur l'utilisation de la poudre de mangouste qui a réduit la méthanogénèse de -11% ($p < 0,05$) par rapport à un témoin chez les buffles, et le résultat de Galindo *et al.* [27], rapportant l'atténuation de l'ammoniogénèse d'environ -42% ($p < 0,05$) chez des moutons recevant 12% (MS de concentré) de l'huile essentielle de noix de coco.

D'autant plus, tous ses constats ont été consolidés par d'autres études récentes [20, 24, 25].

CONCLUSION

De ce qui précède, il s'avère que les phytobiotiques peuvent être une bonne alternative aux antibiotiques. Ils ont prouvés leurs utilité dans la modulation des fermentations ruminales au profit de l'animal avec la promotion de son utilisation alimentaire et l'amélioration de son bien être ce qui leur permet une meilleur extériorisation de ses capacités génétiques. En outre, leur utilisation semble être très efficace pour se diriger vers des élevages éco-responsables avec moins de gaz à effet de serre et moins de rejets polluants. À cet effet, il est préférable de s'orienter vers les phytobiotiques comme additifs alimentaires pour les ruminants, bien que d'autres études soient privilégiées pour fixer les doses optimales à employer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Molina M. P., Molle G., Ligios S., Ruda G. & Casu S. (1991). Evolution de la note d'état corporel des brebis de race Sarde dans différents systèmes d'élevage et relation avec la production laitière. *Options Méditerranéennes, Série Séminaires*, (13): 97-102.
- [2]. Bourgoin M-A, Graza G., Philippe G. & Souchet S. (2017). Étude des propriétés antimicrobiennes de l'extrait de l'ail (*Allium sativum* L.), 1-5.
- [3]. Rochfort S., Anthony J.P. & Frank R.D. (2008). Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, 69(2): 299-322.
- [4]. Hashemi S.R. & Davoodi H. (2010). Phytochemicals as new class of feed additive in poultry industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(17): 2295-2304.
- [5]. Zeweil H.S., Zahran S.M., Ahmed M.H. & El-Gindy Y.M. (2016). Effect of organic selenium and ginger supplementation of a diet enriched with linseed oil on performance, carcass, blood lipid profile, with its traits in the meat and antioxidant property of growing rabbits. *Egyptian Poultry Science Journal*, 36(4) : 1147-1161
- [6]. Alloui M.N. (2011). Les phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques promoteurs de croissance dans l'aliment des volailles. *Livestock Research for Rural Development*, 23(6), Article 133.
- [7]. Odoemelam V.U., Etuk I.F., Ndelekwute E.K., Iwuji T.C. & Ekwe T. (2013). Herbs and spices: Options for sustainable animal production. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 3(7): 116-124.
- [8]. Tajkarimi M.M., Salam A.I & Cliver D.O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9): 1199-1218.
- [9]. Omontese B.O., Adewuyi A.B., Rekwot P.I., Nwannenna A.I. & Rwuuan J.S. (2017). Effet de l'acide ascorbique sur le taux de fécondation des brebis Yankasa après synchronisation de l'œstrus. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, 70(1): 9-12.
- [10]. Oh J., Wall E.H., Bravo D.M. & Hristov A.N. (2017). Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants: a review. *Journal of Dairy Science*, 100 (7): 5974-5983.
- [11]. Bakshi M.P.S. & Wadhwa M. (2012). Herbal feed additives—role in animal nutrition. *Animal nutrition—advances and developments. Satish Serial Publishing House, New Delhi* : 707-733.
- [12]. Cowan M.M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4): 564-582.
- [13]. Kamra D.N., Neeta A. & Chaudhary L.C. (2006). Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. *International Congress Series.*, 1293.
- [14]. Meale S.J., McAllister T.A., Beauchemin K.A., Harstad O.M. & Chaves A.V. (2012). Strategies to reduce greenhouse gases from ruminant livestock. *Acta Agriculturae Scandinavica: Section A—Animal Science*, 62(4): 199-211.
- [15]. Peterson S.L. (2012). *Ruminant mineral feed additive*. U.S. Patent No. 8,257,764. 4 Sep.
