République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Batna 1- Hadj-Lakhdar

Institut des Sciences Vétérinaires et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques

Thèse présentée par :

KAHOULI Abdel basset

En vue de l'obtention du diplôme de doctorat (L.M.D) en sciences agronomiques

Spécialité : Production animale

Thème :

Effets de l'addition d'argile naturelle et de condiments sur l'état corporel des brebis et les performances de reproduction

Directeur de thèse :
KABOUL Noureddine

Laboratoire de rattachement :
Sciences des Aliments

Soutenue publiquement le : 11/04/2021

Devant le jury :

Président :	Mr. TLIDJANE Madjid	Pr. Université Batna 1
Examinateurs :	Mr. OUACHEM Derradji	Pr. Université Batna1
	Mr. BENMAKHLOUF abdelmalek	Pr. Univ. Constantine 1
	Mme. DEGHNOUCHE Kahramen	Pr. Université de Biskra
	Mme. KAIOUECHE Fatima Zohra	Pr. Univ. Constantine 1
	Mr. MEREDEF Aissa	M.C.A. Université Batna 1

Année universitaire : 2020-2021

Dédicaces

Ce modeste travail est dédié à :

- *Ma chère mère,*

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie,
Quoique, je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance,
Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

- *À mon cher père,*

Un exemple de qualité, de persévérance et de perfectionnisme.
En témoignage de toutes les années de sacrifices, sollicitudes, d'encouragement et de prières,
Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma reconnaissance et mon profond amour,
Puisse Dieu tout puissant, vous préserver et vous procurer santé et bonheur.

- *Mes frères Krimo et Oussama et ma sœur Khouloud,*

Vous avez été à mes côtés durant toutes ces années,
Aucune dédicace ne peut exprimer la profondeur des sentiments fraternels à votre égard,
Puisse Dieu vous protéger, garder et renforcer notre fraternité.

- *Mon oncle Ali,*

Mon exemple, mon maitre et mon guide,
Pour vos conseils et votre sagesse, je vous dédie ce travail en témoignage de mon grand respect et mon estime envers vous.
J'implore Dieu qu'il vous apporte bonheur et santé.

- *Mes meilleurs amis,*

Hamza, Ali, Dahman, Mohamed, Adel, Oussama, Abdelmalek, Toufik, Billel, Amir, Amine, Djallil, Zahro, Ahmed, Hicham, Madjid, Saîd, Imad, Soufiene et walid,
En témoignage de votre soutien moral, veuillez trouver ici l'expression de mon profond respect, ma gratitude et mon estime envers vous.
Puisse Dieu prolonger et consolider notre amitié.

- *Toute ma famille KAHOULI, mes oncles « ZIRI », et tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à finaliser ce modeste travail, veuillez trouver ici mon respect et ma sincère gratitude.*

Abdelbasset.

Remerciements

Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la puissance, la patience, la santé et la volonté pour arriver au terme de ce très modeste travail dans les meilleures conditions possibles.

À mon directeur de thèse Mr. KABOUL N. pour m'avoir encadré, dirigé et m'apporté l'aide nécessaire afin de mener à bien celui-ci. Merci pour votre engagement et votre disponibilité.

Mes vifs remerciements et ma sincère gratitude à Pr. TLIDJANE M. d'avoir accepté de nous honorer par la de présidence du jury. Hommages et respect profonds.

À Messieurs : Pr. OUACHEM D., Pr. BENMAKHLOUF A., Pr. DEGHNOUCHE K., Dr. KAIOUECHE F.Z. et Dr. MEREDEF A. d'avoir accepté d'examiner le travail et de faire partie de jury de la soutenance.
Sincères remerciements.

À Messieurs : Pr. OUACHEM D., Pr. MEZIANE T., Dr. YOUSFI M., Dr. REKIKE F., Dr. MIBARKI M., Dr. MERRADI S. et Dr. BERDJA R. Qu'ils trouvent ici l'expression de mon respect profond et ma sincère gratitude pour leur collaboration et leurs conseils.

Il m'est très agréable aussi de remercier vivement la direction de l'ITELV (le directeur, Mme BENBOURHANE et Mme YAHYATEN), tout le personnel de la ferme d'Ain M'lila et tous ceux qui ont contribué de prés ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Merci à vous tous.
KAHOULI A.

Table des matières

Liste des abréviations
……5
Liste des tableaux ……III
Liste des figures ……IV
Liste des photos …… V
Liste des annexes ……VI
Introduction …… 1

Bibliographie

Les additifs dans l'alimentation animale….4

1.1. Définition *4*
1.2. Les antibiotiques *4*
1.2.1. L'utilisation des antibiotiques dans le domaine de l'élevage 5
1.2.2. Les risques liés à l'emploie d'antibiotiques 6
1.2.3. Alternatives aux antibiotiques 9
1.3. L'utilisation de l'argile en tant qu'alternative aux antibiotiques chez les ruminants ……11
1.3.1. La géophagie 11
1.3.2. Informations générales sur l'argile 12
1.3.3. L'argile dans l'alimentation des ruminants 14
1.3.3.1. Effet sur le processus digestif ……14
1.3.3.2. Les vertus thérapeutiques de l'argile chez les ruminants ……...22
1.3.3.3. Répercussions de l'argile sur les performances zootechniques ……..26
1.3.3.4. L'impact écologique de l'emploi de l'argile chez les ruminants ……34
1.4. L'utilisation de phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques chez les ruminants 36
1.4.1. Informations générales sur les phytobiotiques 36

1.4.2. Effet des phytobiotiques sur le processus digestif 37

1.4.3. Les phytobiotiques et le bien être animal 43

1.4.4. Effet des phytobiotiques sur les performances zootechniques 47

1.4.5. La répercussion écologique de l'emploie des phytobiotiques 54

<u>Partie expérimentale</u>

1. Matériel et méthode….56

1.1. Objectif de l'étude 56

1.2. Lieu expérimental 56

1.3. Animaux 57

1.4. Bâtiment 58

1.5. Conduite du cheptel expérimental 59

1.5.1. Alimentation 59

1.5.2. Reproduction 63

1.5.3. Les paramètres visés 65

1.5.4. Poids et NEC 65

1.5.5. Le rendement laitier (PL) 67

1.5.6. Échantillonnage et analyse du lait 67

1.6. Analyse statistique 68

2. Résultats et discussion….69

2.1. Evolution de l'état corporel des brebis 69

2.1.1. Évolution des paramètres généraux en fonction du stade physiologique 70

2.1.2. Effet des additifs et leurs combinaisons sur l'état corporel des brebis 72

2.2. Le bilan reproductif des brebis 74

2.2.1. Les caractéristiques générales 74

2.2.2. Influence de la NEC des brebis au moment de la lutte sur les performances de reproduction 78

2.2.3. Influence des additifs et leurs combinaisons sur les paramètres de reproduction ……80

2.3. Les performances productives des brebis *83*

2.3.1. La production laitière 85

2.3.2. Les performances de croissance des agneaux 94

2.3.2.1. Effet de la NEC des brebis à l'agnelage sur la croissance des agneaux ...……...94

2.3.2.2. Effet des additifs et de leurs combinaisons sur la croissance des agneaux …… 98

3. Conclusion 103

Recommandations ……..……..……..104

Références bibliographiques ……...…….……..105

Annexe.……..……..……130

Liste des abréviations

AGV : Acides gras volatiles ;

ANOVA : Analysis of variance ;

AOAC : Association of analytical communities ;

AFNOR : Association française de normalisation ;

Ca : Calcium ;

CB : Cellulose brute ;

CI : Capacité d'ingestion ;

eCG : equine Chorionic Gonadotropin ;

g : Gramme ;

GMQ : Gain moyen quotidien ;

Grp : groupe ;

jr : Jour ;

kg : Kilogramme ;

L : litre ;

LSD : last square difference ;

MAT : Matière azotée totale ;

MF : Matière fraiche ;

MG : Matière grasse ;

MM : Matière minérale ;

MO : Matière organique ;

MS : Matière sèche ;

Nb : nombre ;

NEC : Note d'état corporel ;

P : Phosphore ;

PàN : Poids à la naissance ;

Pds 4s : Poids à 4 semaines d'âge ;

Pds 70jrs : Poids à 70 jours d'âge ;

Pds 8s : Poids à 8 semaines d'âge ;

Pds : Poids ;

$PGF_{2\alpha}$: Prostaglandine ;

pH : potentiel hydrogène ;

PL 1s : Production laitière (rendement laitier) durant la première semaine d'allaitement ;

PL 5s : Rendement laitier durant le premier mois d'allaitement ;

PL 8s : Rendement laitier durant les deux premiers mois d'allaitement ;

PL : rendement laitier ;

PV : Poids vif ;

TL : Taux de lactose ;

TP : Taux de protéines ;

UF : Unité fourragère ;

UI : Unité internationale.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition des lots expérimentaux. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 2 : Valeur nutritive des aliments servis aux brebis. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 3 : Équations de prédiction du rendement laitier des brebis (Torres-Hernandez et Hohenboken, 1980). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 4 : Dynamique du poids[1] et de la NEC[1] des brebis durant le cycle productif. . **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 5 : Les caractéristiques générales de reproduction du cheptel expérimental. .. **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 6 : Effet de la NEC à la lutte sur les paramètres de reproduction des brebis. .. **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 7 : Bilan reproductif des lots expérimentaux..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 8 : Résultats globaux de la croissance et du rendement laitier des brebis de cheptel expérimental. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 9 : Effet de la NEC à l'agnelage sur le cumul de la production laitière des brebis dans la 1ère semaine et la 8ème semaine d'allaitement. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 10 : Effet des additifs et de leurs combinaisons sur le cumul du rendement laitier des brebis durant la 1ère semaine et la 8ème semaine d'allaitement. ... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 11 : Effet des additifs et de leurs combinaisons sur la qualité du lait durant la 1ère et la 8ème semaine d'allaitement. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 12 : Effet de la NEC des brebis à l'agnelage sur le poids de naissance et la croissance de leurs agneaux. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 13 : Variations des performances de croissance des agneaux en fonction des additifs incorporés et de leurs combinaisons……... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des figures

Figure 1 : Mécanismes de l'antibiorésistance (Chardon et Brugère, 2014). ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 2 : image satellitaire localisatrice de lieu expérimental, FDPS Ain M'Lila (Google maps). ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 3 : Evolution du poids des brebis durant le cycle productif. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 4 : Evolution de la NEC des brebis durant le cycle productif..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 5 : Evolution de la NEC des brebis sous l'effet des additifs..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 6 : Evolution de la NEC des brebis sous l'effet des additifs..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 7 : Caractéristiques générales de reproduction de cheptel expérimentale. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 8 : Répartition du taux de mortalité à travers les différents lots expérimentaux. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 9 : Illustration des performances de reproduction en fonction de la NEC à la lutte. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 10 : Variation du taux de fertilité en fonction des lots..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 11 : Variation du taux de prolificité en fonction des lots..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 12 : Variation du taux de fécondité en fonction des lots. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 13 : Variation de la production laitière des brebis selon leur NEC à l'agnelage. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 14 : Variation du rendement laitier des brebis sous l'effet d'additifs. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 15 : Variation de la qualité du lait en 1ère semaine d'allaitement sous l'effet des additifs et leurs combinaisons. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 16 : Variation de la qualité du lait en 8ème semaine d'allaitement sous l'effet des additifs et leurs combinaisons. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 17 : évolution de la courbe de croissance des agneaux en fonction de la NEC de leurs mères à l'agnelage. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 18 : Représentation du GMQ (kg/j) total des agneaux en fonction de la NEC de leurs mères à l'agnelage. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 19 : L'allure des courbes de croissance des agneaux dans les différents lots..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 20 : Représentation du GMQ total des agneaux dans les différents lots. **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des photos

Photo 1 : Application de diagnostique de gestation. 57
Photo 2 : Bâtiment d'élevage des animaux expérimentaux. 58
Photo 3 : Analyse de la teneur des fourrages en minéraux par le spectrophotomètre à flamme. 63
Photo 4 : Opération de synchronisation des chaleurs des brebis par les éponges vaginales. ... 64
Photo 5 : Prise du poids et palpation lombaire pour évaluer l'état corporel des brebis. 66
Photo 6 : Prise du poids hebdomadaire des agneaux maternés. 66
Photo 7 : Analyse d'un échantillon du lait des brebis par le Lactoscan. 68

Liste des annexes

Annexe 1 130

Introduction

Le système d'élevage est une transformation de l'activité photosynthétique (production végétale) par des animaux domestiques pour l'élaboration des produits de haute valeur nutritionnelle et économique. Il est étroitement lié aux conditions climatiques et aux ressources végétales de l'environnement sachant qu'il occupe une place incontournable dans l'économie de la majorité des payes arides et semi-arides (Blowey et Weaver, 2006 ; Naqvi, 2012 ; Hamadache, 2016).

En Algérie, l'élevage ovin représente une tradition ancrée d'un tiers de la population. Dominé par la brebis Ouled-Djellal en constituant environ 63% du cheptel ovin national. Son élevage se concentrant en grande partie dans les zones arides, car c'est le seul animal de haute valeur économique à pouvoir tirer partie des immenses espaces des 40 millions d'hectares de ces parcours existants en restant toujours le principal pourvoyeur de la viande rouge du pays (Chellig, 1992 ; Chekkal *et al.*, 2015 ; Hamadache, 2016 ; Djaout *et al.*, 2017).

Dans les régions difficiles avec de longues périodes de sécheresse, l'apport alimentaire peut être déficient en se limitant généralement sur des pâturages naturels et des chômes communément lignifiées et nutritionnellement pauvres. Une situation corrigée le plus souvent par le recours perpétuelle et accrue aux aliments concentrés afin de maintenir les animaux en bon état notamment durant les stades précaires du cycle productif des femelles où les besoins nutritionnels sont au maximum (fin de gestation, début de lactation) conjugué avec l'utilisation d'additifs alimentaires destinés à promouvoir l'efficacité digestive des animaux, assurer leur bien être et atténuer leur impact environnemental (Teferedegne, 2000 ; AFSSA, 2007 ; Chemmam *et al.*, 2009).

Néanmoins, avec l'accroissement de la conscience publique envers l'utilisation des additifs alimentaires qui gardent toujours une mauvaise image chez les consommateurs à l'égard des antibiotiques et d'autres produits chimiques qui ont été débattus puis interdits depuis plus d'une décennie de part le monde à cause de l'émergence de l'antibiorésistance et des résidus chimiques dans les produits carnés, qui constituent un risque majeur sur la santé publique sachant que l'homme et l'animal partagent le même environnement microbien, presque les mêmes antibiotiques, et donc la même santé d'où vient le concept *« One Health »* (Teferedegne, 2000 ; Simon *et al.*, 2005 ; Delteil *et al.*, 2012 ; AMI 2014 ; Chardon et

Brugère, 2014). De ce fait, le recours vers une production « Bio » et « Eco-Friendly » devient une obligation avant qu'elle soit une exigence publique.

