



Effet de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur la digestibilité *in vivo* du foin de *Pennisetum clandestinum* chez le mouton Djallonke

Tendonkeng Fernand*, Mekuiko Watsop Hippolyte, Ngoula Ferdinand, Miégoué Emile, Ahmat Mahamat Assafi, Chounna Albert, Kambale M. Zack, Pamo Tendonkeng Etienne
Department of Animal Sciences, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, P.O. Box : 188 Dschang, Cameroon. Phone : (237) 696 804 671.

* Corresponding author E-mail : f.tendonkeng@univ-dschang.org

Mots clés : Foin, digestibilité, huile essentielle, paramètres biochimiques, paramètres hématologiques
Keywords: Hay, digestibility, essential oil, biochemical parameters, hematologic parameters

1 RESUME

L'étude de l'effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* (Jinger) sur la digestibilité *in vivo* du foin de *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu grass) et quelques paramètres biochimiques et hématologiques chez le mouton Djallonké a été menée entre Janvier 2016 et Avril 2017, à l'Université de Dschang. Neuf brebis Djallonké âgées entre 18 et 24 mois et de poids moyen 19 ± 2 kg ont été utilisées. Les animaux ont été répartis en trois lots de trois animaux et logés chacun dans des cages de digestibilité suivant un dispositif complètement randomisé. Les périodes d'adaptation et de collecte de données étaient respectivement de 6 et 15 jours. Après l'adaptation, chaque animal recevait 900 et 100 g/j de foin de *Pennisetum clandestinum* et de concentré respectivement, associés à 0mg d'huiles essentielles de *Zingiber officinale* (FP+HEZ₀) pour le lot 1 ; 100mg d'huiles essentielles de *Zingiber officinale* (FP+HEZ₀100) pour le lot 2 et 200mg d'huiles essentielles de *Zingiber officinale* (FP+HEZ₀200) pour le lot 3. Les échantillons de 100 g de chaque ration, des fèces et 10 ml d'urine ont été collectés pour les analyses de la composition chimique et l'évaluation de l'ingestion et de la digestibilité. Aussi les échantillons de sang ont été prélevés par ponction de la veine jugulaire après l'essai de digestibilité *in vivo* pour le dosage des paramètres biochimiques et hématologiques. Les résultats de cette étude montrent que les ingestions de matière sèche, de matière organique et des parois cellulaires ont été significativement ($p < 0,05$) plus élevées chez les moutons avec la ration FPc+HEZ₀100 alors que les digestibilités de ces mêmes constituants ont été plus élevées avec la ration FPc+HEZ₀200 (69,33%, 66,67%, 79,44%) respectivement pour la matière sèche (MS), matière organique (MO) et parois cellulaires (NDF). L'azote retenu (5,33g/j) et l'azote digéré ont été significativement ($p < 0,05$) plus élevés avec la ration FPc+HEZ₀200. Les valeurs des métabolites sanguins étudiés ont augmenté significativement avec le niveau d'incorporation de l'huile essentielle dans les rations, exception faite du cholestérol total et du LDL (*low-density lipoprotein*). Le même constat a été fait avec les paramètres hématologiques étudiés. De manière générale, l'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* dans la ration a amélioré les paramètres d'ingestion, de digestibilité, biochimiques et hématologiques chez les moutons.



ABSTRACT

Effect of various levels of incorporation of the essential oil of *Zingiber officinal* on the *in vivo* digestibility of *Pennisetum clandestinum* in Djallonké sheep. The study of the effect of various levels of incorporation of the essential oil of *Zingiber officinal* on the *in vivo* digestibility of *Pennisetum clandestinum* hay and also on some biochemical and hematologic parameters on the Djallonké sheep was undertaken between January 2016 and Avril 2017, at the University of Dschang. Nine (9) old Djallonké ewes between the age bracket of 18 and 24 months and with and each average weight of 19 ± 2 kg were used. The animals were divided into three batches of three animals and were placed each one in digestibility according to a completely randomized device. The periods of adaptation and data collection were respectively 6 and 15 days. After the adaptation, each animal received 900 and 100 g/d hay of *Pennisetum clandestinum* and concentrate, associated with 0mg essential oil of *Zingiber officinal* (FP+ HEZo 0) for batch 1 ; 100mg essential oil of *Zingiber officinal* (FP+HEZO 100) for batch 2 and 200mg essential oil of *Zingiber officinal* (FP+HEZo 200) for batch 3. The samples of 100g each ration, of faeces and 100 ml of urine were collected for the analyses of the chemical composition and the evaluation of ingestion and digestibility. Also the samplings of blood were taken by puncture of the jugular vein after the test of *in vivo* digestibility for proportioning of the biochemical and hematologic parameters. The results of this study show that ingestions of dry matter, organic matter and the cellular walls were significantly ($p < 0.05$) higher on the sheep with the ration FPc+HEZo 100 whereas digestibilities of these same components were highest for the same species with the ration FPc+HEZo 200 (69.33%, 66.67%, 79.44%) respectively for the DM, OM and NDF. Nitrogen selected (5.33g/j) and digested were significantly ($p < 0.05$) higher with the ration FPc+HEZo200. The values of blood metabolites studied increased significantly ($p < 0.05$) with the level of incorporation of essential oil in the rations, except total cholesterol and *the low-density lipoprotein* (LDL). The same observation was made with the hematologic parameters studied. In general, the incorporation of essential oils of *Zingiber officinal* in the ration improved the parameters of ingestion, of digestibility, biochemical and hematologic on the sheep.