- [16]. Mahfuzul I & Sang-Suk L. (2019). Advanced estimation and mitigation strategies: a cumulative approach to enteric methane abatement from ruminants. *J Anim Sci Technol*, 61(3):122-137
- [17]. Patra A.K. (2011). Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. *Asian Journal of Animam and Veterinary Advances*, 6: 416-428.
- [18]. Bayourthe C. & Ali-Haimoud-Lekhal D. (2014). Les extraits de plantes chez le ruminant: Effets sur les fermentations dans le rumen et la qualité lipidique des produits animaux. *INRA Productions Animales*, 27(4): 317-328.
- [19]. Soltan M.A.E., Shewita R.S. & Al-Sultan S.I. (2009). Influence of essential oils supplementation on digestion, rumen fermentation, rumen microbial populations and productive performance of dairy cows. *Asian J. Anim. Sci.*, 3(1) 1-12.
- [20]. Blanch M., Carro M. D., Ranilla M. J., Viso A., Vazquez-Anon M. & Bach A. (2016). Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 219: 313-323.
- [21]. Ando S., Nishida T., Ishida M., Hosoda K. & Bayaru E. (2003). Effect of peppermint feeding on the digestibility, ruminal fermentation and protozoa. *Livestock Production Science*, 82(2-3): 245-248.
- [22]. Anassori E., Dalir-Naghadeh B., Pirmohammadi R., Taghizadeh A., Asri-Rezaei S., Maham M., Farahmand-Azar S. & Farhoomand P. (2011). Garlic: A potential alternative for monensin as a rumen modifier. *Livestock Science*, 142(1-3): 276-287.

- [23]. Cobellis G., Acuti G., Forte C., Menghini L., De Vincenzi S., Orrù M., Valiani A., Pacetti D. & Tralbalza-Marinucci M. (2015). Use of *Rosmarinus officinalis* in sheep diet formulations: Effects on ruminal fermentation, microbial numbers and in situ degradability. *Small Ruminant Research*, 126: 10-18.
- [24]. Ikyume T.T., Sowande O.S., Dele P.A., Yusuf A.O., Monday S., Egunjobi O.K. & Fatoba O. (2017). Effect of varying levels of garlic (*Allium sativum*) powder on growth, apparent nutrient digestibility, rumen ecology, blood profile and cost analysis of feeding West African Dwarf goats. *Malaysian Journal of Animal Science*, 20(2): 61-74.
- [25]. Morsy T. A., Kholif A.E., Matloup O.H., Elella A.A., Anele U.Y. & Caton J.S. (2018). Mustard and cumin seeds improve feed utilisation, milk production and milk fatty acids of Damascus goats. *Journal of Dairy Research*, 85(2): 142-151.
- [26]. Sahraei M., Rasoul P. & Sina P. (2014). The effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil on digestibility, ruminal fermentation and blood metabolites of Ghezel sheep fed barley-based diets. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(2): 448-454.
- [27]. Galindo J., González N., Delgado D., González R., Sosa A., Marrero Y., Aldana A.I, Moreira O., Cairo J., Torres V. & Sarduy L. (2016). Effect of a regulator product of the fermentation with coconut oil on the methanogenic population and other microbial of the sheep rumen Pelibuey. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(4):365-369
- [28]. Kholif A.E., Matloup O.H., Morsy T.A., Abdo M.M., Elella A.A., Anele U.Y. & Swanson K.C. (2017). Rosemary and lemongrass herbs as phytogetic feed additives to improve efficient feed utilization, manipulate rumen fermentation and elevate milk production of Damascus goats. *Livestock science*, 204: 39-46.
- [29]. Norrapoke T., Wanapat M., Wanapat S. & Foiklang S. (2014). Effect of *Centella asiatica* powder (CAP) and *Mangosteen peel* powder (MPP) on rumen fermentation and microbial population in swamp buffaloes. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 24(2): 435-444.
- [30]. Dong G. Z., Wang X. J., Liu Z. B. & Wang F. (2010). Effects of phytogetic products on in vitro rumen fermentation and methane emission in goats. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 663: 127.