Or, l'élaboration et la mise en œuvre des 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, sachant que ces stratégies doivent être basées sur la connaissance des processus et du microbiote ruminal compte tenu des particularités congénitales des ruminant (Molina *et al.*, 2013). En l'occurrence, de nombreuses alternatives basées sur des substances naturelles et biologiques jugées plus saines ont été suggérées afin d'éviter l'utilisation d'antibiotiques et d'autres substances chimiques réputés des facteurs de croissance.

La géophagie est l'une de ces stratégies, étant reconnues comme un phénomène naturel de la consommation de la terre (Duval, 1993) pour divers raisons. En outre, dans la littérature, l'utilisation des différents types de l'argile chez les différentes catégories d'animaux (mono- et polygastriques) a fait preuve de son utilité et de son pouvoir thérapeutique et comme promoteur de croissance, son effet peut se résumer selon Ouachem et Nouicer (2006) par un pouvoir tampon permettant de moduler le bioprocès des fermentations ruminales, une amélioration de l'efficacité alimentaire toute en fournissant des minéraux indispensables à l'animal et son microbiote.

À leurs tours, les phytobiotiques, une catégorie d'additifs alimentaire issue d'une large gamme de plantes médicinales semble être une alternative potentielle aux antibiotiques facteurs de croissance. Ce sont des antioxydants, anticancéreux, antimicrobiens, antiparasitaires, modulateurs d'enzymes, des détoxifiants et des stimulateurs digestifs et immunitaires (Tajkarimi *et al.*, 2010 ; Alloui, 2011 ; Mehlhorn *et al.*, 2011 ; Odoemelam *et al.*, 2013 ; Oh *et al.*, 2017 ; Omontese *et al.*, 2017) pouvant améliorer davantage les performances animales.

De ce fait, l'emploi de ces substances mérite d'être approfondi. En l'occurrence, on se propose dans le cadre de cette thèse de doctorat d'apporter un complément d'information sur l'utilité de ces deux types d'additifs, en les testant sur la brebis Ouled-Djellal. L'objectif de l'étude est de:

- Quantifier l'effets de l'incorporation d'argile naturelle (Kaolinite) et des condiments (phytobiotiques) à l'image de l'ail et de cumin en poudre séparément et combinés dans le

régime alimentaire des brebis sur leur état corporel (autour de la lutte, en fin de gestation et pendant l'allaitement) et la répercussion sur les performances de production et de reproduction et même sur la croissance de leur progéniture ;

- Contribuer à la recherche d'alternatives aux antibiotiques et aux substances chimiques nocives pour la santé humaine ;

- Valoriser les ressources naturelles existantes localement, et surtout, améliorer les performances animales notamment dans les régions à fortes contraintes naturelles et pauvres en matière de ressources fourragères.

Les additifs alimentaires dans l'alimentation animale

1.1. Définition

Les additifs pour l'alimentation animale sont définis comme des substances, micro-organismes ou préparations, autres que les matières premières pour aliments des animaux et les prémélanges, délibérément ajoutés aux aliments pour animaux ou à l'eau. Ils doivent avoir au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- Un effet positif sur les caractéristiques des aliments pour animaux (la qualité organoleptique, la consistance, la couleur, la flaveur…) ;
- Un effet positif sur les caractéristiques des produits d'origine animale (gout, odeur, …) ;
- Un effet positif sur la couleur des poissons ou oiseaux d'ornement ;
- répondre aux besoins nutritionnels des animaux ;
- Un effet positif sur les conséquences environnementales de la production animale ;
- Un effet positif sur la production, le rendement ou le bien-être des animaux, en influençant notamment la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux ;
- Un effet coccidiostatique ou histomonostatique (Claude, 2002 ; AFSSA, 2007 ; Delteil *et al*., 2012).

1.2. Les antibiotiques

Les antibiotiques sont des substances produites par des microorganismes, champignons et rarement par des végétaux ou encore synthétiques utilisés comme la principale classe des médicaments vétérinaires depuis plus d'un demi siècle (McDonald *et al.*, 2002 ; Sanders, 2005 ; Simon *et al.*, 2005 ; Bakshi et Wadhwa, 2012 ; AMI, 2014 ; Chardon et Brugère, 2014).

Selon leurs modes d'action, d'après McDonald *et al.* (2002) et Sanders (2005) les antibiotiques constituent 2 classes :

- Des antimicrobiens (non ionophores), ils arrêtent la croissance des bactéries en interférant avec leur métabolisme cellulaire, ils agissent :

- Dans la synthèse du matériau constituant la paroi cellulaire bactérienne et provoquant son éclatement (Ex : L'avoparcine et la flavomycine) ;
- Comme des inhibiteurs de la synthèse protéique bactérienne, ils sont généralement plus actifs contre les bactéries Gram$^+$ (Ex : la tylosine et la virginiamycine) ;
- Comme des inhibiteurs de la synthèse de l'ADN bactérien (y compris les nitrofuranes et les quinoxaline-Noxides) avec un large spectre d'activité.

➢ Les antibiotiques ionophores, telles que la Monensine, Lasalocid, Narancin, etc. Ils interfèrent avec l'équilibre électrolytique (Na/K) de la cellule bactérienne en transportant du potassium dans la cellule bactérienne suite à une défaillance fonctionnelle des pompes ioniques membranaires, ce qui provoque un afflux d'ions chargé positivement (K^+) à l'intérieur de la cellule bactérienne qui sera démolit par conséquence d'une pénétration de l'eau par osmose.

1.2.1. L'utilisation des antibiotiques dans le domaine de l'élevage

Les antibiotiques ont souvent été employés à des fins purement thérapeutiques de part le monde pour lutter contre les maladies infectieuses d'origine bactériennes à morbidité importante en profitant de leurs effets à la fois bactériostatiques à faibles doses et bactéricides à fortes doses chez toutes les catégories d'animaux (Barton, 2000 ; Teuber, 2001 ; Sanders, 2005 ; Chardon et Brugère, 2014). Cependant, ils peuvent être privilégiés pour des fins zootechniques. En agissant sur la flore pullulant le tube digestif par la stimulation sélective des microorganismes favorables et permettant de faire un épargne de nutriments et de vitamines dégradés par les enzymes digestives pour l'organisme de l'animal au lieu d'être détournés pour la multiplication bactérienne ou transformés en catabolites toxiques. Outre, les antibiotiques améliorent l'utilisation alimentaire chez les animaux, par amélioration de l'utilisation énergétique protéique et phosphatée en agissant sur les bactéries indésirables concurrençant l'animal vis-à-vis de ses nutriments, ce qui est susceptible d'autre part d'atténuer l'impact environnemental en réduisant les pertes azotés et diminuer la part des gaz à effet de serre notamment le CH_4. D'ailleurs, il est reconnu que cette catégorie de médicament stabilise les fermentations ruminales et intestinales, ce qui permet de protéger l'animal contre plusieurs incidences métaboliques telles que les acidoses. Par ailleurs, tout ça est en mesure d'améliorer l'état sanitaire de l'animal, en lui permettant d'extérioriser ses capacités génétiques dans les meilleures conditions et donc ses performances de croissance seront privilégiées davantage notamment la croissance et le gain du poids ce qui leur donne la

caractéristique d'antibiotiques facteurs ou promoteur de croissances (AFC) (Barton, 2000 ; Gourmelen *et al.*, 2002 ; McDonald *et al.*, 2002 ; Simon *et al.*, 2005 ; Bakshi et Wadhwa, 2012 ; Giguère *et al.*, 2013).

1.2.2. Les risques liés à l'emploie d'antibiotiques

L'avalisation du décret (N°1831, 2003) publié sur le journal officiel de la communauté européenne a mis fin à l'emploie des antibiotiques en les interdisant en Europe (Gallois et Oswald, 2009). Dans ce sens, (Giguère *et al.*, 2013) dénombre les méfaits des antimicrobiens dans le domaine vétérinaire, y compris :

- Toxicité directe sur l'hôte (aminosides) système nerveux (polymyxines) foie (tétracyclines) cœur (monensine, tilmicosine,…)… ;
- Interaction défavorable avec d'autres médicaments, interagir avec l'excrétion rénale ou entraîner une compétition pour les récepteurs ou les protéines plasmatiques ;
- Perturbation de la flore bactérienne commensale de l'hôte ;
- Sélection ou promotion de la résistance aux antimicrobiens ;
- Nécrose tissulaire au site d'injection ;
- Résidus de médicaments dans les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine ;
- Altération des mécanismes immunitaires de l'hôte ;
- Lésion des tissus fœtaux ou néonataux.

Cependant, Rochfort *et al.* (2008), Hashemi et Davoodi (2011) et Ahmed-Gaid (2017) s'accordent à dominer l'antibiorésistance comme la cause préjudiciable prépondérante et les résidus chimiques dans les produits animaux en deuxième lieu en conséquence de l'utilisation d'antibiotiques et qui peuvent nuire majoritairement sur la santé humaine.

1.2.2.1. L'antibiorésistance

Selon AMI (2014), l'antibiorésistance est la propriété des microbes qui deviennent résistants à un médicament après y avoir été exposé fréquemment ou à des fortes doses (dans ce cas le microbe ne sera pas démolit et acquière une défense contre le médicament), ce qui rend le médicament inefficace. Chardon et Brugère (2014) ajoutent que l'homme et l'animal partageant le même environnement (bactéries, virus, *etc.*) et les mêmes antibiotiques, leur santé relève de fait d'une seule et même santé *« One Health »*. En l'occurrence, le danger sur

la santé humaine s'aggrave, et les médicaments prescrits contre les infections risque de ne plus fonctionner si des bactéries résistantes pénètrent dans les aliments ou ne sont pas détruites par une cuisson adéquate en se transmettant aux bactéries pathogènes pour l'homme (Barton, 2000 ; AMI, 2014).

De plus, Chardon et Brugère (2014) ainsi qu'Ahmed-Gaid (2017) passent en revue bibliographique que l'utilisation d'antibiotiques engendre un effet de sélection des bactéries résistantes et crée une pression favorable à leur développement : ces bactéries vont persister, se multiplier et devenir prépondérantes, et qu'une fois cette pression a été introduite dans un milieu, la résistance peut rapidement se développer et se propager par transfert horizontal (figure 9). Ahmed-Gaid (2017) ajoute que la propagation de la résistance peut être par le moyens des mouvements d'animaux porteurs entre troupeaux, entre les pays et le mouvement des déterminants de la résistance dans l'écosystème au moyen de vecteurs comme les rongeurs, les oiseaux, les insectes et même les déchets fécaux utilisés pour l'amendement. Chardon et Brugère (2014) indiquent que le phénomène de résistance peu être :

- naturel : certaines bactéries n'étant pas sensibles naturellement à certains antibiotiques. Ceci peut être dû à un défaut d'accès de l'antibiotique à sa cible dans la bactérie ou encore à une absence de cible.
- acquis : l'augmentation du taux de bactéries résistantes est étroitement corrélée à un mésusage des antibiotiques comme un traitement mal adapté, arrêté trop tôt ou trop peu dosé, ou encore à une surconsommation d'antibiotiques.

Également, Sanders (2005) et Chardon et Brugère (2014) explicitent que l'antibiorésistance peut être multiple, dans ce cas on parle de « Multirésistance », en l'occurrence, le danger se multiplie également. Autrement dit, une bactérie peut être résistante à plusieurs familles d'antibiotiques, à la quasi-totalité d'antibiotiques dans le cas de bactéries « hautement résistantes : BHR », voire la totalité des familles dans le cas de bactéries « totorésistantes ».

Selon Giguère *et al*. (2013) et Chardon et Brugère (2014), trois mécanismes sont responsables de l'acquisition de l'antibiorésistance :

- l'évitement ou le contournement : par la modification ou la protection par une molécule spécifique de la cible bactérienne interne ou pariétale de sorte que l'antimicrobien ne puisse plus agir ;

- l'attaque : par modification ou dégradation de l'antibiotique administré par les enzymes de la bactérie cible avant ou après sa pénétration de la cellule bactérienne ;
- l'élimination : rejet accéléré de l'antibiotique dans le milieu extérieur par des pompes à afflux générales ou spécifiques (figure 9).

Chardon et Brugère (2014) notent également qu'une bactérie peut devenir résistante soit par mutation chromosomique naturelle soit suite à l'échange de matériels génétiques mobiles entre les bactéries tels que les plasmides, les transposons ou les intégrons, portant les gènes de résistance aux antibiotiques selon trois mécanismes de transfert horizontale (figure 9) :

- la transformation : intégration, par une bactérie réceptrice, d'un fragment d'ADN nu étranger suite à la lyse d'une autre bactérie ;
- la transduction : transfert d'un fragment d'ADN étranger à une bactérie réceptrice par l'intermédiaire d'un vecteur viral ;
- la conjugaison : transfert d'un fragment d'ADN issu d'une bactérie donneuse à une bactérie réceptrice, sous la forme d'un plasmide dans la grande majorité des cas. Il s'agit du mécanisme le plus efficace (transfert le plus rapide d'importantes quantités d'information génétique) et donc le plus souvent impliqué dans la dissémination de la résistance aux antibiotiques.

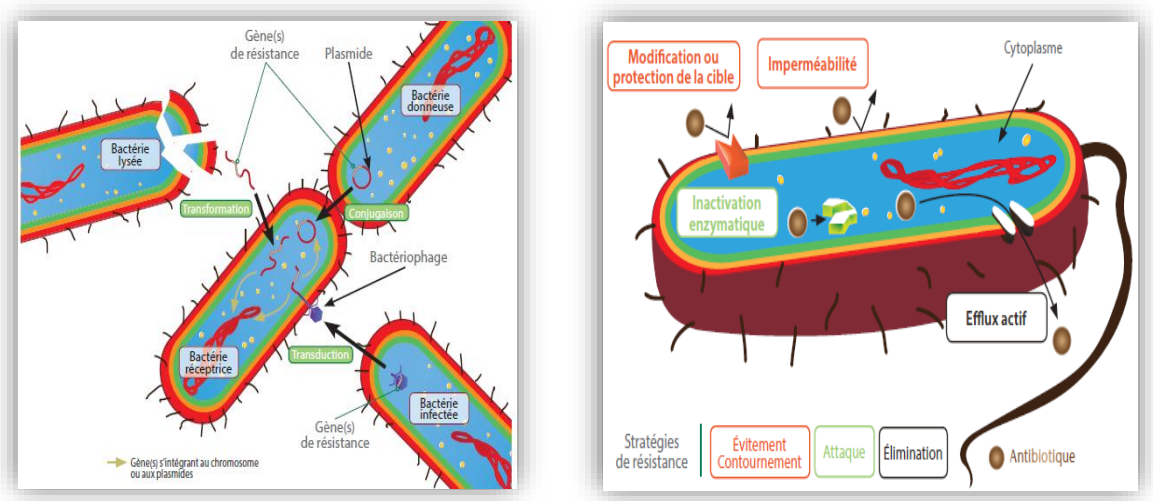

Figure 1 : Mécanismes de l'antibiorésistance (Chardon et Brugère, 2014).