2 INTRODUCTION

La digestion est un phénomène majeur dans la nutrition des ruminants, l'objectif des nutritionnistes vise donc à contrôler l'activité de l'écosystème ruminal pour optimiser son fonctionnement et l'utilisation digestive du fourrage afin d'améliorer les performances de production et la qualité des produits (Bayourthe et Ali, 2014). La digestion chez les ovins conduit à des pertes azotées dans l'urine ou le lait et, à une perte énergétique via la production de méthane, gaz à effet de serre, qui impacte négativement sur l'environnement (Amlan and Patra, 2010). La digestion microbienne dans le rumen est un phénomène majeur dont l'efficacité peut être améliorée par l'utilisation d'additifs alimentaires afin de limiter ces pertes (Noirot *et al.*, 2007). En agissant sur l'équilibre de la

population microbienne, ces additifs permettent de contrôler le lieu de digestion et/ou une orientation des fermentations vers la formation de produits terminaux qui doivent être utilisés plus efficacement par l'animal (Macheboeuf *et al.*, 2006). Les antibiotiques ionophores tel que le monensin ont été employés avec succès comme additifs alimentaires pendant des décennies pour manipuler les fermentations ruminales et, améliorer la capacité d'ingestion et d'utilisation digestive des aliments ainsi que les paramètres biochimiques et hématologiques, réduisant ainsi la production de méthane et par conséquent améliorer la production des ruminants à travers une efficacité digestive du fourrage (Alam et Patra, 2010). Cependant, le risque de la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait et la viande



et ses effets sur la santé humaine ont conduit à son interdiction pour une utilisation en alimentation animale par l'Union Européenne (Aouadi et Ben, 2012). Cette interdiction a provoqué un regain d'intérêt pour les substituts d'origine naturelle que représentent les extraits végétaux (tannins, saponines, huiles essentielles). Les huiles essentielles (HE) en tant qu'alternatives naturelles aux antibiotiques facteurs de croissance, apparaissent comme de bons régulateurs du fonctionnement du rumen. Les huiles essentielles (HE) extraits de plantes aromatiques obtenues par distillation ou autres procédés d'extraction sont des composés volatils avec un aspect huileux (Burt, 2004). Ces composés pourraient donc être utilisés comme additifs dans l'alimentation des ruminants, pour modifier l'orientation des fermentations ruminales et améliorer la nutrition des animaux. Des études antérieures ont montré l'effet inhibiteur des huiles essentielles sur l'activité spécifique des bactéries du rumen *in vitro* (Benchaar *et al.*, 2007 ; Bakkali *et al.*, 2008 ; Agarwal *et al.*, 2009). L'activité antimicrobienne des HE a été attribuée aux composés terpénoïdes et phénoliques (Helander *et al.*, 1998 ; Chao et Young). Plusieurs Huiles Essentielles et leurs composants actifs ont des activités antimicrobiennes fortes et sélectives contre un large éventail de micro-organismes, y compris les bactéries, les protozoaires et les champignons (Benchaar *et al.*, 2007 ; Cabuk *et al.*, 2006), et peuvent être employés pour réguler la concurrence entre différentes populations microbiennes avec l'objectif d'améliorer

l'efficacité d'utilisation d'énergie et de protéine du fourrage dans le rumen (Castillejos *et al.*, 2006). Macheboeuf *et al.* (2006) ont d'ailleurs montré qu'il existe des doses d'HE qui permettent une réduction de l'activité protéolytique de l'écosystème ruminal sans perturber de façon significative sa production en acide gras volatils (AGV). Les effets des huiles essentielles dans le rumen sont basés sur la réduction de la dégradation des protéines, d'amidon et à une inhibition de dégradation d'acide aminé due à l'action sélective sur les micro-organismes, spécifiquement les bactéries protéolytiques, producteurs d'ammoniac, méthanogènes et certaines bactéries pathogènes (Bayourthe et Ali, 2014 ; Amlan et Patra, 2010). Ce qui pourrait moduler favorablement les fermentations ruminales par augmentation de la concentration d'acide gras volatil, de la quantité d'acides aminés disponibles pour les besoins de l'animal et, par la réduction de la concentration de méthane et d'ammoniac produits dans le rumen (Bayourthe et Ali, 2014). Cependant, aucune étude n'a été menée sur l'effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur l'ingestion, l'utilisation digestive du foin de *Pennisetum clandestinum*, les paramètres biochimiques et hématologiques. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur l'ingestion, l'utilisation digestive du foin de *Pennisetum clandestinum* et quelques paramètres biochimiques et hématologiques chez les moutons Djallonké.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Zone de l'étude : La présente étude a été réalisée entre janvier 2016 et avril 2017 à la Ferme d'Application et de Recherche (FAR) et au Laboratoire de Nutrition et Alimentation Animales de l'Université de Dschang. La FAR est située à 05°26' latitude Nord et 10°03' longitude Est et à une altitude moyenne de 1420 m. Le climat de la région est équatorial de type camerounien, modifié par l'altitude. Les précipitations varient entre 1500 et 2000 mm par an, et les températures oscillent entre 10 °C

(juillet-août) et 25 °C (février). La saison sèche s'étend de mi-novembre à mi-mars et la saison des pluies de mi-mars à mi-novembre et correspond à la principale période des cultures (Tendonkeng *et al.*, 2011).