- [31]. Kongmun P., Wanapat M., Pakdee P. & Navanukraw C. (2010). Effect of coconut oil and garlic powder on in vitro fermentation using gas production technique. *Livestock Science*, 127(1): 38-44.
- [32]. Giannenas I., Skoufos J., Giannakopoulos C., Wiemann M., Gortzi O., Lalas S. & Kyriazakis I. (2011). Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 94(11): 5569-5577.
- [33]. Ok J.U., Baek Y.C., Kim K.H., Lee S.C., Seol Y.J., Lee K.Y. & Oh Y.K. (2011). Effects of saponin contained plant extracts on ruminal fermentation characteristics and methane production. *Journal of Animal Science and Technology*, 53(2): 147-154.
- [34]. Patra A.K. & Yu Z. (2015). Effects of adaptation of in vitro rumen culture to garlic oil, nitrate, and saponin and their combinations on methanogenesis, fermentation, and abundances and diversity of microbial populations. *Frontiers in microbiology*, 6: 1434. doi:10.3389/fmicb.2015.01434
- [35]. Nurdin E. & Arief A. (2009). The effectiveness of cumin as natural antioxidant to improve rumen ecology of mastitis dairy cow's. *Animal Production*, 11 (3) 160-164.
- [36]. Ngamsaeng A., Wanapat M. & Khampa S. (2006). Effects of mangosteen peel (*Garcinia mangostana*) supplementation on rumen ecology, microbial protein synthesis, digestibility and voluntary feed intake in cattle. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5(5): 445-452.
- [37]. Kilic Ü. & Boga M. (2017). The effects of some essential oils on in vitro gas production of different feedstuffs. *International Journal of Advances in Agriculture Sciences*, 2 (9):01-08.
- [38]. Ultee A., Kets A.P.W & Smid E.J. (1999). Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied Environmental Microbiology*, 65(10): 4606-4610.
- [39]. Bowie E.A. (2014). Alternative treatments for *Haemonchus Contortus* in sheep: Testing of a natural dewormer and literature review of management methods. Thèse : Sciences Vétérinaires, 38p.
- [40]. Feldberg R.S., Chang S.C., Kotik A.N., Nadler M., Neuwirth Z., Sundstrom D.C. & Thompson N.H.(1988). In vitro mechanism of inhibition of bacterial cell growth by allicin. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 32(12): 1763-1768.
- [41]. Newbold C.J., McIntosh F.M., Williams P., Losa R. & Wallace R.J. (2004). Effects of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4): 105-112.
- [42]. Beauchemin K.A. & McGinn S.M. (2006). Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *Journal of Animal Science*, 84(6): 1489-1496.
- [43]. Chaves A. V., Stanford K., Dugan M.E.R., Gibson L.L., McAllister T.A., Van Herk F. & Benchaar C. (2008). Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Livestock Science*, 117(2-3): 215-224.
- [44]. Soliva C.R., Widmer S. & Kreuzer M. (2008). Ruminal fermentation of mixed diets supplemented with St. John's Wort (*Hypericum perforatum*) flowers and pine (*Pinus mugo*) oil or mixtures containing these preparations. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 17(3): 352-362.
- [45]. Yang W.Z., Ametaj B.N., Benchaar C. & Beauchemin K.A. (2010). Dose response to cinnamaldehyde supplementation in growing beef heifers: ruminal and intestinal digestion. *Journal of Animal Science*, 88(2): 680-688.
- [46]. Zamiri M. J., Azizabadi E., Momeni Z., Rezvani M.R., Atashi H. & Akhlaghi A. (2015). Effect of thymol and carvacrol on nutrient digestibility in rams fed high or low concentrate diets. *Iranian journal of veterinary research*, 16(4):335-340.

- [47]. Panthee A., Matsuno A., Al-Mamun M. & Sano H. (2017). Effect of feeding garlic leaves on rumen fermentation, methane emission, plasma glucose kinetics, and nitrogen utilization in sheep. *Journal of Animal Science and Technology*, 59(1): 14. doi:10.1186/s40781-017-0139-3
- [48]. El-Nor S.A., Khattab H.M., Al-Alamy H.A., Salem F.A. & Abdou M.M. (2007). Effect of some medicinal plants seeds in the rations on the productive performance of lactating buffaloes. *International Journal of Dairy Science*, 2(4): 348-355.