1.2.2.2. Les résidus chimiques dans les produits carnés

Le résidu d'antibiotique est une portion de celui-ci qui se précipite dans le corps après l'interruption de son utilisation (AMI, 2014), l'antibiotique est donc l'origine de ces résidus et de ses métabolites dans les denrées alimentaires qui en sont issues telles les viandes, les abats et le lait (Chardon et Brugère, 2014). À cette issue, Ces résidus peuvent engendrer de graves conséquences allergiques ou hypersensibles chez les consommateurs comme c'est le cas de l'utilisation de pénicilline, les sulfamides et les fluoroquinolones (Hashemi et Davoodi, 2011 ; Ahmed-Gaid, 2017).

Des doses seuils sont définies pour éviter les mal faits de ces résidus (Barton, 2000), alors que CIV (2008) notent que même l'effet d'une faible quantité à long terme peut être néfaste. Il compte deux sortes d'effets, d'une part, des effets immédiats très spécifiques comme par exemple un effet pharmacologique similaire ou différent de celui produit chez l'animal, une allergie ou une hypersensibilisation, et d'autre part, des effets à plus long terme par ingestion régulière de faibles quantités d'une même substance comme par exemple un effet cancérigène.

1.2.3. Alternatives aux antibiotiques

Suite à l'interdiction des antibiotiques facteurs de croissance (AFC) en alimentation animale par l'union européenne, de nouvelles stratégies sont en cours de développement afin de maintenir les performances des animaux à leur niveau actuel (Gallois et Oswald, 2009). Une nouvelle gamme d'additifs a été proposée pour substituer les antibiotiques, elle est encore en phase expérimentale, chaque additif est utilisé selon ses caractéristiques déterminantes, il doit encore obéir selon Claude (2002) et Delteil *et al.* (2012) à trois règles pour être légalement utilisé : identité, efficacité et innocuité (pour l'animal et l'homme).

En effet, beaucoup d'ingrédients ont été testés comme additifs ayant des impacts bénéfiques sur les performances des animaux en vue de la substitution des antibiotiques, nous citons (Claude, 2002 ; Gourmelen *et al.*, 2002 ; McDonald *et al.*, 2002 ; Chahal *et al.*, 2008 ; Grashorn, 2010 ; Delteil *et al.*, 2012 ; Cloutier et Klopfenstein, 2015):

1.2.3.1. Les enzymes

Une enzyme est une protéine favorisant l'activation ou l'accélération des réactions chimiques, c'est un catalyseur biologique. Ce type de protéine, utilisée comme additif

alimentaire pour animaux, améliore la digestibilité des aliments contribuant ainsi à une meilleure assimilation de la ration et à une diminution des rejets. La phytase, les enzymes dégradant les polysaccharides non amylacés, les protéases et la cellulase sont les enzymes communément utilisés dans ce domaine.

1.2.3.2. Les acidifiants

Utilisé depuis longtemps dans l'alimentation animale comme l'acide formique, propionique, fumarique, etc. Ce sont des correcteurs d'acidité, utilisés pour abaisser le pH dans le tractus digestif afin de réguler la croissance bactérienne, et réduire également la croissance de bactéries inutiles concurrençant l'animal vis-à-vis de ses nutriments et la prolifération des agents pathogènes, ils sont également impliqués dans l'amélioration de la digestion par la stimulation de la sécrétion et l'activité enzymatique et la dégradation protéique suite à l'abaissement du pH.

1.2.3.3. Les substances digestibles

Utilisés pour des raisons non seulement nutritionnelles comme les minéraux, les vitamines et substances à effets analogues, les oligo-éléments, les acides aminés et leurs produits analogues, l'urée et ses dérives, …, Mais également pour favoriser la multiplication des bactéries commensales, et donc stimuler la digestion.

1.2.3.4. Les substances non digestibles

C'est des matières ou des préparations alimentaires indigestes appelées prébiotiques (souvent les oligo- et les poly-saccharides tels que les MOS, FOS), terres rares et argiles. Utilisés dans l'alimentation animale comme stabilisateurs du milieu digestif, ils sont en mesure utilisés à des fins zootechniques pour améliorer la digestion et l'utilisation alimentaire des animaux, l'inhibition de la prolifération de bactéries nocives et d'agents pathogènes et ainsi que la neutralisation de leurs catabolites toxiques en contribuant réduire les troubles métaboliques, et donc, à redresser les performances animales.

1.2.3.5. Les phytobiotiques

Cette catégorie regroupe un large éventail d'herbes et d'épices et leurs dérives (huiles essentielles, métabolites secondaires) qui ont des propriétés aromatiques et médicinales. Ils sont utilisés comme des additifs alimentaires dans l'alimentation animale pour des fins

zootechniques et même sensoriels (odeur, couleur, …). Délaissés en alimentation animale, ils regagnent un certain intérêt que l'usage des facteurs de croissance antibiotique est restreint. Ils sont connus pour leurs effets antimicrobiens et antioxydants. Ils sont impliqués également dans la digestion et l'amélioration de l'absorption de nutriments, modulation du microbiote digestif et du système immunitaire des animaux.

1.2.3.6. Les microorganismes

Des cultures vivantes d'organismes tels que les probiotiques (bactéries ou champignons de genres *Lactobacilli, Bacilli, Streptococci, Bifidobacterii* and *Sacharomcyces*) et les bactériophages, distribuées dans l'alimentation des animaux pour améliorer la digestibilité par la production d'enzymes digestive et moduler le microbiote digestif en étant en compétition avec les bactérie inutiles, tout en stimulant l'immunité gastro-intestinale de l'hôte en construisant une barrière contre la propagation d'agents pathogènes et neutraliser leurs toxines.

1.3. L'utilisation de l'argile en tant qu'alternative aux antibiotiques chez les ruminants

1.3.1. La géophagie

La géophagie est la consommation délibérée et régulière par l'homme et les animaux des matériaux terreux tels que les sols, les argiles et les substances minérales associées (Wilson, 2003). Ce comportement a été enregistré par les anthropologistes depuis les circonstances préhistoriques (Williams et Hillier, 2014). Ferrell (2008) aisni que Bonglaisin *et al.* (2011) disent que la consommation de terre et particulièrement d'argile est une pratique mondiale, associée à des fins médicinales (antidiarrhéique) et spirituelles dans certaines cultures de part le monde. Les légendes associées aux pouvoirs de guérison de l'argile de Chimayo, au Nouveau-Mexique, constituent un excellent exemple des racines de la géophagie (Ferrell, 2008), cependant, Williams et Hillier (2014) rapportent que les utilisations médicinales des argiles ont été décrites dans l'Antiquité par le philosophe grec Aristote (4ème siècle avant JC), par Pline l'Ancien et Dioscorides (1^{ier} siècle après JC) et dans les écrits de Galen of Pergamon (2ème siècle après JC) où l'argile est transformé en petites tranches et utilisé comme remède contre une certaine variété de maux et de poisons. Dans ce sens, actuellement certains produits pharmaceutiques sont fabriqués à base d'argile pour soigner les

troubles digestifs chez l'homme (Smecta, Bedelix, Actapulgite, …) (Ouachem et Soltane, 2009).

La géophagie n'existe pas uniquement chez l'homme, mais elle peut surgir chez les animaux tant qu'ils soient sauvages ou domestiques (Herlin et Andersson, 1996 ; Mahaney et Krishnamani, 2003 ; Trckova *et al.*, 2004) à raison de la capacité innée de l'animal à explorer et à gouter à l'environnement chimiquement hostile selon (Mahaney et Krishnamani, 2003). Outre, l'ingestion d'argile est considéré comme étant naturel chez les animaux sachant que sols agricoles contiennent souvent une fraction argileuse (Duval, 1993 ; Bonglaisin *et al.* 2011). Dans ce sens Herlin et Andersson (1996), Ouachem *et al.* (2005) et Ouachem et Soltane (2009) dévoilent qu'au pâturage, les animaux peuvent en ingérer jusqu'à 14% de la MS totale ingérée autant qu'il soit adhéré à la végétation, ceci n'est pas spécifique aux ruminants, puisque les porcs mangent naturellement et en grandes quantités de terre, également pour les volailles en basse-cours qui ingèrent des quantités de terre particulièrement d'argile, qui adhère aux graines et à la pédofaune.

La géophagie a été étudiée par des anthropologues, des géologues, des nutritionnistes et des écologistes dans les cultures traditionnelles et actuelles du monde entier (Bonglaisin *et al.* 2011). Pour expliquer ce comportement, pas mal d'hypothèses ont été avancées, d'après Krishnamani et Mahaney (2000), Wilson (2003) et Williams et Hillier (2014), ces hypothèses peuvent être regroupées en 3 catégories :

- La géophagie permet de soulager les affections gastro-intestinales (antidiarrhéique, détoxification et régularisation du pH de tractus digestif);
- Supplémentation en minéraux nutritifs ;
- Elle peut également servir d'aliment à la famine, rassasier des organes sensoriels ou n'avoir aucune signification autre qu'une simple tradition comportementale.

1.3.2. Informations générales sur l'argile

L'argile, un matériau naturel, terreux, à grain fin qui développe une plasticité en étant mélangé avec une quantité limitée d'eau (Grim, 1953). Ce terme n'a pas de signification génétique, car il est utilisé pour les matériaux résultant des intempéries, formés par action hydrothermale ou déposés sous forme de sédiments, outre que, sur le plan granulométrique, l'argile est définie différemment selon les disciplines comme étant l'ensemble des particules

minérales ayant une taille inférieure à 2 microns pour les pédologues, les physiciens et les agronomes, alors que les géologistes considèrent que toutes particules minérales ayant une taille inférieure à 4 microns rentrent dans le grade d'argile (Grim, 1953 ; Ahmed-Gaid, 2017).

Les particules minérales d'argile sont perçues en couches composées chacune d'elles de deux types de feuilles structurelles : l'une est octaédrique et l'autre tétraédrique. La feuille tétraédrique est composée d'un tétraèdre « silicium-oxygène » liés au tétraèdre voisin en formant un réseau hexagonal, celle octaédrique est composé d'aluminium ou magnésium en coordination à six fois avec l'oxygène de la feuille tétraédrique et avec l'hydroxyle. Les deux feuilles forment ensemble une couche et plusieurs couches peuvent être jointes dans une cristallite d'argile par des cations inter-couches (Uddin, 2008).

Les argiles sont classés en groupes, les critères de classification sont généralement basés sur : la structure et la combinaison des couches, le type de cations octaédriques, la charge de couche interfoliaire, la nature des éléments dans l'espace interfoliaire, le mode d'empilement des couches et la composition chimique (Ahmed-Gaid, 2017).

En fait, en fonction de la variation de la structure et de la composition chimique, les argiles sont 4 groupes (Uddin, 2008 ; Ahmed-Gaid, 2017) :

- Groupe de kaolinite (1:1 ou T-O) : composé de feuilles tétraédrique de silicate (Si_2O_5) liées à une couches octaédrique d'oxyde/hydroxyde d'aluminium ($Al_2(OH)_4$) constituant la formule générale ($Al_2Si_2O_5$ $(OH)_4$) ;
- Groupe de Montmorillonite/smectite (2:1 ou T-O-T) : Composé de deux couches de silicate tétraédriques, couvrant une couche octaédrique d'oxyde / hydroxyde d'aluminium (Al_2 $(OH)_4$), constituant la formule générale (Ca, Na, H) (Al, Mg, Fe, Zn)$_2$ (Si, Al)$_4$ O_{10} (OH) $2H_2O$;
- Groupe d'illite (2:1 ou T-O-T) : avec une structure proche de celle de montmorillonite avec deux couches de silicate tétraédriques qui couvrent une couche octaédrique d'oxyde / hydroxyde d'aluminium dans la même séquence d'empilement, en se déférant juste dans la composition chimique, avec la formule générale $(K,H)Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)2H_2O$;
- Groupe de chlorite (2:1:1 ou T-O-T-O) : avec deux couches tétraédriques de silicate couvrant une couche octaédrique d'oxyde / hydroxyde d'aluminium et une autre qui se situe dans l'espace interfoliaire, le chlorite n'est pas considéré comme une argile, elle

est considérée comme un groupe séparé en phyllosilicates ayant chacun sa formule appropriée : l'amesite, la chamosite, la cookéite et la daphnite.

Communément, l'intérêt des argiles en thérapeutique est lié à certains nombre de caractéristiques physico-chimiques liés à sa nature structurelle majoritairement lamellaire (Mupton, 1985 ; Uddin, 2008 ; Ahmed-Gaid, 2017 ; Barrier-Battut, 2018) :

- Un pouvoir couvrant leur conférant une capacité de s'étaler sur une grande surface pour former un film continu et résistant à la dissociation pouvant donc tapisser parfaitement la muqueuse digestive et servant comme un pansement gastrique dues à la conformation lamellaire de leur feuillets qui peuvent glisser les uns sur les autres en milieu aqueux ;
- Leurs réactivité et propriétés de surface, leur confèrent des propriétés d'adsorption de chélation et de fixation, permettant de retenir à leur surface comme entre ses feuillets diverses particules externes : toxines, microbes, molécules, ions etc. ;
- Leur capacité d'absorption et leur pouvoir gonflant aidant à chasser de divers liquides environnants tels que les liquides diarrhéiques entre ses les différentes couches structurelles ;
- Aux propriétés spécifiques des silicates et des alumines qui les composent, et à leur capacité d'échange ionique. Autrement dit, au cours de la formation des couches structurelles argileuses, des substitutions ioniques peuvent survenir. Dans le cas d'une substitution hétérovalente, la différence de charge sera compensée par des ions externes dans les milieux aqueux soit en substituant des ions structurels avec d'autres externes, soit en les captant directement. la capacité d'échange cationique (CEC) et généralement la caractéristique prépondérante des argiles, à raison que les silicates d'aluminium ont majoritairement des charges négatives dues à la substitution du silicium (Si^{4+}) par l'aluminium (Al^{3+}) ce qui leur donne un pouvoir de captage d'autres cations externes.