3.2 Animaux : Neuf (9) moutons Djallonké adultes et vides de poids moyen 19 ± 2 kg ont été achetés sur le marché de Dschang. Leurs âges, déterminés à partir de leur dentition (Corcy, 1991) variaient de 18 à 24 mois. Un mois avant le début de l'essai, les animaux ont subi un



déparasitage à l'Ivermectine (1%) (1ml/10kg de poids vif par animal).

3.3 Matériel végétal : Deux espèces végétales (*Zingiber officinale* et *Pennisetum clandestinum*) étaient utilisées dans cette étude. Les rhizomes de *Zingiber officinale* ont été collectés à Santchou (Ouest-Cameroun) au mois de février 2016. Ces rhizomes étaient écrasés à l'état frais pour l'extraction de l'huile essentielle. Les feuilles fraîches de *Pennisetum clandestinum* quant à elles étaient récoltées au stade montaison dans les

parcelles de production de la FAR de l'Université de Dschang et séchées à l'air libre, à l'ombre, à la température ambiante jusqu'à obtention du foin dont la composition chimique est présentée par le Tableau 1. L'aliment concentré utilisé dans le cadre de cette étude était constitué de : 50% maïs, 30% son de blé et 20% tourteau de coton. Ce concentré était utilisé comme support dans lequel était incorporée l'huile essentielle pour servir aux animaux afin de limiter l'évaporation.

Tableau 1 : Composition chimique du foin de *Pennisetum clandestinum*

	Composition chimique
Matière sèche (%)	96
(% MS)	
Cendre	15,19
Matière organique	84,80
Matière azotée totale (MAT)	13,37
Lipides	2,09
Cellulose brute (CB)	30,42
Parois cellulaire (NDF)	82
Glucides totaux (GT)	64,82
ADF	41,05
dMO	32,91

dMO : digestibilité de la matière organique

3.4 Extraction de l'huile essentielle : Les rhizomes de *Zingiber officinale* ont été écrasés jusqu'à obtention de la pâte, en vue de l'extraction des huiles essentielles. L'extraction des huiles était faite au laboratoire de Physiologie Animale de la Faculté d'Agronomie et de Science Agricoles par hydrodistillation suivant la méthode proposée par Wang et Waller (2006). Cette technique consiste à placer le matériel végétal dans un alambic, puis chauffé avec de l'eau à 200°C. La chaleur intense fait exploser les saccules qui contiennent les huiles et celles-ci répandent dans la vapeur d'eau. Elles seront ensuite canalisées dans un condensateur et réfrigérées pour se liquéfier à nouveau. A la sortie, un essencier sépare l'huile qui flotte à la surface de l'eau de distillation. Après séparation, l'huile était filtrée à l'aide du sulfate de sodium anhydre pour la débarrasser de toute trace d'eau.

3.5 Digestibilité *in vivo* : Les neuf animaux ont été repartis en trois lots de trois animaux de poids comparable dans un dispositif complètement randomisé. Elles ont été placées dans des cages de digestibilité individuelles munies d'un dispositif permettant de collecter séparément les urines et les fèces. Les urines ont été collectées dans des flacons en verre de 1000 ml dans lesquels de l'acide sulfurique (10p. 100) avait été introduit au préalable pour stabiliser l'azote. Chaque lot a reçu l'une des rations suivantes :

- Lot 1 (témoin)=100g de concentré+900g de foin de *Pennisetum clandestinum* + 0mg d'huiles essentielles de *Zingiber officinale* (FP_C+HEZ_O0).
- Lot 2=100g de concentré+900g de foin de *Pennisetum clandestinum* + 100mg d'huiles essentielles de *Zingiber officinale* (FP_C+HEZ_O100).



➤ Lot 3=100g de concentré+900g de foin de *Pennisetum clandestinum* + 200mg d'huiles essentielles de *Zingiber officinale* (FP_c+HEZ_o200). Cet essai a duré 21 jours dont une période d'adaptation de 15 jours et une période de collecte de données de 6 jours. La période d'adaptation avait pour but de permettre aux animaux de se familiariser aux cages de digestibilité et à leur nouvelle ration. Pendant cette période, chaque animal a reçu le premier jour 500 g de ration expérimentale. Cette quantité a progressivement augmenté jusqu'à atteindre la totalité de leur ration (1000 g constitué de 100g de concentré et 900g de foin de *Pennisetum clandestinum*) le dernier jour de l'adaptation. L'eau était disponible à volonté. L'huile essentielle était incorporée dans le concentré avant d'être servie aux animaux. La distribution de la ration a été faite en deux temps (0,5 kg à 8 h et 0,5 kg à 15 h). Les ingestions du foin de *Pennisetum clandestinum* ont été calculées par différence entre la quantité offerte et la quantité refusée. Les refus de *Pennisetum clandestinum* ont été retirés et pesés chaque matin avant la distribution de la nouvelle ration. Un échantillon de refus a été prélevé pour déterminer la teneur en matière sèche. Tous les matins, les fèces produites par chaque animal ont été pesées et les urines mesurées à l'aide d'une éprouvette en verre graduée de 500 ml. Un échantillon de 100 g de fèces a ensuite été prélevé et séché à 60 °C jusqu'à poids constant dans une étuve ventilée, puis broyé comme indiqué plus haut et conservé pour l'analyse. Un échantillon de 10 ml d'urine a par la suite été collecté et introduit dans des flacons puis conservé à 4 °C dans un réfrigérateur en vue de l'analyse de l'azote. Par ailleurs, chaque matin, durant la période d'essai, des échantillons de foin de *Pennisetum clandestinum* (100 g) ont été collectés, séchés à 60 °C jusqu'à poids constant dans une étuve ventilée, broyés et conservés pour les analyses chimiques. Le coefficient d'utilisation digestive apparent (CUDa) de la matière sèche (MS), de la matière organique (MO), des parois cellulaires (NDF) et de l'azote a été calculé respectivement avec la formule suivante :