- [49]. Sirohi S. K., Pandey N., Goel N., Singh B., Mohini M., Pandey P. & Chaudhry P.P. (2009). Microbial activity and ruminal methanogenesis as affected by plant secondary metabolites in different plant extracts. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1(1): 52-58.
- [50]. Klevenhusen F., Zeitz J. O., Duval S., Kreuzer M. & Soliva C.R. (2011). Garlic oil and its principal component diallyl disulfide fail to mitigate methane, but improve digestibility in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 166: 356-363.
- [51]. Matloup O.H., El Tawab A.A., Hassan A.A., Hadhoud F.I., Khattab M.S.A., Khalel M.S., Sallam S.M.A. & Kholif A.E. (2017). Performance of lactating Friesian cows fed a diet supplemented with coriander oil: feed intake, nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood chemistry, and milk production. *Animal Feed Science and Technology*, 226: 88-97.
- [52]. Seifzadeh S., MirzaeiAghjehgheshlagh F., Abdibenemar H., Seifdavati J. & Navidshad B. (2017). The effects of a medical plant mix and probiotic on performance and health status of suckling Holstein calves. *Italian Journal of Animal Science*, 16(1): 44-51.
- [53]. Sahli F., Darej C. & Moujahed N. (2018). Potential of white garlic powder (*Allium sativum* L.) to modify in vitro ruminal fermentation. *South African Journal of Animal Science*, 48(2): 253-260.
- [54]. Doreau M., Martin C., Eugène M., Popova M. & Morgavi D.P. (2011). Leviers d'action pour réduire la production de méthane entérique par les ruminants. *Productions Animales*, 24(5): 461.
- [55]. Pirmohammadi R., Anassori E., Zakeri Z. & Tahmouzi M. (2014). Effects of garlic supplementation on energy status of pre-partum Mahabadi goats. *Veterinary Research Forum: an International Quarterly Journal*, 5 (3):5207-212.
- [56]. Suchitra K. & Wanapat M. (2008). Effects of mangosteen (*Garcinia mangostana*) peel and sunflower and coconut oil supplementation on rumen fermentation, milk yield and milk composition in lactating dairy cows. *Livestock Research for Rural Development*, Vol. 20.
- [57]. Kouazounde J. B., Jin L., McAllister T.A. & Gbenou J.D. (2016). In vitro screening of selected essential oils from medicinal plants acclimated to Benin for their effects on methane production from rumen microbial fermentation. *African Journal of Biotechnology*, 15(12): 442-450.
- [58]. Sadjadian M., Mesgaran M.D. & Vakili A.R. (2017). The Effects of Various Essential Oils of Medical Plant Seeds and Spices on Digestion Characteristics and Population Changes of Ruminal Anaerobic Fungi in in vitro Condition. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 7(2): 211-220.
- [59]. O'connell, J.E. & Fox P.F. (2001). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*, 11(3): 103-120.
- [60]. Wallace R.J. (2004). Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proceedings of the nutrition society*, 63(4): 621-629.
- [61]. Popova M., Morgavi D.P., Doreau M. & Martin C. (2011). Production de méthane et interactions microbiennes dans le rumen. *INRA Productions Animales*, 24 : 447-460.
- [62]. Chowdhury M.R., Khan M.M.H., Mahfuz S.U. & Baset M.A. (2018). Effects of dietary supplementation of spices on forage degradability, ruminal fermentation, in vivo digestibility, growth performance and nitrogen balance in Black Bengal goat. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(2): e591-e598.
- [63]. Arreola R., Quintero-Fabián S., López-Roa R.I., Flores-Gutiérrez E.O., Reyes-Grajeda J.P., Carrera-Quintanar L. & Ortuño-Sahagún D. (2015). Immunomodulation and anti-inflammatory effects of garlic compounds. *Journal of Immunology Research*. vol. 2015: 401630. doi:10.1155/2015/401630
- [64]. Habibi R., Jalilvand G., Samadi S. & Azizpour A. (2016). Effect of Different levels of essential oils of Wormwood (*Artemisia absinthium*) and Cumin (*Cuminum cyminum*) on growth performance carcass characteristics and immune system in broiler chicks. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 6(2): 395-400.