1.3.3. L'argile dans l'alimentation des ruminants

1.3.3.1. Effet sur le processus digestif

1.3.3.1.1. Effet sur l'écosystème ruminal

Les ruminants ont un système digestif unique. Les fermentations générées par le microbiote qui y pullule lui fournissent des protéines et des acides aminés. Les sous-produits de ces fermentations sont principalement les AGV, et l'ammoniac ($N\text{-}NH_3$: azote

ammoniacal). De bonnes sources nutritionnelles pour le métabolisme de l'animal, cependant, la présence en excès de l'un ou de l'autre est préjudiciable pour l'efficacité digestive et peut entrainer la mort via des affections plus ou moins graves tels que l'acidose, la ruminite, la fourbure, etc., dans le cas des AGV. L'ammoniac produit naturellement par le microbiote ruminal est nécessaire pour la microbiogénèse, bien que son excès provoque un déséquilibre acido-basique hématologique présentant des symptômes toxiques tel qu'une incoordination, respiration laborieuse, etc. Étant le paramètre précurseur des fermentations ruminales, le pH est tamponné par la salive contenant le bicarbonate de sodium et le bicarbonate de potassium. Malheureusement, le recours exagéré aux aliments concentrés les derniers temps entraine une production rapide d'AGV et réduit la production salivaire, ce qui expose l'animal à de multiples problèmes digestif (Peterson, 2012).

L'argile, un produit naturel, biologique, abondant et bon marché, a fait ses preuves de son utilité pour manipuler les fermentations ruminales (Aitchison *et al.*, 1986 ; Erwanto *et al.*, 2011). Son utilisation est avantageuse dans les systèmes intensifs faisant recours à un régime alimentaire riche en concentré à cause de son pouvoir tampon, stabilisant les fermentations ruminales, modifiant la structure et le métabolisme du microbiote ruminale en faveur d'une meilleure utilisation digestive et donc une bonne extériorisation des performances (Wallace et Newbold, 1991 ; Wislon, 2003).

Antérieurement, Murray (1990) et Fenn et Leng (1990) trouvent que l'utilisation de la bentonite influe sur l'écosystème ruminal, en stabilisant le pH, en augmentant la densité de la population des protozoaires et la concentration molaire des AGV dans le rumen. Juste après, Wallace et Newbold (1991) confortent ces résultats en menant une expérimentation ***in-vitro*** afin de déceler l'effet de l'ajout de la bentonite dans le milieu ruminal. Ils rapportent que l'incorporation continuelle de ce type d'argile dans le milieu ruminal avec une dose de (2g/jour) améliore la stabilité de l'écosystème en atténuant l'acidité, réduisant la concentration de l'N-NH_3, et améliorant le bioprocès des fermentations suivi d'une augmentation de la concentration molaire des AGV. Ces auteurs ajoutent que l'argile semble affecter notablement le microbiote ruminal, suite à l'augmentation de la masse bactérienne (+33%) enregistrée dans le milieu expérimental par rapport au témoin notamment celle des bactéries cellulolytique, bien qu'il soit toxique pour les protozoaires. Le nombre total des protozoaires notamment les *holotriches* a connu une diminution importante (-68,75%) par rapport au témoin. Ceci est expliqué par l'affection de la mobilité de ces microbes en présence de la bentonite, d'autant plus, ceci a été consolidés par les résultats de Abdullah *et al.* (1995)

et plus tard par ceux de Filya *et al.* (1999) et Forouzani *et al.* (2004) utilisant d'autres types d'argile. Khalifeh *et al.* (2012a) ajoutent par leur étude relativement actualisée que l'incorporation de l'argile (bentonite) dans le régime alimentaire des ovins de la race Arabi en Iran affecte significativement la population des protozoaires de rumen qui diminue d'environ -87% en présence de l'argile. Aussi bien, les *Holotriches* apparaissent les plus vulnérables à l'argile en étant carrément absents à sa présence. Ceci a été expliqué par l'inhibition du système locomoteur de ces microbes réduisant leur activité spécialement la prédation des bactéries ce qui est avantageux pour l'animal, étant que cet acte est considéré comme une perte protéique et énergétique récompensée communément par la déamination des protéines. Autrement dit, d'après Doreau *et al.* (2011), la suppression des protozoaires permet d'atténuer la méthanogenèse sachant qu'ils favorisent la production de l'acide butyrique précurseur du méthane (CH_4).

D'autre part, Ouachem et Nouicer (2006) ont mené une expérimentation ***in-vivo*** sur des moutons de la race Ouled-Djellal en Algérie alimentés avec deux régimes à base de paille traitée à l'urée (6%) et du concentré, l'un de ces régimes contient 5% d'argile. Les résultats montrent une augmentation significative du pH soit +4% par rapport au témoin, une diminution de la concentration ammoniacal dans le rumen d'environ -31% par rapport au régime témoin, aussi bien qu'une augmentation de la proportion de l'acide propionique d'environ 15% et une diminution du rapport C_2/C_4 d'environ 18% par rapport au témoin. les auteurs attribuent ces résultats au pouvoir tampon de l'argile dans le milieu ruminal ce qui est attribuable à son tour à la CEC (Capacité d'échange cationique) de l'argile qui à la capacité d'échanger ses cations avec les protons (H^+) acidifiants en excès en enrichissant au même temps le milieu ruminal avec des minéraux très utiles pour l'adhésion de la flore cellulolytique au particules végétales en favorisant la digestion fibrolytique ce qui a été également constaté bien après par Laibi *et al.* (2015).

Outre, ils ajoutent que malgré le régime de base était purement azoté, mais une différence significative a été enregistrée entre les deux lots avec une chute remarquable de l'ammoniogénèse dans le régime avec l'argile, ceci est principalement du à la capacité de rétention de l'argile qui capte l'N-NH_3 entre ses feuilles en jouant un rôle très intéressant dans l'épargne de l'azote dans les régimes azotés en s'accordant avec ce que Mupton (1985) l'a déjà rapporté. Il est à noter également que l'argile a bien stimulé les fermentations ruminales en les dirigeant vers la production davantage de l'acide propionique avec un abaissement du rapport C_2/C_3 qui indique une digestion ruminale optimale et un bon rendement énergétique

vu que le piopionate est le précurseur de la néoglucogénèse nécessaire chez les ruminant comme source énergétique et que la diminution de la proportion de l'acide acétique réduit la perte énergétique par extra-chaleur.

De même, plus récent, avec la même tendance des paramètres de rumen sous l'effet de l'argile observée par Ouachem et Nouicer (2005), dans une autre étude ***in-vivo*** sur la race ovine Lori en Singapore, Goodarzi et Nanekarani (2012) trouvent que l'utilisation de la clinoptilolite calcique à une dose de 4% dans la ration totale, permet de tamponner le pH ruminal en réduisant significativement l'acidité après les repas à cause du pouvoir tampon acquis par la CEC spécifique à ce type d'argile pouvant échanger ces cations avec les protons excédentaires dans les milieux acides. Dans ce même régime, la production d'AGV est apparue significativement plus élevée dans le même régime, cependant que la concentration de l'N-NH_3 dans le rumen diminue significativement 3h après le repas, néanmoins, 10h après le repas elle augmente numériquement par rapport au témoin ce qui est expliqué selon les auteurs par la CEC sélective de la clinoptilolite qui peut absorber l'N-NH_3 lorsque son niveau soit élevé dans le rumen et la libère lorsqu'il soit faible ou échangé de nouveau par le sodium salivaire. L'effet de l'argile sur le microbiote ruminal apparait aussi significatif dans cet essai. Les auteurs explicitent que la masse bactérienne de rumen diffère numériquement avec une supériorité remarquable chez les animaux nourris avec le régime contenant l'argile qu'avec celui du témoin, plus particulièrement, la population des bactéries cellulolytiques qui été significativement influencée par l'argile à 3 et 6h après les repas soit environ 4 et 3% plus élevée par rapport au témoin respectivement, ce qui est du à l'augmentation du pH et qui permet une bonne activité cellulolytique.

Ceci est en totale concordance avec les résultats d'Ibrahim (2012) révélant que l'ajout de l'argile dans l'alimentation des ovins suit la même tendance des résultats qui lui en précédent avec une alcalinisation du rumen, réduction de la concentration ammoniacal et des AGV. Il ajoute également que la protéosynthèse a connu une amélioration significative suite à l'ajout de l'argile.

Ces résultats s'accordent en effet avec celui du Abdl-Rahman (2010) qui rapport la même allure des paramètres de rumen en soulignant en plus l'effet prononcé de l'argile sur l'atténuation de la méthanogenèse et la concentration du CH_4 dans le rumen sachant que la production accélérée des AGV consomme plus d'hydrogène précurseur de méthane (Doreau

et al., 2011 ; Kardaya *et al.*, 2012), ce qui a été consolidé et actualisé par d'autres résultats plus récents de (Laibi *et al.*, 2015 ; Dal Pozzo *et al.*, 2016 ; Sulzberger, 2016).

En revanche, des études antérieures et même récentes (McCollum et Galyean, 1983 ; Ivan *et al.*, 1992 ; Bosi *et al.*, 2002 ; Erwanto *et al.*, 2011 ; Jiang *et al.*, 2014 ; Ortiz *et al.*, 2016 ; Aazami *et al.*, 2017 ; Antonelo *et al.*, 2017) qu'elles soient ***in-vivo*** ou ***in-vitro***, menée sur des ovins, des caprins et même des bovins s'opposent à ce qui a été suscité. Ces études dévoilent que l'addition de l'argile n'avait aucun effet significativement remarquable sur l'environnement ruminal ni sur ses paramètres, ce qui contredit les constats suscités.

1.3.3.1.2. Effet sur la dynamique nutritionnelle

Suscité, l'incorporation de l'argile porte des changements sur les paramètres de rumen. Ces changements sont en mesure d'impacter automatiquement la dynamique nutritionnelle tout le long du tractus digestif. Autrement dit, la stabilisation et l'alcalinisation du pH ruminal change la structure de la population de rumen et l'allure des fermentations qui s'y déroulent, avec une augmentation de la production totale des AGV, bien qu'elle tende vers une production davantage d'acide propionique stimulateur de la néoglucogénèse aux dépens de l'acide acétique et l'acide butyrique. Ceci est en mesure d'abaisser les rapports C_2/C_4 et C_2/C_3 ce qui indique une optimisation de la digestion fibrolytique dans le rumen selon Ouachem et Nouicer (2006) et Abdl-Rahman (2010), principalement due à l'activité osmotique de l'argile qui absorbe l'eau dans le rumen en abaissant le passage alimentaire dans le tractus digestif, ce qui réduit l'ingestibilité selon Johnson *et al*. (1988), Mohsen et Tawfik (2002) et Sulzberger (2016), et en augmentant le temps de séjour du bol alimentaire dans le rumen, ce qui expose les particules végétales à une activité digestive microbienne plus prononcée en plus que l'argile enrichit le milieu en éléments nutritifs (Mg^{2+}, Ca^{2+}) permettant une bonne microbiogénèse et intensifiant l'adhésion des bactéries à ces particules (Johnson *et al*., 1988 ; Ouachem et Nouicer, 2006 ; Ghaemnia *et al.*, 2010 ; Laibi *et al.*, 2015 ; Dal Pozzo *et al.*, 2016), par contre, d'autres ont rapporté l'absence d'effets de l'argile sur l'ingestibilité et par fois une simple augmentation numérique d'après (Fisher et MacKay, 1983 ; McCollum et Galyean, 1983 ; Berthiaume *et al.*, 2007 ; Norouzian *et al.*, 2010; Ibrahim, 2012 ; Ortiz *et al.*, 2016 ; Antonelo *et al.*, 2017), contrairement à (Forouzani *et al.*, 2004 ; Stojković *et al.*, 2005 ; Sadeghi et Shawrang, 2006 ; Oka *et al.*, 2015) qui indiquent une augmentation significative l'ingestion de la MS sous l'effet de la zéolite, d'ailleurs Sadeghi et Shawrang (2006) expliquent ça par l'augmentation de la consommation de l'eau en présence de l'argile afin de

respecter la loir d'osmolarité à cause de la présence élevée des minéraux fournies par la zéolite, ce qui accroit le passage alimentaire aussi bien que l'ingestibilité.

Outre, l'amélioration des capacités digestives a d'ailleurs été consolidé par plusieurs résultats des travaux (Jacques *et al.,* 1986 ; Ilić *et al.,* 2007 ; Ghaemnia *et al.,* 2010 ; Khalifeh *et al.,* 2012b ; Antonelo *et al*., 2017) qui dévoilent que l'argile améliore la digestibilité de la MS, MO, des protéines totales et des fibres dans le rumen suite à une amélioration de l'activité microbienne, cependant que d'autres études le contredit à savoir Berthiaume *et al*., (2007) qui ne trouvent aucun résultats significatif de l'utilisation de l'argile sur la digestibilité ou Jacques *et al.* (1986), Johnson *et al.* (1988) et Ortiz *et al.* (2016) qui révèlent que l'utilisation de l'argile se répercute négativement sur l'efficacité alimentaire en abaissant la digestibilité de la MS, MO, des fibres et des protéines totales. Ces améliorations sont aussi bénéfiques sur le bilan azoté (Ivan *et al.,* 1992 ; Mohsen et Tawfik, 2002) et énergétique à travers l'augmentation de l'énergie nette disponibles pour l'animal suite à l'amélioration de la digestibilité de la MO et des glucides, et la réduction de la lypomobilisation suite à la réduction de l'oxydation lipidique selon Katsoulos *et al.* (2006), Karatzia *et al.* (2013), Ortiz *et al.* (2016) et Uyarlar *et al.* (2018), dans ce sens, s'ajoute la réduction de la production d'acide acétique en particulier et l'augmentation de la production d'AGV notamment de l'acide propionique en générale avec une accélération de la biohydrogénation, ce qui ne laisse pas suffisamment de substrats pour la méthanogénèse (Chouinard, 2000 ; Kardaya *et al.,* 2012 ; Laibi *et al.,* 2015 ; Tate *et al.,* 2015) étant donné qu'elle constitue une perte de prés de 10% voir même plus de l'énergie digestible (Sauvant, 1992 ; Chouinard, 2000 ; McDonald *et al.,* 2002 ; Jouany et Thivend, 2008). Ceci est commun avec la réduction des protozoaires dans le rumen sous l'effet de l'argile selon plusieurs études, qui sont les principaux producteurs du méthane. En fait, la réduction de la population protozoaire a un bénéfice sur le plan nutritionnel, étant les prédateurs des bactéries ce qui réduit une part des protéines microbiennes disponibles pour l'organisme (Wallace et Newbold, 1991 ; Abdullah *et al.,* 1995 ; Forouzani *et al.,* 2004 ; Popova *et al.,* 2011 ; Khalifeh *et al.,* 2012a), ils ingèrent en plus les protéines qui rentrent dans le rumen, en l'occurrence, leur élimination constitue un gain protéique et augmente le flux des protéines passant vers l'intestin (Wallace et Newbold, 1991 ; Ivan *et al.,* 1992 ; Bosi *et al.,* 2002 ; Doreau *et al.,* 2011).