$$\text{CUDaMS (\%)} = (\text{MS ingérée} - \text{MS excrétée}) \times 100 / \text{MS ingérée}$$

$$\text{CUDaMO (\%)} = (\text{MO ingérée} - \text{MO excrétée}) \times 100 / \text{MO ingérée}$$

$$\text{CUDaNDF (\%)} = (\text{NDF ingérée} - \text{NDF excrétée}) \times 100 / \text{NDF ingérée}$$

$$\text{CUDaN (\%)} = (\text{N ingérée} - \text{N excrétée}) \times 100 / \text{N ingérée}$$

La digestibilité réelle de l'azote (DigN) a été calculée selon la formule :

$$\text{DigN (\%)} = (\text{N ingéré} - \text{N excrété} [\text{N fèces} + \text{N urines}]) \times 100 / \text{N ingéré}$$

3.6 Dosage des paramètres biochimiques:

A la fin de l'essai de digestibilité *in vivo*, un échantillon de sang de chaque animal a été prélevé par ponction de la veine jugulaire et introduit dans des tubes à essai sec étiquetés. Le sérum a été recueilli après centrifugation du sang coagulé dans les tubes de prélèvement. Les sérums récupérés ont été congelés à -20°C jusqu'au jour de l'analyse. Les analyses ont été effectuées au laboratoire de Biochimie de l'Université de Dschang. Toutes les analyses biochimiques ont été effectuées avec des kits commerciaux (CHRONOLAP S.A.). Le protocole expérimental qui a permis la détermination de la concentration sérique de chacun des paramètres [protéiques (protéine totale, albumine et globuline); énergétique (glucose, triglycéride, cholestérol total, HDL et LDL)] contenus dans l'échantillon de sérum à analyser a été décrit par le fabricant (CHRONOLAP S.A.). Les dosages étaient colorimétriques et les lectures d'absorbance ont été faites à l'aide d'un spectrophotomètre.

3.7 Dosage des paramètres hématologiques:

Le sang prélevé par ponction de la veine jugulaire après l'essai de digestibilité *in vivo* a été introduit dans des tubes héparines et utilisé au laboratoire pour l'établissement de l'hémogramme à l'aide d'un hématimètre automatique pour l'obtention des paramètres suivants : globules blancs, lymphocytes, monocytes, granulocytes, globules rouges, hémoglobine, hématocrite, volume corpusculaire moyen (VCM), moyenne corpusculaire de l'hémoglobine (MCH), concentration corpusculaire moyenne de l'hémoglobine



(CCMH) et la largeur de distribution des globules rouges (LDGR) ou *red cell distribution width* (RDW-CV).

3.8 Analyses statistiques : Les données de l'ingestion, de la digestibilité *in vivo*, des paramètres biochimiques et hématologique sont

4 RESULTATS

4.1 Ingestion de la MS, de la MO et des parois cellulaires des différentes rations :

L'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* (HEZo) a significativement influencé ($p < 0,05$) les ingestions de la matière sèche (MS), de la matière organique (MO) et de parois cellulaires (NDF) des différentes rations chez les moutons Djallonké (Tableau 2). Les ingestions de la MS, de la MO et des parois cellulaires de la ration FPc+HEZ₀100 ont été significativement ($p < 0,05$) plus élevée que celle de la rations FPc+HEZ₀0 et FPc+HEZ₀200. En outre l'ingestion de ces constituants pour la ration FPc+HEZ₀200 a été significativement ($p < 0,05$) plus élevée que celle de la ration témoin (FPc+HEZ₀0).

4.2 Digestibilité de la MS, MO et des parois cellulaires des rations :

L'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* (HEZo) a significativement influencé ($p < 0,05$) la digestibilité de la matière sèche, de la matière organique et de parois cellulaires des différentes rations chez les moutons Djallonké (Tableau 3). En effet, les digestibilités de la MS, de la MO et des parois cellulaires de la ration FPc+HEZ₀200 ont été significativement ($p < 0,05$) plus élevées que celles des rations FPc+HEZ₀0 et FPc+HEZ₀100. La digestibilité la plus faible de ces constituants a été obtenue avec la ration témoin.

4.3 Effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* (HEZo) sur l'utilisation digestive de l'azote du foin de *Pennisetum clandestinum* :

L'utilisation digestive de l'azote des différentes rations chez le mouton Djallonké et la chèvre naine de Guinée est présentée dans le Tableau 4. Il en ressort que les ingestions de l'azote les plus élevées ont été observées avec les rations FPc+HEZ₀100 et FPc+HEZ₀200 sans

été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à l'aide de logiciel statistique SPSS 20.0. Lorsque les différences existaient entre les différents traitements, les moyennes étaient séparées par le test de Waller Duncan au seuil de signification 5% (Steele et Torrie, 1980).

qu'aucune différence significative ($p > 0,05$) ne soit observée. Les quantités d'azote excrété dans les fèces et dans les urines ont significativement ($p < 0,05$) diminué avec l'incorporation de l'huile essentielle dans la ration. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les quantités d'azote fécal des animaux recevant les rations contenant de l'huile essentielle. Par ailleurs, l'azote retenue, le coefficient d'utilisation digestive apparent ainsi que la digestibilité de l'azote significativement ($p > 0,05$) plus élevés ont été obtenues avec la ration FPc+HEZ₀200.