- [65]. Shokrollahi B., Hesami S.M. & Hasan B. (2016). The effect of garlic extract on growth, haematology and cell-mediated immune response of newborn goat kids. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 117(2): 225-232.
- [66]. Kiczorowska B., Samolińska W., Al-Yasiry A.R.M., Kiczorowski P. & Winiarska-Mieczan A. (2017). The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition—a review. *Annals of animal science*, 17(3): 605-625.
- [67]. Mirani A.H., Mirbahar K.B., Bhutto A.L. & Qureshi T.A. (2014). Use of medicinal plants for the treatment of different sheep and goat diseases in Tharparkar, Sindh, Pakistan. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 30(2): 242-250.
- [68]. Meena M.L., Sharma N.K. & Singh D. (2015). Ethno veterinary treatment of sheep in Marwar region of Rajasthan, India. *Indian Journal of Animal Research*, 49(5): 662-670.
- [69]. Al Sheyab F.M., Abuharfeil N., Salloum L., Hani R.B. & Awad D.S. (2012). The effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) plant extracts on the immune response and lipid profile in mice. *Journal of Biology and Life Science*, 3(1): 26-29.

- [70]. Patil A.K., Baghel R.P.S., Nayak S., Malapure C.D., Govil K., Kumar D. & Yadav P.K. (2017). Cumin (*Cuminum cyminum*): As a feed additive for livestock. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3): 365-369.
- [71]. Sarkar P., Kumar H., Rawat M., Varshney V.P., Goswami T.K., Yadav M.C. & Srivastava S.K. (2006). Effect of Administration of Garlic Extract and PGF_{2α} on Hormonal Changes and Recovery in Endometritis Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(7): 964-969.
- [72]. Rajesh K. (2013). Studies on the immunomodulatory & therapeutic efficacy of ashwagandha (*Withania somnifera*), garlic (*Allium sativum*) & turmeric (*curcuma longa*) on endometritic repeat breeding crossbred cows. Thèse doc.: Sciences Vétérinaires 136p.
- [73]. Shokrollahi B., Amini F., Fakour S. & Andi M.A. (2015). Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on weight, hematology and cell-mediated immune response of newborn goat kids. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 116(1): 91-97.
- [74]. Kumar A., Gupta P. & Prasad S. (2013). Studies on the immunomodulatory and therapeutic efficacy of neem (*Azadirachta indica*) on endometritis in repeat breeding crossbred cows. *Indian Journal of Animal Reproduction*, 34(2): 1-5.
- [75]. Masamha B., Gadzirayi C.T. & Mukutirwa I. (2010). Efficacy of *Allium sativum* (Garlic) in Controlling Nematode Parasites in Sheep. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, 8(3): 161-69.
- [76]. Mehlhorn H., Al-Quraishy S., Al-Rasheid K. A., Jatzlau A. & Abdel-Ghaffar F. (2011). Addition of a combination of onion (*Allium cepa*) and coconut (*Cocos nucifera*) to food of sheep stops gastrointestinal helminthic infections. *Parasitology research*, 108(4): 1041-1046.
- [77]. Oliveira L.M.B., Bevilacqua C.M.L., Costa C.T.C., Macedo I.T.F., Barros R.S., Rodrigues A. C.M., Camurça Vasconcelos A.L.F., Morais S.M., Lima Y.C., Vieira L.S. & Navarro A.M.C. (2009). Anthelmintic activity of *Cocos nucifera* L. against sheep gastrointestinal nematodes. *Veterinary Parasitology*, 159(1): 55-59.
- [78]. Abdel-Ghaffar F., Semmler M., Al-Rasheid K.A., Strassen B., Fischer K., Aksu G., Klimpel S. & Mehlhorn H. (2011). The effects of different plant extracts on intestinal cestodes and on trematodes. *Parasitology research*, 10(4): 979-984.
- [79]. Le-Scourance J., Benzoni G., Guitard J.P., Marzin D. & Guyonvarch A. (2014). Effect of vegetal extracts on coccidiosis in fattening lambs fed with concentrate. *Options Méditerranéennes. Série A*, (108): 81-84.