Outre, Ivan *et al*. (1992) assument depuis longtemps que l'argile peut promouvoir l'approvisionnement protéique vers l'intestin en encapsulant les protéines et les acides aminés en leur évitant l'attaque digestive des microbes. Dans ce sens, La diminution de l'N-NH_3 en

présence de l'argile constitue elle même un gain nutritionnel en faisant une épargne d'azote dans les régimes purement azotés en captant l'azote non protéique soit entre ses feuilles soit en l'adsorbant et par conséquence cela réduit l'ammoniogenèse qui à son excès deviens très toxique (Ouachem et Nouicer, 2006 ; Ghaemnia *et al.,* 2010 ; Erwanto *et al.,* 2011 ; Goodarzi et Nanekarani, 2012 ; Laibi *et al.,* 2015).

1.3.3.1.3. Effet sur le profile sanguin

Le profile biochimique est le réflecteur de l'état nutritionnel des animaux. Les changements qui peuvent y arriver semblent d'ordres nutritionnels ou physiologiques. Dans ce sens, l'utilisation d'additifs nutritionnels est susceptible d'y influencer les paramètres biochimiques protéiques, énergétiques, minérales et même hormonales. Plusieurs études tentent de visualiser l'effet de l'argile sur le statut plasmatique des animaux afin de voir jusqu'à quel niveau agit-elle sur l'efficacité alimentaire. Cependant qu'une incohérence des résultats est observée dans la littérature, ce qui est due probablement aux différences des espèces animales et même aux races, du stade physiologique des animaux expérimentés, du temps de l'échantillonnage et de l'aliment selon Toprak *et al.* (2016).

D'un coté, Bosi *et al.* (2002) ne constatent aucun effet bénéfique de l'incorporation de la zéolite synthétique sur le profile biochimique des vaches laitières en période péri-parturiale. Ce qui a été consolidé bien après par les constats d'Uyarlar *et al.* (2018) affirmant l'absence de l'effet de l'utilisation de l'argile couplée avec la levure (*Saccharomyces cerevisiae)* sur le statut sanguins des vaches laitières notamment les taux sériques de l'AST (aspartate aminotransférases), glucose, cholestérol, l'urée, les protéines totales, les corps cétoniques, alors que la concentration de l'ALT (alanine aminotransférases) a subi une augmentation significative dans le lot expérimental. Ces constats se concordent largement avec les résultats de (Katsoulos *et al.,* 2005 ; Katsoulos *et al*., 2006 ; Kardaya *et al.,* 2012) qui avaient déjà rapportés l'absence d'effets de l'incorporation de l'argile sur les paramètres biochimiques du sang tels que : la glycémie, l'urémie, les corps cétoniques et les hormones hépatiques et les minéraux.

Ibrahim (2012) supporte ces résultats d'après son étude visant à quantifier l'effet de l'utilisation de deux types d'argiles (Bentofarme et Tafla) sur les performances des moutons de la race Rahmani en Égypte. Cet auteur néglige les différences du taux sérique du glucose, albumine, protéines totales, créatinine, calcium et de magnésium et d'AST enregistrées entre les groupes expérimentaux, bien qu'il rapporte une augmentation significative de la

concentration plasmatique du phosphore chez le groupe recevant la bentofarm, même chose pour les protéines totales dans les deux groupes expérimentaux par rapport au témoin, alors que l'ALT diminue significativement en présence de la Tafla.

Dans l'autre côté, Thilsing-Hansen *et al.* (2002) explicitent que l'utilisation de la zéolite chez les vaches laitières au péri-partum influe sur le profile biochimique. Ils révèlent que le taux sérique du Ca^{2+}, P^{+} et de Mg^{2+}ont été influencés par l'ajout de l'argile, le calcium dans le sang était plus élevé chez les vaches expérimentales autour du vêlage ce qui est due à l'activation du métabolisme homéostasique pour protéger la vache contre l'hypocalcémie. En plus, le taux sanguin du magnésium était plus faible chez les vaches recevant l'argile ce qui est expliqué selon l'auteur par l'adsorption de cet élément par l'argile. Aussi bien, une dépression du taux sérique du phosphate une semaine avant le vêlage par rapport au témoin est d'après l'auteur la conséquence de deux sortes de phénomènes, l'un est la forte circulation du PTH (Para Thyroïde Hormone) à ce stade qui par conséquence augmente la sécrétion phosphaté par les voies salivaires et rénales, l'autre est l'adsorption du phosphate par l'argile.

Dans l'étude de Mohri *et* al. (2008) sur l'effet de l'addition de la clinoptilolite à une dose de 2% dans le colostrum et le lait des veaux nouveau-nés influe largement sur leurs profile sanguin. Ils trouvent que cette incorporation apporte des changements des taux sériques du Fe^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} par rapport au lot témoin. Le groupe recevant du colostrum avec de l'argile avait une concentration ferrique plasmatique plus élevé +51% ($p<0,05$) par rapport aux autres groupes, celle du calcium et du sodium était plus élevée chez les veaux expérimentaux +19% et +12% ($p<0,05$) par rapport à ceux du témoins, cependant que celle du phosphore y était plus basse -15% ($p<0,05$) par rapport au témoin ce qui est attribuable à la capacité d'échange cationique de la clinoptilolite qui peut servir comme un réservoir d'éléments minéraux.

Ghaemnia *et al.* (2010) rapportent dans leur expérimentation menée afin de visualiser l'effet de la zéolite sur les performances de moutons de la race Arabi en Iran que la concentration plasmatique de l'urée diminue significativement (-30%) dans le groupe recevant 9% de zéolite supportant le résultat de Mohsen et Tawfik (2002), ainsi qu'une chute numérique (-11% et -6%) de la glycémie dans les deux groupes recevant 6-9% de zéolite respectivement par rapport au témoin. Cette diminution est expliquée selon les auteurs par la capacité de l'argile à réduire la concentration ammoniacale et des AGV dans le rumen tel qu'il a été cité auparavant qui sont des précurseurs de l'urémie et de la glycémie (voir

2.3.3.1.1.). Néanmoins, ceci s'oppose aux constats de Filya *et al.* (1999) qui trouvent que l'utilisation de la zéolite chez les agneaux en engraissement induit une augmentation significative de l'azote urique et ammoniacal dans le sang.

De plus, Karatzia *et al.* (2013) ajoutent que la supplémentation des vaches laitières Holstein en péripartum ainsi qu'en lactation améliore leur statut énergétique. Ils évoquent que la glycémie est plus élevée avec une différence de +18,5% ($p<0,05$) suivi d'une dépression aussi significative ($p<0,001$) du taux plasmatique des corps cétoniques (-35%) et des AGL (acides gras libres) -40% chez les vaches recevant l'argile par rapport à celle qui n'en ont pas reçues, ce qui révèle que le bilan énergétique des vaches supplémentées était meilleur avec moins de lipolyse. Ceci consolide parfaitement les constats de Katsoulos *et al.* (2006) indiquant que l'introduction de 200g/jour de la clinoptilolite chez les vaches Holstein améliore leur statut énergétique en péri-partum observé par les chiffres montrant une augmentation significative de la glycémie des vaches recevant l'argile.

De même, dernièrement, Khachlouf *et al.*, (2019) trouvent des résultats concordants, avec la supplémentation par zéolite de 200g/jours dans la ration des vaches laitières en péri-partum, le statut biochimique semble être indépendant du traitement, sauf pour le taux calcique du sang qui augmente significativement avant et après le vêlage chez les vaches supplémentées. En réalité, la zéolite réduit la disponibilité du calcium alimentaire par sa capacité d'adsorption et la CEC. Ceci active le mécanisme homéostasique du calcium pour éviter une éventuelle carence. En d'autres termes, Une diminution du taux sérique dans le sang stimule la sécrétion de la PTH (la parathormone) ce qui stimule la réabsorption rénale et la résorption osseuse du Ca et favorise métabolisme rénal de la vitamine D en vue de la production de 1,25-dihydroxyvitamine D et donc augmenter l'absorption intestinale du Ca.

1.3.3.2. Les vertus thérapeutiques de l'argile chez les ruminants

Selon Slamonva *et al.* (2011), les minéraux argileux sont importants dans de nombreux aspects. Leurs propriétés telles que la structure et la composition chimique, le type d'ions échangeables et la taille des particules déterminent leurs diverses utilisations. Les pouvoirs de guérison de l'argile étaient connus depuis des siècles et sont maintenant redécouverts. La pratique de la consommation de l'argile par des animaux à l'état sauvage pour la détoxification du corps et le soulagement des infections gastro-intestinales était bien documentée. Initialement, les argiles ont été introduites dans l'alimentation des animaux d'élevage en tant que liants des aliments granulés, puis utilisées comme additifs alimentaires pour favoriser la

croissance et la santé des animaux. L'utilisation réelle de l'argile et des minéraux argileux vise la production d'absorbants sélectifs applicables à la médecine humaine et vétérinaire.

Tels qu'il a été déjà discuté auparavant (voir 2.3.3.1.1. et 2.3.3.1.2.), l'argile a fait ses preuves pour la stabilisation de l'écosystème ruminal, en atténuant l'acidité suite à l'ingestion du concentré, à réduire la part de l'azote ammoniacal produite dans le rumen ce qui est susceptible d'éviter à l'animal de tomber dans le cas des troubles nutritionnels telles que l'acidose et l'alcalose et les autres affections qui y succèdent à savoir la ruminite, les fourbures, la respiration laborieuse, etc. (Horn *et al.*, 1979 ; Mullaert 2010 ; Peterson 2012 ; Parmigiani *et al.*, 2013 ; Garzón *et al.*, 2017). L'argile permet également d'enrichir l'aliment en éléments minéraux nécessaires pour l'organisme animal, notamment les minéraux majeurs tels que le Ca^{2+} et le Mg^{2+} en réduisant l'incidence des troubles nutritionnelles telles que l'hypocalcémie et l'hypomagnésémie surtout en période périparturiale (Thilsing-Hansen et al 2002 ; Kastoulos et al 2005 ; Khachlouf et al 2019), en permettant de plus une meilleur cinétique des réserves corporelles, et éviter aux femelles de tomber dans les complications nutritionnelles périparturialles citons la toxémie de gestation pour les brebis et la cétose pour les vaches laitières, et d'éviter les accouchement dystociques (Ilic *et al.*, 2007).

Les preuves accumulées tirées d'études précliniques et des premiers essais chez l'homme suggèrent que le traitement par supplémentation de la zéolite par voie orale est associé à des effets immunomodulateurs significatifs susceptibles d'améliorer le traitement principal de nombreux troubles immunodéficitaires (Ivkovic *et al.*, 2004). Chez les animaux, ceci est pareil selon (Martin-Kleiner *et al.*, 2001 ; Andronikashvili *et al.*, 2009 ; Laurino et Palmieri, 2015) en affirmant le pouvoir immunomodulateur des argiles. Pavelic *et al.*, (2002) trouvent que l'utilisation de la zéolite chez les rats améliorent leur système immunitaire, en provoquant une inflammation dans le lieu d'application, ce qui active les macrophages et les cellules lymphatiques responsables de la défense du corps. Natalija et Biljana (2007) ainsi que Sadeghi et Shawrang (2008) s'accordent à dire que l'incorporation de la clinoptilolite dans le colostrum des veaux améliore leur système de défense par l'augmentation de l'absorption des immunoglobulines qui y contient. Natalija et Biljana (2007) ajoutent que la clinoptilolite peut protéger et allonger la durée de vie des entérocytes primaires qui ont le plus de récepteur d'immunoglobulines par rapport à celle qui les remplaces ce qui augmente par la suite l'absorption de ces protéines de défense.

Selon Vandiest (2010), les diarrhées sont des troubles très fréquentes surtout chez les nouveau-nés et cause des pertes colossales et peuvent entrainer même la mort des agneaux. Chez les agneaux, elle a plusieurs causes, elle peut être virale (rotavirus), bactérienne (colibacillose, Entérotoxémie, coccidiose, salmonellose) fungique (cryptosporidiose) ou parasitaire, ou même alimentaire lors du changement brusque de l'alimentation en sevrage (Brugère-picoux 2004 ; Vandiest 2010). À cet égard, Norouzian *et al.,* (2010) évoquent que l'utilisation de la clinoptilolite chez les agneaux a réduis l'incidence des diarrhées de prés de 16% et 18% en présence d'argile avec les doses 1,5 et 3% respectivement en comparaison avec le témoin. Ceci s'accorde parfaitement avec le résultat antérieur de Stojkovićet *et al.,* (2005). De plus, Sadeghi et Shawrang (2008) ainsi que Zarcula *et al.,* (2010) ajoutent que l'incorporation de la clinoptilolite dans le colostrum chez les veaux nouveau-nés améliore leur statut sanitaire, ceci permet d'atténuer significativement l'intensité des diarrhées. Bien plus, ces auteurs citent que ce résultat est explicable soit par la rétention de l'*Escherichia coli* entérotoxinogène limitant ainsi sa fixation aux récepteurs de la membrane cellulaire intestinale, ou bien, par la réduction du passage alimentaire, en conséquence sa propriété de rétention hydrique permet d'absorber l'eau et du coup les fascés deviennent plus solide.

L'argile peut avoir une action antibactérienne (Mahaney et Krishnamani, 2003). Au fait, ceci dépend largement de sa composition minéralogique selon Slamova *et al.* (2011). Top et Ülkü (2004) constatent que la clinoptilolite peut être un antibactérien efficace et de faible coût, compte tenu de sa composition chimique et la sélectivité d'échange cationique. De plus, Zarcula *et al.* (2010) évoquent que l'argile peut réduire les diarrhées chez les veaux à raison qu'il peut retenir la bactérie qui les provoque (*Escherichia coli*). Malachová *et al.* (2011) ajoutent que la montmorillonite peut efficacement être antimicrobienne (antibactérienne et antifongique), pouvant porter des ions métalliques avec des propriétés antibactériennes et antifongiques tels que l'argent.

Or, l'argile figure parmi la nouvelle gamme d'additifs ayant la capacité détoxifiante de certaines substances (mycotoxines, métaux lourds, nitrates, nitrites, radionucléides, résidus de pesticides, etc.) (Niderkorn *et al.,* 2007 ; Andronikashvili *et al.,* 2009 ; Kazemi et al., 2012 ; Stojković *et al.,* 2012 ; Katsoulos *et al.,* 2015 ; Laurino et Palmieri, 2015). Son utilisation dans le domaine vétérinaire pour cette raison a permet de faire un pas dans la prévention de certaines complications hygiéniques des animaux.