4.4 Effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur quelques paramètres biochimiques :

L'effet de l'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* dans la ration sur la variation du taux sérique quelques paramètres biochimiques (protéine totale, albumine, globuline, glucose, triglycéride, cholestérol total, HDL et du LDL) chez le mouton (Tableau 5) montre que la concentration sérique des paramètres du métabolisme protéiques et énergétique en dehors du Cholestérol et le LDL ont significativement augmentés avec l'incorporation de l'huile essentielle dans les rations. En effet, les concentrations sériques de protéine totale, albumine, globuline, glucose et HDL les plus élevées ont été obtenues avec la ration FPc+HEZ₀200. Par contre celles du triglycéride et du cholestérol total ont été obtenues avec la ration FPc+HEZ₀100.

4.5 Effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur quelques paramètres hématologiques chez le mouton :

La variation des paramètres hématologiques en fonction de différentes doses d'huile essentielle de *Zingiber officinale* dans la ration (Tableau 6) montre que



l'incorporation de l'HE dans la ration des a influencée ($p < 0,05$) de manière variable les paramètres hématologiques chez le mouton. En effet, les teneurs en globules blancs, lymphocytes, hémoglobine et la concentration corpusculaire moyenne de l'hémoglobine (CCMH) ont significativement ($p < 0,05$) augmentés avec le niveau des doses d'huile essentielle des différentes rations. Par ailleurs les teneurs en globules rouges, monocyte, hématocrite et la moyenne corpusculaire de l'hémoglobine ont également augmenté de manière significative

($p < 0,05$) avec de l'incorporation de l'HE dans la ration et les valeurs les plus élevées pour ces paramètres ont été obtenues avec la ration FPc+HEZ₀100. Par contre les teneurs en granulocyte, le Volume corpusculaire moyen (VCM) et la largeur de distribution des globules rouges (LDGB) sont restés comparable ($p > 0,05$) entre eux quelque soit le niveau d'incorporation de l'huile essentielle dans la ration bien que les valeurs les plus élevées aient été obtenues avec la ration FPc+HEZ₀200.

Tableau 2 : Ingestion de la MS, de la MO et des parois cellulaires des rations chez le mouton

Ingestion	Rations			ESM	P
	FPc+HEZ ₀ 0	FPc+HEZ ₀ 100	FPc+HEZ ₀ 200		
Matière sèche	843,63 ^c	885,34 ^a	867,37 ^b	0,33	0,04
Matière organique	745,00 ^c	782,30 ^a	766,33 ^b	0,57	0,01
Parois cellulaire (NDF)	692,00 ^c	729,02 ^a	708,00 ^b	0,89	0,02

a,b,c: les moyennes portant la même lettre sur la même ligne sont statistiquement comparables au seuil de 5%. ESM = Erreur standard sur la moyenne ; P = Probabilité.

Tableau 3 : Digestibilité de la MS, de la MO et des parois cellulaires des rations chez le mouton

Digestibilité apparente	Rations			ESM	P
	FPc+HEZ ₀ 0	FPc+HEZ ₀ 100	FPc+HEZ ₀ 200		
Matière sèche	59,67 ^c	64,00 ^b	69,33 ^a	0,15	0,001
Matière organique	56,33 ^c	61,00 ^b	66,67 ^a	0,15	0,004
Parois cellulaires (NDF)	71,33 ^c	75,33 ^b	79,44 ^a	0,19	0,001

a,b,c : les moyennes portant la même lettre sur la même ligne sont statistiquement comparables au seuil de 5%. ESM = Erreur standard sur la moyenne ; P = Probabilité

Tableau 4 : Ingestion et digestibilité de l'azote des différentes rations chez les moutons

Bilan azoté	Rations			ESM	P
	FPc+HEZO0	FPc+HEZO100	FPc+HEZO200		
Azote ingéré (g/j)	18,00 ^a	19,00 ^a	18,65 ^a	0,15	0,001
Azote fécal (g/j)	10,60 ^a	10,67 ^a	9,67 ^a	0,19	0,011
Azote urinaire (g/j)	4,00 ^a	4,15 ^b	3,65 ^c	0,11	0,003
Azote retenu (g/j)	3,40 ^c	4,18 ^b	5,33 ^a	0,15	0,002
CUDa N (%)	36,67 ^c	44,00 ^b	47,67 ^a	0,15	0,001

a,b,c: les moyennes portant la même lettre sur la même ligne sont statistiquement comparables au seuil de 5%. ESM = Erreur standard sur la moyenne ; P = Probabilité.