- [80]. Akouri A., Chaibou I., Idrissa Sidikou D., Moumouni-ALI S., Adakal H., Chaibou M. & Moussa Elhadj N. (2017). Effects of *Allium sativum* and *Sida cordi folia* Extracts on Performances of Maradi Red Goat. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(6): 35-42.
- [81]. EL-Ghousein Safaa S. (2010). Effect of some medicinal plants as feed additives on lactating Awassi ewe performance, milk composition, lamb growth and relevant blood items. *Egyptian Journal of Animal Production*, 47(1): 37-49.
- [82]. Jami Y.E., Foroughi A., Soleimani A., Kazemi M., Shamsabadi V. & Torbaghan A.E. (2015). The effect of substituting wheat straw with different levels of cumin (*Cuminum cyminum*) crop residues on growth, blood metabolites and hematological values of Moghani male lambs. *International Journal of Biosciences*, 6(12): 35-42.
- [83]. Smeti S., Atti N. & Mahouachi M. (2013). Effects of rosemary extracts incorporation on Barbarine lamb's growth and carcass characteristics. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, (107): 219-222.
- [84]. Biricik H., Oral H.H., Talug A.M., Cengiz Ş.Ş., Koyuncu M. & Dikmen S. (2016). The effects of carvacrol and/or thymol on the performance, blood and rumen parameters, and carcass traits of Merino sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(5): 651-659.
- [85]. El-Katcha M.I., Soltan M.A. & Essi M.S. (2016). Effect of Garlic Extract Supplementation on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Some Blood Serum Biochemical Changes of Fattening Lambs. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 48(2): 50-64.
- [86]. Okali-Usur J. (2019). Effects of thyme and garlic on growth and biochemical traits in goats. *Livestock Research for Rural Development*. 31. (3) 2019
- [87]. Zakeri Z., Pirmohammadi R., Anassori E. & Tahmouzi M. (2014). Feeding Raw Garlic to Dairy Goats: Effects on Blood Metabolites and Lactation Performance. *Kafkas University Veteriner Fakul Dergisi*, 20: 399-404.
- [88]. Ghosh S., Mehla R.K., Sirohi S.K. & Roy B. (2010). The effect of dietary garlic supplementation on body weight gain, feed intake, feed conversion efficiency, faecal score, faecal coliform count and feeding cost in crossbred dairy calves. *Tropical Animal Health and Production*, 42(5): 961-968.
- [89]. Ilić Z., Pešev S., Simeonova V., Milošević B. & Spasić Z. (2005). The influence of zeolite type tufozel on productive characteristics of dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 21(5-6-2): 25-30.
- [90]. Ilić Z., Petrović M. P., Pešev S., Stojković J. & Ristanović B. (2011). Zeolite as a factor in the improvement of some production traits of dairy cattle. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3): 1001-1007.
- [91]. Đoković R., Ilić Z., Petrović M.P., Pešev S. & Ristanović B. (2011). Effect of zeolite on the chemical composition of milk from Serbian spotted dairy cattle. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 27(3): 993-1000.
- [92]. Bhatt N., Mahendra S. 1 Amanat A. (2009). Effect of feeding herbal preparations on milk yield and rumen parameters in lactating crossbred cows. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(6): 721-726.

- [93]. Reza-Yazdi K., Fallah M., Khodaparast M., Kateb F. A Hosseini-Ghaffari M. (2014). Effects of specific essential oil compounds on, feed Intake, milk production, and ruminal environment in dairy cows during heat exposure. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 8(12): 1394-1397.
- [94]. Ghafari M., Shahraki A.F., Nasrollahi S.M., Amini H.R. & Beauchemin K.A. (2015). Cumin seed improves nutrient intake and milk production by dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 210: 276-280.
- [95]. Serbester U., Çinar M., Ceyhan A., Erdem H., Görgülü M., Kutlu H.R., Baykal Çelik L., Yücelt O. & Cardozo P.W. (2012). Effect of essential oil combination on performance, milk composition, blood parameters and pregnancy rate in early lactating dairy cows during heat exposure. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 22(3): 556-563.