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires des champignons telles que les A*flatoxines (AFM$_1$, AFB$_1$)* et les *Zearalenones* (ZEA) provenant de genres *Aspergillus* et *Fusarium* respectivement, elles pénètrent généralement dans l'organisme par le biais des fourrages ou d'aliments contaminés, préjudiciables d'une façon inimaginable sur la santé et les performances zootechniques des animaux (Jacques *et al.,* 1986 ; Stojšić *et al.,* 2004 ; Pešev *et al.,* 2005 ; Mapham et Vorster 2013). La majorité des mycotoxine sont résistant à la dégradation dans le rumen, elles peuvent parfois être asymptotiques. Les complication sanitaires provoquées par les mycotoxines sont de plusieurs ordres, ils peuvent provoquer des diarrhées intermittentes, le déplacement de la caillette, la cétose, la stéatose hépatique, la rétention placentaire, les métrites, les mammites, etc. ils peuvent toucher les performances de croissances y compris une réduction de l'ingestibilité, détérioration de l'IC, elles peuvent également influencer la fonction reproductive des animaux en réduisant la fertilité, y compris l'apparaissions de cycles œstraux irréguliers, une mortalité embryonnaire et une baisse du taux conception. (Pešev *et al.,* 2005 ; Niderkorn *et al.,* 2007 ; Mapham et Vorster 2013).

Théoriquement, certains additifs sont susceptibles d'agir bénéfiquement sur les mycotoxines en les tenants avant qu'elles soient absorbées dans le tube digestif. En fait, l'argile est un additif potentiellement efficace contre ces métabolites (Niderkorn *et al.,* 2007 ; Mapham et Vorster 2013). Le pouvoir de séquestration varie et dépend largement de la microstructure des argiles (Spotti *et al.,* 2005 ; Katsoulos *et al.,* 2016). Dans une étude in-vitro visant à quantifier le pouvoir de séquestration des l'aflatoxine AFB1 par l'ajout de différents types d'argiles, Spotti *et al.* (2005) trouvent que la bentonite et la sépiolite avaient la meilleure capacité de rétention en retenant les AFB1 à 100%, suivies par la zéolite en retenant plus de 90% des AFB11 et en dernière position la clinoptilolite qui retient environ 80% des AFB. Ce constat a été consolidé par d'autres travaux qui confirme que l'argile retiens efficacement les mycotoxines et empêche leur absorption et préviens leurs effets indésirables chez les animaux citons les travaux de Jaynes et Zartman (2011), Kazemi *et al.* (2012), Katsoulos *et al.* (2016) et de Chefchaou *et al.* (2019) qui ajoutent que l'utilisation de la zéolite permet d'éliminer les résidus de la zéaralenone du foie, des reins, et des muscles chez animaux nourris avec des fourrages contaminés par cette mycotoxine.

Outre, certains polluants tels que les nitrites et les nitrates peuvent avoir des répercussions dévastatrices sur l'organisme animal lorsqu'elles y pénètrent. Dans ce sens, Sur des vaches laitières abreuvées avec de l'eau contaminée avec des doses élevés et toxique de

nitrate, Kastoulos *et al.* (2015) trouvent que l'incorporation de la clinoptilolite dans la ration de ces vaches permet d'atténuer efficacement l'effet néfaste des fortes doses des nitrates.

En plus, Les radicaux libres induisent le stresse oxydatif dans l'organisme animal lorsqu'ils soient au-delà de leur seuil physiologique, en l'occurrence, cela provoque des pertes économiques suite à des dommages de certaines fonctions physiologiques qui peuvent atteindre les performances productives et reproductives des animaux (Zhong et Zhou, 2013).

Dans ce contexte, l'utilisation de l'argile peut servir comme un bon antioxydant d'après (Laurino et Palmieri, 2015). Selon Wu *et al.* (2015), elle peut piéger les radicaux libres dans sa structure, les inactivant et les éliminant. Elle peut également retarder la peroxydation des lipides et donc réduire la production catalytique de radicaux libres pour protéger l'organisme contre le stress oxydatif. Dans ce sens, En menant une expérimentation sur des vaches laitières visant à quantifier l'effet de la zéolite sur leur stresse oxydatif, Ipek *et al.* (2012) révèlent que 2,5% de cet argile dans la ration totale améliore le statut oxydatif de ces animaux, en réduisant la peroxydation des lipides à prés de (20%) ce qui confirme le pouvoir antioxydant des argiles.

1.3.3.3. Répercussions de l'argile sur les performances zootechniques

1.3.3.3.1. Sur la croissance

Selon plusieurs études expérimentales, l'utilisation de l'argile dans l'alimentation animale est susceptible d'améliorer les performances de croissance notamment chez les ruminants. Dans ce contexte, nous avons tenté de faire une recherche dans la littérature afin de procéder à une analyse bibliographique sur l'utilisation de l'argile comme promoteur de croissance. On peut dire que les résultats vont dans le sens que l'argile peut effectivement promouvoir la croissance des animaux, vu que la majorité des études montrent un accroissement parfois significatif, et d'autres fois numérique mais considérable de ces performances, cette variabilité d'effets est probablement attribuée au type de l'aliment distribué aux animaux, l'espèce animale, le type et la dose de l'argile introduite dans le régime alimentaire.

Chez le bovin. En 1999, trouvent qu'en présence d'argile, les performances de croissance ont connu une amélioration considérable, le GMQ est supérieur ($p<0,05$) chez les animaux recevant l'argile soit (+5,4%) de différence par rapport au témoin ce qui est pareil

mais numérique pour la MSI (Matière sèche ingérée). Ceci est consolidé par les résultats ultérieurs, d'ailleurs, Berthiaume *et al.,* (2007) évoquent la même tendance d'effets significatifs de l'argile sur les performances de croissance des bouvillons. Ces dernier trouvent un accroissement significatif de plus de 41% de GMQ, alors que pour la MSI, une augmentation numérique de (+10%) dans le groupe expérimental par rapport au témoin, aussi bien, l'IC (indice de consommation) a été numériquement plus bas chez les animaux recevant l'argile. ce qui a bien été supporté après par les résultats de Pešev *et al.* (2011). Dans le même sens, récemment, Ural et Ural (2017) constatent que l'addition de la zéolite dans la ration des veaux de la race Holstein affecte significativement leurs paramètres de croissance. Ceci est visible sachant que les groupes recevant l'argile dans le colostrum avec des doses de 1 et 2g/kg avaient plus de GMQ soit des différences de +17,1% et +17,5% ($p<0,05$) respectivement par rapport au témoin. Également pour le poids total soit des différences de +16,4% et +12% ($p<0,01$) respectivement par rapport au témoin. Ce qui est en total accord avec les constats de Zarcula *et al.* (2010), Antonelo *et al.* (2017) et Ural et Ural (2017) rapportant des effets remarquables de l'argile sur le poids et des animaux l'IC. Cependant, Koknaroglu *et al.* (2006), Oka *et al.* (2015), Ortiz *et al.* (2016) contredisent toutes ces observations en négligeant l'effet de l'argile sur ce type de performance.

En ce qui concerne la NEC, les travaux de Karatzia *et al.* (2013) dévoilent que l'utilisation de l'argile est bénéfique pour maintenir les réserves corporelles ou même à les reconstituer. D'après ses résultats, en ajoutant 200g/j de clinoptilolite chez les vaches laitières Holstein en période péri-parturiale, ils constatent que la NEC a connu une augmentation hautement significative en présence de l'argile, soit une supériorité de plus de 19% par rapport à celles qui n'en ont pas reçu. D'autant plus, autour du vêlage, les vaches ont subi une chute de NEC, cette chute était bien prononcée et longue dans le groupe témoin par rapport au groupe expérimental. Les auteurs expliquent ce résultat par l'amélioration du statut énergétique des vaches sous l'effet de l'argile, visiblement remarquable dans le profil biochimique des animaux par une différence significative de la glycémie et l'acétonémie. Ceci est en étroit accord avec les résultats de Parmigiani *et al.* (2013) qui dévoilent que l'utilisation d'un complexe d'argiles permet d'améliorer l'état corporel des vaches suivant une augmentation significative de la NEC à l'ordre de 0,3 points en comparaison avec le témoin. De même, récemment, Garzón Prado *et al.* (2017) viennent les supporter par des résultats indiquant une cinétique notablement meilleure de la NEC au péri-partum par l'ajout de la

zéolite chez les vaches laitières Holstein-Frisonnes ce qui révèle un bilan énergétique optimal des animaux durant cette période critique.

Chez le caprin. Mohsen et Tawfik (2002) ont essayé de quantifier l'effet de l'utilisation de la bentonite comme un additif promoteur de croissance chez les boucs de la race Angora en Égypte. En l'introduisant à deux doses (2,5-5%) dans la ration totale, ces auteurs trouvent que le GMQ était plus élevé bien que l'IC soit plus bas en présence de l'argile. L'amélioration est de l'ordre de +14,2% et +18,3% ($p<0,05$) concernant le GMQ entre les deux groupes expérimentaux recevant 2,5 et 5% de bentonite respectivement par rapport au témoin. L'IC est d'autant plus amélioré en présence de l'argile avec une chute de -14,9% et -18% ($p<0,05$) dans les deux groupes expérimentaux respectivement par rapport au témoin. Ceci semble être expliqué par l'amélioration de l'ingestibilité et la digestibilité des animaux sous l'effet de l'argile.

Outre, menant une expérimentation sur l'effet de l'addition de l'argile naturelle sur les performances des chèvres allaitantes de la race Arabia en Algérie et leurs descendances. Ouachem *et al.* (2012) trouvent que l'argile améliore le poids à la naissance et le GMQ des chevreaux des mères recevant de l'argile, étant chiffrés par une différence significative de (+9,5%) et (+47.4%) respectivement en comparaison avec le témoin. Ils expliquent ses résultats par le fait que l'argile améliore la MSI des mères en favorisant davantage la croissance fœtale en fin de gestation ce qui ce répercute positivement sur le poids des chevreaux à la naissance, un paramètre assez déterminant pour la croissance poste natale, et également en améliorant la quantité et la qualité du lait produit par les mères.

Chez l'ovin. Antérieurement, Huntington *et al.* (1977) ont essayé d'incorporer la bentonite (2-4%) dans la ration des agneaux en croissance. Les chiffres montrent une amélioration statistiquement insignifiante, mais assez remarquable de la croissance, de l'ingéré et de l'IC. Le GMQ était plus élevé dans le groupe recevant (2%) d'argile soit une différence de +7% ($p>0,05$) par rapport au témoin. Bien après, ce constat a été supporté par les résultats d'Eady *et al.* (1990), Filya *et al.* (1999) et Forouzani *et al.* (2004) révélant que l'utilisation de la bentonite et la zéolite dans l'alimentation des béliers améliore significativement le gain de poids, l'IC, le poids final des animaux.

Ces résultats ont été consolidés par d'autres récents, citons le travail de Ouachem *et al.* (2005) qui trouvent des résultats prometteurs concernant l'effet de l'argile sur la croissance

des agneaux de la race Ouled-Djellal en Algérie. En utilisant deux doses d'argile (2,5-5%), ces auteurs explicitent que le meilleur gain du poids est enregistré dans le groupe recevant (5%) d'argile par rapport aux autres groupes, soit une différence hautement significative de (+31,5%) par rapport au témoin, la même chose pour le poids final qui connais une amélioration avec une différence aussi significative de (+7%) par rapport au témoin. Ceci est en total accord avec le résultat de Stojković *et al.* (2005) qui rapportent une hausse considérable du GMQ et du poids final des agneaux après avoir reçu la clinoptilolite suspendue dans l'eau (25%) soit une différence de (+18%) et (+15%) respectivement en comparaison avec le lot témoin. D'autant plus, d'autres travaux viennent supportés ceux suscités, citons les travaux de Norouzian *et al.* (2010) et de Stojković *et al.* (2012).

Il est à noter que, les effets bénéfiques de l'argile sur la croissance des animaux sont attribués premièrement à l'amélioration de la santé des nouveau-nés recevant l'argile dans le colostrum ou suspendu dans le lait, ou bien, même de ceux descendants des mères qui ont reçu de l'argile en péri-partum ce qui permet d'un côté une meilleure disponibilité alimentaire nécessaire pour le développement fœtal en dernier mois de gestation, et d'un autre coté une meilleure production laitière en quantité comme en qualité (Ouachem et Soltane, 2009 ; Norouzian *et al.*, 2010 ; Zarcula *et al.*, 2010 ; Ouachem *et al.*, 2012); et deuxièmement, à l'optimisation de l'utilisation digestive notamment celle azotée en réduisant la part de l'azote ammoniacal permettant aux micro-organismes d'intensifier leur protéosynthèse (Walz *et al.*, 1998 ; Mohsen et Tawfik 2002 ; Ouachem *et al.*, 2005 ; Koknaroglu *et al.*, 2006 ; Ural et Ural 2017); et finalement, à la capacité de l'argile à capter de diverses substances pouvant entrer dans l'organisme par le biais des aliments, prévenant ainsi leurs mauvais effets telles que les mycotoxines, les métaux-lourds, radionucléides etc. (Stojković *et al.*, 2005 and Stojković *et al.*, 2012).

Néanmoins, d'autres résultats (Murray *et al.*, 1990 ; Walz *et al.*, 1998 ; Tabbaa *et al.*, 1999 ; Stojšić *et al.*, 2004 ; Ibrahim, 2012) s'opposent à ce qui a été rapporté auparavant. Ils ne trouvent aucun effet notable de l'argile sur les paramètres de croissance des agneaux, les brebis ou les béliers, voir même des effets négatifs ont été enregistré citons les travaux de Toprak *et al.* (2016) et d'Estrada-Angulo *et al.* (2017) qui ont trouvé que l'utilisation de la l'argile peut avoir des répercussions préjudiciables sur le rendement de croissance des animaux et les traits de carcasse à raison qu'il peut engendrer une diminution de la densité énergétique et l'ingestibilité de la ration expliquent-eux.

1.3.3.3.2. Sur la production

La production laitière dépend à 25% de la génétique de l'animal, alors qu'elle est à 75% des facteurs environnementaux dont l'alimentation est dominante (Ilić *et al.,* 2005 ; Ilić *et al.,* 2011). En d'autres termes, selon Đoković *et al.,* (2011), le production et la composition chimique du lait dépendent de la race, de la nourriture, de l'hygiène, du stade de lactation et même du logement.