Tableau 5 : Effet du niveau d'incorporation de l'huile essentielle *Zingiber officinale* sur les paramètres biochimiques chez les moutons

Paramètres	Caractéristiques	Rations			ESM	p
		FPc+HEZ ₀	FPc+HEZ ₁₀₀	FPc+HEZ ₂₀₀		
Paramètres protéiques	Protéines totales (g/dl)	4,64 ^a	4,35 ^a	6,16 ^a	0,07	0,09
	Albumine (g/dl)	3,72 ^a	2,89 ^a	3,93 ^a	0,02	0,32
	Globuline (g/dl)	0,91 ^a	1,46 ^a	2,23 ^a	0,08	0,11
Paramètres énergétiques	Glucose (mg/dl)	23,14 ^c	24,71 ^b	27,0 ^a	0,13	0,03
	Cholestérol (mg/dl)	63,81 ^b	66,86 ^a	62,85 ^b	0,28	0,04
	Triglycérides (mg/dl)	19,29 ^a	23,07 ^a	21,52 ^a	0,14	0,07
	HDL (mg/dl)	20,27 ^a	23,15 ^a	27,19 ^a	0,17	0,25
	LDL (mg/dl)	47,4 ^a	48,32 ^a	39,96 ^a	0,38	0,67

a,b,c: les moyennes portant la même lettre sur la même ligne sont statistiquement comparables au seuil de 5%. ESM = Erreur standard sur la moyenne ; P = Probabilité ; HDL= High-density lipoprotein ; LDL= Low-density lipoprotein.

Tableau 6 : Variation des paramètres hématologiques en fonction de la dose de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* chez le mouton

Paramètres hématologiques	RATIONS			ESM	P
	FPc+HEZ ₀	FPc+HEZ ₁₀₀	FPc+HEZ ₂₀₀		
GB (10 ³ /μl)	24,13 ^c	28,46 ^b	34,56 ^a	0,37	0,001
Lymph (10 ³ /μl)	20,30 ^c	23,40 ^b	29,70 ^a	0,16	0,001
Mono (10 ³ /μl)	1,96 ^b	2,66 ^a	2,60 ^a	0,07	0,010
Granul (10 ³ /μl)	3,53 ^a	4,10 ^a	4,93 ^a	0,18	0,060
GR (10 ⁶ /μl)	4,93 ^c	6,54 ^a	5,68 ^b	0,10	0,001
Hgb (g/dl)	11,06 ^b	11,33 ^b	14,13 ^a	0,32	0,010
HCT (%)	15,03 ^b	18,86 ^a	15,50 ^a	0,29	0,001
VCM (fl)	28,36 ^a	29,06 ^a	30,06 ^a	0,30	0,240
MCH (PG)	16,60 ^b	24,63 ^a	19,36 ^b	0,24	0,001
CCMH (g/dl)	69,00 ^c	73,93 ^b	77,53 ^a	0,57	0,001
RDW-CV (%)	16,70 ^a	15,96 ^a	17,66 ^a	0,36	0,240

a,b,c: les moyennes portant la même lettre sur la même ligne sont statistiquement comparables au seuil de 5%. ESM = Erreur standard sur la moyenne ; P = Probabilité. GB : Globules blancs ; Lymph : Lymphocytes ; Mono : Monocytes ; Granul : Granulocytes ; GR : Globules rouges ; Hgb : Hémoglobine ; HCT : Hématocrite ; VCM : Volume corpusculaire moyen ; MCH : Moyenne corpusculaire de l'hémoglobine ; CCMH : Concentration corpusculaire moyenne de l'hémoglobine ; (RDW-CV) : *redcell distribution width* ou Largeur de distribution des globules rouges (LDGB).

5 DISCUSSION

5.1 Ingestion de la MS, de la MO et des parois cellulaires des différentes rations : Les ingestions de la MS, de la MO et des parois cellulaires ont été significativement améliorées par l'incorporation des huiles essentielles dans les rations quel que soit le niveau. Ces résultats sont en accords avec ceux obtenus par Kung *et al.*

(2008), Incharoen et Yamauchi (2009), *et al* Herawati (2010) et Onu (2010) avec les rhizomes de gingembre moulu utilisés comme additif dans l'alimentation des poulets de chair. Ces auteurs ont attribué cet effet positif à l'arôme et la saveur du gingembre (Khan *et al.*, 2012).



5.2 Digestibilité de la MS, MO et des parois cellulaires des rations : Les digestibilités apparentes de la MS, de la MO et des fibres (NDF) de la ration ont augmenté avec les niveaux croissants d'incorporation de l'huile essentielle. Les CUDa obtenus avec les rations FPc+HEZ₀200 ont été significativement supérieurs à ceux rapportés avec les autres rations. Cette augmentation serait due à l'action des principaux composés actifs de l'huile essentielle de gingembre sur les microorganismes en vu de moduler favorablement les fermentations ruminales et améliorer par conséquent la digestibilité. Le gingembre permet également d'augmenter les sécrétions enzymatiques gastro-intestinales (Zhang *et al.*, 2009). Ces observations sont renforcées par les résultats obtenus par Zhao *et al.* (2011) qui ont rapportés que le gingembre augmente la digestion des fourrages ainsi que l'absorption nutritive en raison de son effet positif sur la sécrétion gastrique et les activités enzymatiques digestives.

5.3 Effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* (HEZ₀) sur l'utilisation digestive de l'azote du foin de *Pennisetum clandestinum* Le coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDa) de l'azote a augmenté significativement avec l'ajout de l'huile essentielle aux différentes rations. Ces résultats sont en accord avec obtenue par Newbold *et al.* (2004) ; Hristov *et al.* (2008). Les effets des huiles essentielles dans le rumen sont basés sur la réduction de la dégradation des protéines et à une inhibition de la dégradation d'acide aminé due à l'action sélective de leur composés terpenoïdes sur les micro-organismes, spécifiquement les bactéries protéolytiques et producteurs d'ammoniac (Hart, 2008 ; Amlan et Patra, 2010). Ce qui pourrait moduler favorablement les fermentations ruminales par augmentation de la quantité d'acides aminés disponibles pour les besoins de l'animal et par conséquent entraînerait une augmentation de la digestibilité de l'azote. Ces résultats corroborent l'assertion selon laquelle l'addition de l'huile essentielle à la ration entraîne une augmentation de la quantité de protéine qui transite vers l'intestin améliorant

ainsi l'utilisation efficace des protéines alimentaires. La baisse de la dégradation des protéines au niveau du rumen entraînant une baisse de la concentration ruminale en azote ammoniacale et à l'augmentation du flux duodéal de protéine brute. Ce résultat suggère que les *by-pass protein* ruminale aient été augmentée par l'addition de l'huile essentielle, qui est un effet bénéfique des huiles essentielles (Newbold *et al.*, 2004 ; Molero *et al.*, 2004).