- [96]. Rossi G., Schiavon S., Lomolino G., Cipolat-Gotet C., Simonetto A., Bittante G. & Tagliapietra F. (2018). Garlic (*Allium sativum* L.) fed to dairy cows does not modify the cheese-making properties of milk but affects the color, texture, and flavor of ripened cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(3): 2005-2015.
- [97]. Chiofalo B., Riolo E.B., Fasciana G., Liotta L. & Chiofalo V. (2010). Organic management of dietary rosemary extract in dairy sheep: effects on milk quality and clotting properties. *Veterinary Research Communications*, 34(1): 197-201.
- [98]. Eryan I.I. (2015). Effects of dietary herb supplements for ewes On milk contents and some biochemical parameter. *Kufa Journal For Veterinary Medical Sciences*, 6(2): 170-176.
- [99]. Miri V.H., Tyagi A.K., Ebrahimi S.H. & Mohini M. (2013). Effect of cumin (*Cuminum cyminum*) seed extract on milk fatty acid profile and methane emission in lactating goat. *Small Ruminant Research*, 113(1): 66-72.
- [100]. Rizzoli D.J., Baxter R. & Reeve J.L. (1976). Cumming IA. Proceedings: Effect of lupin grain supplementation on ovulation rate in Border Leicester X Merino ewes. *J Reprod Fertil*;46(2):518-519. doi:10.1530/jrf.0.0460518
- [101]. Downing J.A. 1 Scaramuzzi R.J. (1991). Nutrient effects on ovulation rate, ovarian function and the secretion of gonadotrophic and metabolic hormones in sheep. *Journal of Reproduction and Fertility*, 43 (Suppl) 209–227.
- [102]. Wittiaux M.A. (1995). Reproduction et nutrition. Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier Essentiels Laitiers Université du Wisconsin à Madison, 4 p.
- [103]. McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A., Sinclair L.A. & Wilkinson R.G. (2002). Animal nutrition. 7^{ème} édition. *Pearson Education*. 692p.
- [104]. Poncet J. (2002). Étude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages bovins laitiers de l'île de la Réunion: influence de l'alimentation sur la reproduction. Thèse doc.: Sciences Agronomiques. Université de Toulouse. 145p.
- [105]. Rekik M., Lassoued N., Salem H.B. & Mahouachi M. (2007). Interactions between nutrition and reproduction in sheep and goats with particular reference to the use of alternative feed sources. *Options Méditerranéennes. Série A, Séminaires Méditerranéens*, Series A, No. 74. 375
- [106]. Mostrom M. & Timothy J.E. (2011). Phytoestrogens. *Reproductive and Developmental Toxicology*. Academic Press: 707-722.
- [107]. Wocławek-Potocka I., Mannelli C., Boruszewska D., Kowalczyk-Zieba I., Waśniewski T. & Skarżyński D.J. (2013). Diverse effects of phytoestrogens on the reproductive performance: cow as a model. *International Journal of Endocrinology*. Article ID 650984, 15 pages, doi.org/10.1155/2013/650984
- [108]. Claude J-B. (2002). *Introduction à la nutrition des animaux domestiques*. Technique et Documentation, France. 424p.
- [109]. Reyaud J.L. et al. (2014). Réduire les pertes d'azote dans l'élevage : Expertise scientifique collective. *Quae*, Versailles. 167p.
- [110]. Jouany J.P. & Thivend P. (2008). La production de méthane d'origine digestive chez les ruminants et son impact sur le réchauffement climatique. *Management et Avenir*, (6): 259-274.
- [111]. Barret J-P. (1992). *Zootecnie générale. Technique de Documentation*, Paris. 252p.
- [112]. Wattiaux M.A. (2004). *Métabolisme protéique chez la vache laitière*. L'institut Babcock pour la recherche et le développement international du secteur laitier, université du Wisconsin, Madison. 4p.
- [113]. AFSSA (2007). *Propositions pour une démarche d'évaluation de substances ou de produits nouveaux destinés à l'alimentation animale : Cas particulier des substances et produits à base de plantes*. Maisons-Alfort, France. 63p.