À cet égard, Duval (1993) indique que l'ajout de bentonite à la vache laitière peut affecter la production et la composition chimique. La nature de la ration, qui est la proportion de fourrage et de concentrés, est le facteur le plus important, mais le moment opportun pour ajouter de la bentonite au régime alimentaire peut également être important. Dans sa revue bibliographique, il dit que :

- L'ajout de 5% de bentonite à une ration de concentrés et de foin dans un rapport de 3:1 a permis d'augmenter le pourcentage de gras dans le lait de plus de 50%;
- Il n'y a pas eu de différences dans la composition du lait entre l'ajout de 5% ou de 10% de bentonite dans la ration. La production de lait était toutefois supérieur avec l'ajout de 5% comparé au contrôle et à l'ajout de 10%;
- L'ajout de bentonite dans une ration faible en calcium et en phosphore peut avoir un effet indésirable sur l'équilibre de ces minéraux chez la vache.

Aussi bien, ce constat est de plus consolidé par des résultats plus récents. Ilić *et al.* (2011) trouvent que l'utilisation de la zéolite dans l'alimentation des vaches laitières à l'ordre de 2 et 4% permet d'améliorer la quantité et la qualité du lait. Les meilleurs chiffres ont été enregistrés dans le groupe de vaches recevant 2% d'argile soit une différence significative de (+8%) et (+11%) de la quantité et de la teneur en MG respectivement en comparaison avec le témoin ce qui supporte les résultats d'Ilić *et al.* (2005), Katsoulos *et al.* (2006) et de Đoković *et al.* (2011). Également, Alic *et al.* (2014) dévoilent ultérieurement que l'utilisation de la clinoptilolite dans la ration totale des vaches laitières de la race Holstein permet d'augmenter significativement la quantité du lait produite avec une différence de plus de 3kg par rapport au témoin. Ils ajoutent que l'argile permet également de réduire la part des cellules somatiques dans le lait ce qui améliore sa qualité avec une réduction de prés de -5% de celles-ci en comparaison avec le témoin ce qui support a son tour le résultat de Parmigiani *et al.* (2013), Micic *et al.* (2017) et de Uyarlar *et al.* (2018). Et dernièrement, Khachlouf *et al.* (2019) les

supportent en utilisant de la zéolite (200g/jr) chez les vaches laitières Holstein trouvent que la PL augmente de plus de 2kg/jr par rapport à celle qui n'ont en pas reçu, cependant, que la composition chimique n'a subi aucun effet. Ceci a été expliqué selon Katsoulos *et al.,* (2006) et Khachlouf *et al.,* (2019) par la hausse de la production de l'acide propionique, l'amélioration d'une part de l'utilisation digestive, et d'autre part à la protéosynthèse du coup l'augmentation du flux protéique.

Contrairement, d'autres résultats (Lemerle *et al.,* 1984 ; Erasmus et Prinsloo, 1989 ; Thilsing-Hansen *et al.,* 2002 ; Migliorati *et al.,* 2007 ; Agus *et al.,* 2014 ; Sulzberger, 2016) dévoilent que l'utilisation de l'argile ne semble pas affecter ni la quantité ni la qualité du lait d'une façon significative chez les vaches laitières, bien qu'ils révèlent parfois une amélioration numérique appréciable de la quantité et la qualité du lait en présence des différents types d'argiles.

Outre, l'argile semble également avoir un effet sur la qualité microbiologique du lait. Plusieurs études montrent son efficacité détoxifiante en réduisant les mycotoxines excrétées dans le lait suite à l'ingestion d'alitements contaminés avec des champignons pouvant transmettre la contamination vers le lait par le biais de leurs métabolites tels que l'Aflatoxine M1 (AFM1). D'ailleurs, Sulzberger (2016) trouve que l'argile réduit significativement le taux de mycotoxines (AFM1) dans le lait, soit une chute de sa concentration de (-25%), (-18%), (-41%) dans les groupes de vaches recevant de 0,5, 1 et 2% d'argile respectivement. Ceci est explicable selon l'auteur par la haute affinité de l'argile vis-à-vis de ces métabolites dans le tractus digestif, ce qui permet leur séquestration en évitant leur digestion et leur absorption intestinale et donc leurs transferts de rumen vers les mamelles. Cette révélation consolident d'autres résultats d'études (Katsoulos *et al.,* 2012 ; Parmigiani *et al.,* 2013 ; Agus *et al.,* 2014 ; Micic *et al.,* 2017) qui nt été menées dans ce sens.

De plus, chez les chèvres, l'utilisation de l'agile semble également être efficace sur la PL, sur la base du travail scientifique de Ouachem *et al.* (2012) utilisant 5% de la marne dans la ration des chèvres de la race Arabia en Algérie, ils évoquent une hausse numériques de la quantité du lait produite ainsi qu'une amélioration de la qualité du lait suite à l'augmentation significative du taux protéique avec une différence de (+15,5%) par rapport au lot témoin.

En ce qui concerne la production et la croissance de la laine, les résultats scientifiques confirment l'effet positif de l'argile sur cette performance. Antérieurement, Fenn et Leng (1989) ont essayé d'incorporer deux types d'acide aminés sulfuriques (cystéine et méthionine)

à l'état solide ou en suspension dans l'eau d'abreuvement afin quantifier leurs effets sur la croissance de la laine en comparaison avec l'effet de la bentonite en poudre (30g/jr) et en suspension (60g/jr). Ils indiquent que la croissance de la laine était plus élevée dans les lots recevant la bentonite ajouté comme poudre ou en suspension soit une différence de 19 et 20% ($p<0,05$) respectivement en comparaison avec le lot témoin et mieux que les lots recevant les acides aminés.

Dans le même sens, Fenn et Leng (1990) ainsi que et Ivan *et al.* (1992) rapportent une tendance pareille de la croissance de la laine en présence de la bentonite. Ils donnent des explications pertinentes de cette augmentation. Selon eux, en présence de l'argile, la digestibilité s'améliore, la protéosynthèse s'accentue, et de ce fait, le flux de protéines vers l'intestin s'élève en approvisionnant la croissance de la laine en étant sensible d'origine. Cette révélation est d'autant plus supportée par le constat ultérieur de Walz *et al.* (1998), alors qu'elle s'oppose aux résultats d'Eady *et al.* (1990) et de Murray *et al.* (1990) qui négligent l'impact de l'addition de l'argile sur la production et la croissance de la laine.

En matière de production bouchère, les études tendent à s'accorder que l'argile n'apporte pas vraiment de changements sur les traits qualitatifs de viande et de carcasses animales (taux de gras dans la carcasse, le gras intramusculaire, le poids de la carcasse, la teneur en eau, la couleur de la carcasse, etc.) chez les ovins que comme chez les bovins selon les travaux de (Walz *et al.*, 1998 ; Oka *et al.*, 2015 ; Antonelo *et al.*, 2017 ; Estrada-Angulo *et al.*, 2017).

1.3.3.3.3. Sur la reproduction

L'alimentation est assez sensible à l'alimentation (voir 1.6.) Les études concernant l'effet de l'incorporation de l'argile sur les performances de reproduction peuvent être comptées sur les doigts. Généralement, l'argile n'a pas d'effets directs sur la fonction reproductive ou même les organes reproductifs, mais indirectement à travers la promotion la digestibilité (voir section argile-dynamique nutritionnelle) des animaux ce qui se répercute directement sur les réserves corporelles et donc la NEC, ainsi sur le rétablissement de l'équilibre nutritionnel de l'animal en lui évitant les excès et les carences protéiques (voir section argile-dynamique nutritionnelle et argile-paramètres de rumen) qui peuvent nuire sur la fonction reproductive. Elle peut également intervenir en détoxifiant l'organisme animale de certaines métabolites toxiques et qui peuvent être néfastes sur les voies physiologiques et les organes reproductifs d'après la littérature (Brugère-picoux 2004 ; Pešev *et al.*, 2005 ; Blowey

et Weaver, 2006 ; Doreau *et al.,* 2011 ; Mapham et Vorster, 2013), ou en atténuant l'effet de stresse oxydatif dans l'organisme animal (Ipek *et al.,* 2012 ; Wu *et al.,* 2015) qui peut engendrer de graves pertes des capacités reproductives chez les mâles que chez les femelles (Natalija et Biljana, 2007).

D'ailleurs, Pešev *et al.* (2005) ont mené une expérimentation sur des vaches laitières afin de visualiser l'effet de l'argile de type « zéolite » à deux doses (2-3%) sur les paramètres de reproduction de ces animaux. En l'occurrence, les chiffres montrent une amélioration appréciable des performances de reproduction. La durée de gestation n'étant pas affectée, cela s'explique par son indépendance aux facteurs externes, en dépendant étroitement à la génétique de l'animal. Cependant, l'intervalle entre le vêlage et l'insémination fécondante était significativement plus court en présence de l'argile, il s'est avéré que cette intervalle est meilleure dans le groupe de vaches recevant (3%) de zéolite suivi par celles du groupe recevant (2%) qui ont été gravides 30 et 20 jours avant les vaches du témoin respectivement. D'autant plus, ceci a automatiquement influencé l'intervalle vêlage-vêlages qui était significativement plus court dans les deux groupes expérimentaux soit une différence de 16 jour dans le 1er groupe en comparaison avec le témoin. Le taux de fertilité a également connu une amélioration hautement significative avec une augmentation de plus de 8% et 4% pour le 1^{ier} et le 2ème groupe par rapport au témoin.

Les résultats de Karatzia *et al.* (2013) convergent largement avec ce qui précède. En ajoutant (200g/jr) de clinoptilolite, les auteurs rapportent une diminution significative de toutes les intervalles reflétant une fonction reproductive, soit des différences de -6jours ($p<0,01$) pour l'intervalle vêlage-1ères chaleurs, -4jours ($p<0,01$) pour l'intervalle vêlage-1^{ière} insémination fécondante, -14 jours ($p<0,001$) pour l'intervalle vêlage-conception et -12jour ($p<0,001$) pour l'intervalle entre deux vêlages en comparaison avec le lot témoin. De plus, le nombre d'insémination effectué pour avoir une gestation (indice coïtal) est meilleur dans le groupe expérimental, sachant que 72% de vaches de ce groupe avaient besoin d'une seule insémination pour avoir une gestation alors que 28% d'elles avaient besoin de 2 inséminations. En contre partie, dans le lot témoin, 45% de vaches étaient gravides après la 1^{ière} insémination, 52% après deux inséminations, et 3% après 3 inséminations. L'amélioration des paramètres de reproduction selon l'auteur est due principalement à l'amélioration du statut énergétique et l'état corporel des vaches après avoir ingéré de l'argile, sachant que ces vaches ont gagné plus de points de NEC (+0,57 points) par rapport à celles du

lot témoin. Ceci a bien été consolidé par le travail de Garzón *et al*. (2017) qui rapportent que l'utilisation de 2% de zéolite dans la ration totale des vaches laitières Holstein en péri-partum améliore leur fertilité, en réduisant significativement la période d'attente volontaire suite au retour précoce de l'activité ovarienne et donc la levée précoce de l'involution utérine par rapport aux vaches n'ayant pas reçu de l'argile. Ceci est expliqué par l'amélioration de l'immunité des vaches en présentant moins de coïncidences de maladies utérines, ainsi une meilleure cinétique de réserves corporelles en péri-partum. Dernièrement, Pešev *et al.* (2018) supportent également les constats de l'effet bénéfique de l'incorporation de l'argile dans l'alimentation des vaches laitières sur leurs performances de reproduction.

1.3.3.4. L'impact écologique de l'emploi de l'argile chez les ruminants

La protection de l'environnement est de plus en plus exigée. Or, le développement de l'élevage dans le monde fait actuellement l'objet de débats, sachant que beaucoup de travaux scientifiques et de rapports internationaux l'impliquent dans le déséquilibres environnementaux et les changements climatiques notamment chez les ruminants (Claude, 2002 ; Reyaud *et al.*, 2014 ; Marino *et al.*, 2016). Par ailleurs, Le CH_4 est parmi les produits finaux majeurs des fermentations ruminales (Chouinard, 2000 ; McDonald *et al.*, 2002 ; Jouany et Thivend, 2008). Cette voie métabolique constitue un moyen indispensable pour l'élimination de l'hydrogène produit lors de ces fermentations (Jouany et Thivend, 2008). Hormis, cet élément chimique est réputée le deuxième après le CO_2 comme un gaz à effet de serre puissant (Sauvant, 1992 ; Demeyer et Fievez, 2000 ; Jouany et Thivend, 2008 ; Doreau *et al.*, 2011). D'après Demeyer et Fievez (2000) et McDonald *et al.* (2002), l'émission du CH_4 contribue à environ 16% dans l'effet de serre, 30% de cette émission soit d'ordre naturel, alors que 70% soit anthropique, bien que l'émission du gaz entérique (provenant de la digestion animale) est estimée à plus de 20% de la part des émissions anthropiques. Autrement, l'ammoniac est également un produit des fermentations ruminales, une ammoniogénèse intense provoque l'accumulation de l'ammoniac qui sera ajustée par l'absorption au niveau ruminal et la transformation en urée via le foie, une part de ce dernier va être recyclée sous forme d'urée salivaire, et l'excédent va être éliminé par les reins via la voie urinaire (Jarrige, 1988 ; Meisinger *et al.*, 2001 ; Wattiaux, 2004). Ceci constitue un autre défi pour l'environnement et la santé publique, vu que les déjections azotées contribuent d'un coté à la pollution des eaux souterraines et de surface par les nitrates, et d'autre coté,

émanations d'ammoniac susceptible de libérer des protons contribuant à l'acidification des pluies ont-ils-dit Barret (1992), McDonald *et al.* (2002) et Wattiaux (2004)

En ce qui concerne l'argile, elle a fait ses preuves dans la production animale écologique. Comme suscité (2.3.3.1.1), D'une part, l'argile permet de réduire la méthanogénèse dans le rumen. Ceci est supporté par plusieurs résultats scientifiques indiquant la chute de la part du CH_4 produite suivant les fermentations ruminales en présence des différents types d'argiles, Tate *et al.* (2015) dévoilent via une étude *in-vitro* que l'utilisation de la kaolinite a permis une réduction notablement significative d'environ (65%) en comparaison à un lot témoin après 7h d'incubation. De même, Laibi *et al.* (2015) indiquent que l'utilisation d'une argile complexe (smectite, kaolinite, quartz) réduit remarquablement la méthanogénèse chez les moutons. Ceci s'accordent avec les constats antérieurs rapportés dans l'étude d'Abdl-Rahman (2010) et de Kardaya *et al.* (2012) menées dans le même contexte en utilisant la bentonite couplée à l'acide fumarique et la zéolite imprégnée d'urée respectivement, et avec les résultats récents de Dal Pozzo *et al.* (2016) et de Sulzberger (2016) utilisant la montmorillonite et une argile mixte respectivement.