5.4 Effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur quelques paramètres biochimiques : Les paramètres biochimiques étudiés ont augmenté avec l'ajout de l'huile essentielle dans les rations sans toutefois débordés les valeurs normatives définies par Ndoutamia et Ganda (Ndoutamia et Ganda et 2004), exception faite de la concentration sérique moyenne du LDL qui a significativement baissé avec la ration FPc+HEZ₀+200. Le taux sérique élevé de protéine totale, d'albumine et de globuline (paramètres du métabolisme protéiques) avec l'incorporation de l'huile essentielle dans la ration peut se justifier par l'effet des composés terpenoïdes de cette huile sur les micro-organismes du rumen, spécifiquement les bactéries protéolytiques et producteurs d'ammoniac entraînant une diminution de la dégradation des protéines et à une inhibition de la dégradation d'acide aminé qui seront utilisés de manière efficace au niveau de l'intestin (Hart *et al.*, 2008 ; Amlan et Patra, 2010). Ces observations sont renforcées par les résultats obtenus avec d'autres huiles essentielles contenant les composés similaires (Zhang *et al.*, 2009). Les teneurs en cholestérol et LDL sérique ont baissé avec le niveau croissant d'incorporation de l'huile essentielle dans la ration. Ces résultats concordent avec ceux obtenu par Bhandari et Grover (1998) ; Akhani *et al.* (2004) ; Verma *et al.* (2004) ; Oleforuh-Okoleh *et al.* (2015). La réduction du niveau de cholestérol et du LDL peut se justifier par la présence des gingerols contenu dans l'huile essentielle de gingembre qui empêchent la peroxydation de lipide (Ashani et Verma, 2009).



5.5 Effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur quelques paramètres hématologiques chez le mouton : Les paramètres hématologiques étudiés ont été significativement différents entre le lot témoin et les lots ayant reçus l'huile essentielle exception faite de la concentration de granulocyte, du volume corpusculaire moyen (VCM) et la largeur de distribution des globules rouges (LDGB). Ces résultats sont en désaccord avec ceux obtenus par

El-Halim *et al.* (2008) qui n'ont pas observé de différences significatives entre les valeurs hématologiques (Globules rouges, hémoglobines, PCV, MCV, MCH et MCHC) du groupe témoin par rapport aux moutons ayant reçu les rations contenant l'huile de graines noire *Nigella sativa* pendant 6 semaines. Cette différence serait due à la nature et à la composition phytochimique des deux huiles étant donné que l'action des huiles essentielles dépend essentiellement de leurs principaux composés actifs.

6 CONCLUSION

Au terme de cette étude portant sur l'effet de différents niveaux d'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* sur la digestibilité *in vivo* de *Pennisetum clandestinum* et quelques paramètres biochimiques et hématologiques chez les moutons Djallonké, il ressort que l'inclusion des différents niveaux d'huile essentielle de *Zingiber officinale* a permis d'obtenir une ingestion significativement ($p < 0,05$) élevée de la MS, de la

MO, des NDF et de l'azote chez le mouton Djallonké. L'incorporation de l'huile essentielle de *Zingiber officinale* a également amélioré significativement ($p < 0,05$) la digestibilité de la MS, de la MO, de parois cellulaire (NDF) quel que soit le niveau. Les paramètres biochimiques et hématologiques étudiés ont été améliorés avec l'ajout de l'huile essentielle dans les rations.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Agarwal N, Shekhar C, Kumar R., Chaudhary LC, Kamra DN : 2009. Effect of peppermint (*Menthapiperita*) oil on *in vitro* methanogenesis and fermentation of feed with buffalo rumen liquor. *Animal Feed Science and Technology* 148: 321-327.
- Akhani SP, Vishwakarma SL, Goyal RK : 2004. Anti-diabetic activity of *Zingiber officinale* in Streptozotocin-induced type I diabetic rats. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 56 : 101-105.
- Amlan K, Patra JS : 2010. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* 71: 1198-1222.
- Aouadi D, Ben SH : 2012. Effets de l'administration des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* et d'*Artemisia herba alba* sur l'ingestion et la digestion chez des béliers de race. *Rencontre Recherche Ruminants*. 19pp.
- Ashani VM, Verma RJ : 2009. Ameliorative effects of ginger extract on paraben-induced lipid peroxidation in the liver of mice. *Acta Poloniae Pharmaceutica* 66: 225-228.
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M : 2008. Biological effects of essential oils. *Food Chemical Toxicology* 46: 446-475.
- Bayourthe C, Ali HLD : 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: 317-328.
- Benchaar C, Chaves AV, Fraser GR, Wang Y, Beauchemin KA, Mcallister TA : 2007. Effects of essential oils and their components on *in vitro* rumen microbial fermentation. *Canadian Journal of Animal Science* 923: 413-419.
- Bhandari U, Grover JK : 1998. Effect of ethanolic extract of ginger on hyperglycemic rats. *Int. J. Diabetes*, 6: 95-96.
- Burt S : 2004. Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology* 94: 223–253.



- Cabuk M, Bozkurt M, Alcicek A, Akbas Y, Kucukylmaz K : 2006. Effect of an herbal essential oil mixture on growth and internal organ weight of broilers from young and old breeder flocks. *South Africa journal of Animal Sciences* 36: 135-141.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A : 2006. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in vitro systems. *Journal of Dairy Science* 89: 2649–2658.
- Chao SC, Young DG : 2000. Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. *Journal of Essential Oil Research* 12: 639-649.
- CORCY JC : 1991. La chèvre. La maison rustique- paris, 253p.
- El-halim ABDMI, Nabiela M, El-bagir1 and Sabahelkhier MK : 2014. Hematological Values in Sheep Fed a Diet Containing Black Cumin (*Nigella sativa*) Seed Oil. *International Journal of Biochemistry Research & Review* 4: 128-140.
- Hart KJ, Yáñez-Ruiz DR, Duval SM, Mcewan NR, Newbold CJ : 2008. Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and technology* 147: 8-35.
- Helander IM, Alakomi HL, Latva-Kala K, Mattila-Sandholm T, Pol L, Smid EJ, Gorris LGM, Von WA: 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on Gram negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 3590-3595
- Herawati: 2010. The Effect of Feeding Red Ginger as Phytobiotic on Body Weight Gain, Feed Conversion and Internal Organs Condition of Broiler. *International Journal of Poultry Science* 9: 963-967.
- Hristov AN, Ropp JK, Zaman S, Melgar A: 2008. Effects of essential oils on in vitro ruminal fermentation and ammonia release. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 144: 55–64.
- Incharoen T and Yamauchi K: 2009. Production performance, egg quality and intestinal histology in laying hens fed dietary dried fermented ginger. *Animal Feed Science and Technology* 8: 1078-1085.
- Khan RU, Naz S, Nikousefat Z, Tufarelli V, Javdani M, Qureshi MS and Laudadio V: 2012. Potential applications of ginger (*Zingiber officinale*) in poultry diets. *World World's Poultry Science Journal* Vol. 68.
- Kung LJ, Williams P, Schmidt RJ, Hu W: 2008. A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive on for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Sciences* 91: 4793–4800.
- Macheboeuf D, Papon Y, Arturo-Schaan M, Mousset J-L, Cherel R: 2006. Utilisation d'extraits végétaux (huiles essentielles et extrait de polyphénols) pour diminuer la dégradation ruminale des protéines – Étude *in vitro*. *Rencontres Recherche Ruminants* 13: 69–72.
- Molero R, Ibars M, Calsamiglia S, Ferret A, Losa R: 2004. Effects of a specific blend of essential oil compounds on dry matter and crude protein degradability in heifers fed diets with different forage to concentrate ratios. *Animal Feed Science and Technology*, 114: 91-104.
- Ndoutamia G, Ganda K: 2005. Détermination des paramètres hématologiques et biochimiques des petits ruminants du Tchad. *Revue de Médecine Vétérinaire* 156: 202-206.
- Newbold CJ, Mcintosh FM, Williams P, Losa R, Wallace RJ: 2004. Effects of a specific blend of essential oil compounds on rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology* 114: 105-112.
- Noirot V, Moncoulon R, Sauvante D, Bayourthe C: 2007. Effet d'une supplémentation en huiles essentielles et composés d'huiles essentielles chez le ruminant : analyse statistique. *Revue de Médecine Vétérinaire* 158: 589-597.
- Oleforuh-Okoleh VU, Ndofor-Foleng HM, Olorunleke SO, Uguru JO: 2015. Evaluation of Growth Performance, Haematological and serum biochemical response of broiler chickens to aqueous



- extract of Ginger and Garlic. *Journal of Agricultural Science* 7: 167-173.
- Onu PN: 2010. Evaluation of two herbal spices as feed additives for finisher broilers. *Biotechnology in Animal Husbandry* 26: 383-392.
- Steele RG, Torrie JH :1980. Principles and procedures of statistics. New York, USA, McGraws Hill Book, 633 pp.
- Tendonkeng F, Boukila B, Pamo TE, Mboko AV, Zogang F. B. ET Matumuini N E F: 2011. Effets direct et résiduel de différents niveaux de fertilisation azotée sur la composition chimique de *Brachiaria ruziziensis* à la floraison à l'Ouest Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5: 570-585.
- Verma SK, Singh M., Jain P, Bordia S: 2004. Protective effect of ginger, (*Zingiber officinale* Rose) on experimental atherosclerosis in rabbits. *Indian Journal of Experimental Biology* 42: 736-738.
- Wang L, Waller C: 2006. Recent advanced in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and technology* 1-13.
- Zhang JZ, Miao SJ, Huang S, Li SL: 2009. Effect different levels of *Spirulina* on ruminal internal environment and degradation of fibre in dairy cows. *Chinese journal of catalysis* 36: 32-36.
- Zhao X, Yang ZB, Yang WR, Wang Y, Jiang SZ and Zhang GG: 2011 Effects of ginger root (*Zingiberofficinale*) on laying performance and antioxidant status of laying hens and on dietary oxidation stability. *Poultry Science* 90: 1720-1727.