Par ailleurs, Doreau *et al.* (2011) disent que la production nette d'hydrogène peut être réduite suite à une suppression partielle ou totale de la population de protozoaires (défaunation) dans le rumen, outre, suscité (voir section argile-paramètres de rumen), l'argile affecte la population protozoaire en réduisant sa densité (Wallace et Newbold 1991 ; Abdullah *et al.,* 1995 ; Filya *et al.,* 1999 ; Forouzani *et al.,* 2004 ; Khalifeh *et al.,* 2012a) ce qui explique une part de la réduction de la méthanogénèse. Or, l'augmentation de la production de l'acide propionique sous l'effet de l'argile (voir section argile-paramètres de rumen) peut expliquer l'autre part de la baisse de la méthanogénèse à raison de la relation inverse entre la méthanogénèse et la production de l'acide propionique qui se caractérise par une biohydrogénation intense en épuisant le substrat primaire pour la production du CH_4 (Chouinard, 2000).

D'autre part, l'argile réduit l'ammoniogénèse et l'uréogenèse dans le rumen, et par conséquence les effluents azotées. d'ailleurs, l'efficacité de l'abaissement de l'ammoniogénèse dans le rumen par le biais de l'argile (Wallace et Newbold 1991 ; Ouachem et Nouicer 2006 ; Ghaemnia *et al.,* 2010 ; Goodarzi et Nanekarani 2012) a profondément été abordée auparavant (voir section argile-paramètres de rumen), a ceci s'ajoute ce que nous avons déjà souligné sur l'effet de l'argile vis-à-vis le taux sérique de l'urée où elle a fait ses

preuves sur la réduction du taux plasmatique de l'urée (Katsoulos *et al.,* 2006 ; Ghaemnia *et al.,* 2010) par conséquence d'une chute de l'ammoniogénèse (voir section argile-profile biochimique), en l'occurrence, les déjections azotés seront minimisées sous l'effet de l'argile.

1.4. L'utilisation de phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques chez les ruminants

1.4.1. Informations 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 aromes spécifiques et diverses propriétés médicinales (Alloui, 2011). Ce sont des antioxydants, anticancéreux, antimicrobiens en particulier les agents pathogènes à Gram^{+}, modulateurs des enzymes et de détoxication et des stimulateurs digestifs et immunitaires (Tajkarimi *et al.,* 2010 ; Odoemelam *et al.,* 2013 ;Oh *et al.,* 2017 ; Omontese *et al.,* 2017).

En dehors de la classification botanique habituelle, ils sont classés, selon Windisch et Kroismayr (2006) cité par Hashemi et Davoodi (2011), 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, anticancéreuse, immunistimulateur, 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: 1) herbes (produits de la floraison, plantes non ligneuses et non persistantes), 2) des plantes (parties entières ou transformées d'une plante, par exemple, racines, feuilles, écorce), 3) des huiles essentielles (extraits hydro-distillés de composés végétaux volatils), et 4) des oléorésines (extraits à base de solvants non aqueux)

Les propriétés thérapeutiques de ces additifs sont connues depuis longtemps (Rochfort *et al*., 2008). 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 (Bakshi et Wadhwa, 2012 ; Zeweil *et al*., 2016). Or, il faut souligner que, les caractéristiques médicinales des phytobiotiques sont attribuées aux métabolites secondaires synthétisées par l'organisme végétal qui 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 (Cowan, 1999 ; Kamra *et al*., 2006 ; Tajkarimi *et al*., 2010 ; Bakshi et Wadhwa, 2012 ; Meale *et al.*, 2012 ; Molina *et al.*, 2013).

1.4.2. Effet des phytobiotiques sur le processus digestif

1.4.2.1. Modulation de l'écosystème ruminal

La digestion biologique dans le rumen constitue une particularité des ruminants. Les produits finaux de cette digestion seront les AGV, l'N-NH_3 et des gaz notamment le CH_4. Ces produits sont conditionnés par plusieurs facteurs, en particulier, le type de l'aliment, la fréquence d'alimentation, le ratio fourrage/concentré, etc. Cependant, bien qu'ils soient des sources nutritionnelles intéressantes, l'excès des AGV, N-NH_3 constitue un handicape vis-à-vis le bien être de l'animal (Patra, 2011 ; Peterson, 2012 ; Thao et Bằng, 2015).

L'optimisation des performances animales passe tout d'abord par la bonne connaissance des phénomènes qui se déroule dans le rumen (Molina *et al.*, 2013). 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 du rumen (Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal, 2014).

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. En fait, une certaine variabilité des résultats a été décelée dans la littérature. Bien que, cette fluctuation est due principalement aux type et à la dose des

phytobiotiques utilisés et à la ration servie aux animaux dans les études in-vivo ou utilisé dans les études in-vitro (Soltan *et al.*, 2009 ; Blanch *et al.*, 2016).

En générale, les scientifiques révèlent que les phytogéniques ont la capacité à moduler remarquablement l'écosystème ruminale en y engendrant des modifications notables de ses paramètres. Ando *et al.* (2003) 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.* (2011) rapportent que la 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.* (2015) 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.* (2017) et Morsy *et al.* (2018) 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 supportent ceux de Sahraei *et al.* (2014), de Galindo *et al.* (2016) et de Kholif *et al.* (2017). Néanmoins, Norrapoke *et al.* (2014) indiquent totalement l'inverse, en utilisant la poudre de mangouste (*Garcinia mangostana*) et de *Centella Asiatica* dans la ration des buffles augmente l'ammoniogénèse d'environ 10% ($p<0,05$). D'ailleurs, d'après Dong *et al.* (2010) et Patra (2011), 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.*, (2009) révèlent que l'ajout de (32mg/l) 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 ainsi qu'une augmentation significative de la production de l'acide propionique (+14%) et l'acide butyrique (+17%) suivi d'une chute du rapport C_2/C_3 (-19%) ont été enregistrée dans cette expérimentation. Ceci est similaire à ce qui a été déjà rapporté par Ando *et al.* (2003). D'autant plus, Kongmun *et al.* (2010) 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 l'acide acétique (-7%), une augmentation de celle de l'acide propionique +9% ($p<0,05$) et de l'acide butyrique +9% ($p<0,05$) corrélées au même temps avec un rapport C_2/C_3 plus bas -22% ($p<0,05$) par rapport au milieu de culture témoin. Ils ajoutent également

que la méthanogénèse a enregistré une chute aussi remarquable avec une différence significative de -22% par rapport au groupe témoin par conséquence de la réduction de la concentration de l'acide acétique et l'augmentation de celle de l'acide propionique. Ceci a été supporté par des résultats plus récents (Dong *et al.*, 2010 ; Anassori *et al.*, 2011 ; Giannenas *et al.*, 2011 ; Ok *et al.*, 2011 ; Norrapoke *et al.*, 2014 ; Patra et Yu, 2015 ; Blanch *et al.*, 2016) et récemment par Morsy *et al.* (2018) 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 (2009) rapportent une augmentation assez significative (+66%) de la biomasse bactérienne de rumen en présence d'huile essentielle de cumin (1000ppm) par rapport à un milieu de culture témoin dans une étude in-vitro. Ceci supporte le résultat de Ngamsaeng *et al.* (2006) 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 suscité. De plus, dans leur étude in-vivo, Giannenas *et al.* (2011) 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.* (2014) 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 ces phytobiotiques. Aussi, Galindo *et al.*, (2016) ajoutent que l'huile essentielle de noix de coucou (*Cocos nucifera*) additionnée au concentré des moutons (15%MS) réduit ($p>0,05$) la densité des champignons dans le rumen (-21%), 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 (2017) 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 CH_4

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 (Ultee *et al.*, 1999 ; Bowie, 2014). Dans une étude antérieure sur l'effet de diallyl-thiosulfinate (allicine) qui est le principe actif le plus important générant de l'ail, Feldberg *et al.* (1988) 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.* (1999) 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 entrainer d'autres actions bactéricide ou bactériostatique, 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 H^+ et 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.

D'autre part, Il faut souligner également que d'autres résultats s'opposent à ce qui a été suscité. D'ailleurs, d'après leurs études scientifiques, d'autres auteurs (Newbold *et al.*, 2004 ; Beauchemin et McGinn, 2006 ; Chaves *et al.*, 2008 ; Soliva *et al.*, 2008 ; Yang *et al.*, 2010 ; Zamiri *et al.*, 2015 ; Panthee *et al.*, 2017) évoquent que les phytogéniques n'ont aucun effet significatif sur l'écosystème ruminal et son microbiote.

1.4.2.2. Modulation de la dynamique nutritionnelle

En ce qui précède, nous avons parlé de l'effet des condiments et leurs divers drivés sur la digestion et les fermentations dans le rumen et les paramètres qui y conditionnent. Tel qu'il a été discuté, la production des AGV (la principale source énergétique chez les ruminants selon Thao et Bằng (2015)) notamment celle de C_3 (le précurseur de la néoglucogénèse) augmente en présence des phytogéniques (voir 2.4.2.1), 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, Giannenas *et al.* (2011), Kongmun *et al.*

(2011) et Norrapoke *et al.* (2014) 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.* (2007) 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 MS aussi bien qu'il permette d'augmenter la digestibilité de la MO à l'ordre de 13% ($p<0,05$), d'autant plus, la digestibilité fibrolytique a connues une hausse de +19% ($p<0,05$) par rapport au témoin. De même, Kongmun *et al.* (2010) 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 (Sirohi *et al.*, 2009 ; Klevenhusen *et al.*, 2011 ; Norrapoke *et al.*, 2014 ; Matloup *et al.*, 2017 ; Seifzadeh *et al.*, 2017 ; Sahli *et al.*, 2018) 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.* (2011)- sera réduite par manque du substrat ainsi que par la diminution des microbes méthanogènes. À ceci s'ajoute la réduction de la production du C_2 (Kongmun *et al.*, 2010 ; Patra et Yu, 2015 ; Blanch *et al.*, 2016) 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.* (2011) constitue une preuve bien visible de ça, elle révèle que l'utilisation de diallyl-disulfide (allicine : 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 prés 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.* (2014) 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 (Ngamsaeng *et al.*, 2006 ; Suchitra et Wanapat, 2008 ; Cobellis *et al.*, 2015) contredisent ces constats, elles dévoilent que l'addition de phytobiotiques n'avait aucun effet sur la digestibilité des aliments, d'autant plus que, Beauchemin et McGinn (2006), Kouazounde *et al.* (2016) ainsi que Sajadian *et al.* (2017) indiquent qu'ils peuvent même être préjudiciables sur la digestibilité des aliments en y réduisant significativement. Cette contradiction de résultats peut s'expliquer selon Matloup *et al.* (2017) 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 protéolyse. Outre, il a été estimé que la microflore ruminale contribue à la dégradation de 75% des protéines ingérées (O'connell et Fox, 2001), en l'occurrence, d'après Ngamsaeng *et al.*, (2006) et Bayourthe et Ali-Haimoud-Lekhal (2014), l'augmentation du flux protéique vers l'intestin peut s'expliquer par l'éventuelle présence des tannins dans les phytogéniques, 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 irréprochable en acides aminés pour la lactogenèse et la production de viande (Thao et Bằng, 2015). De ce fait, la diminution du nombre de protozoaires (voir 2.4.2.1.) sous l'effet des phytobiotiques a un autre bénéfice sur le bilan protéique vu que ces derniers ont une activité bactériolytique (Wallace, 2004 ; Popova *et al.*, 2011). D'un autre coté, la réduction de l'ammoniogénèse résulte de la baisse de déamination 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 éviter à l'animal des pertes inéluctables en cas d'un surplus azoté en améliorant l'approvisionnement intestinal en protéines venant du rumen.

De même, Panthee *et al.* (2017) observent 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%. Les auteurs expliquent 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.* (2018) rapportant une amélioration significative du bilan azoté chez les chèvres additionnées de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), avec une amélioration du

bilan azoté de prés 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.* (2007) 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, et de Norrapoke *et al.* (2014) indiquant une amélioration remarquable de la rétention azoté et de la protéosynthèse avec +25%, et +19% (p>0,05) en présence de la poudre de mangouste chez les buffles.

1.4.3. 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 (Alloui, 2011 ; Arreola *et al.*, 2015 ; Habibi *et al.*, 2016 ; Shokrollahi *et al.*, 2016 ; Zeweil *et al.*, 2016). Kiczorowska *et al.* (2017) passe en revue bibliographique que 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.* (2014) menée en Pakistan sur l'utilisation d'herbes et de plantes médicinales comme traitements médicaux chez les ovins et les caprins, il parait que les Brassicacées, les Apiacées, les Solanacées, les Amaryllidacées sont les des 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, rétention 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. A* est efficacement utilisée contre les endo- et les ecto-parasites, bien plus, *Plantago lanceolata L.* était efficace contre les diarrhées, *Phoenix dactyllifera L.* a souvent été pratiquée pour traiter l'infertilité, *Citrus limon L.* contre les mammites, *Cuminum cyminum L.* contre les problèmes de production laitière (galactogène) 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.* (2015). 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.

D'un côté, Le dysfonctionnement immunitaire joue un rôle important dans le développement et l'évolution des maladies. Or, l'immunomodulation est l'une des principaux objectifs dans l'élaboration des médicaments. Cependant, son coût élevé, sa toxicité anticipée et ses effets indésirables le rendent indésirable. En l'occurrence, les phytobiotiques, des candidats potentiels prometteurs de ceux-ci apparaissent plus efficaces (Al Sheyab *et al.*, 2012 ; Arreola *et al.*, 2015). De plus, Arreola *et al.* (2015) ajoutent que l'ail, un phytobiotiques 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. Aussi bien, Patil *et al.* (2015) passent en revue bibliographique qu'un traitement oral avec le cumin améliore la l'expression des cellules lymphocytaires de type « T » impliquées dans la défense du corps chez les animaux immunodéprimés et même ceux normaux. Il parait qu'il stimule l'expression des cytokines chez les animaux immunodéprimés, il fait fasse à l'épuisement des lymphocytes « T », diminue le niveau de corticostérone et la taille des glandes surrénales, au même temps qu'il augmente le poids du thymus et de la rate.

À cet égard, Sarkar *et al.* (2006) ont déjà essayé d'y confirmer ça par le biais d'un extrait alcoolique de l'ail sur l'incidence des endométrites et le stresse 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 cet 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 stresse 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 stresse). Ceci a été supporté par le résultat de Rajesh (2013). Cet auteur a testé des extraits hydro-alcooliques de l'ashwaghanda (*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 phytogéniques. 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 le 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. Outre, la concentration des immunoglobulines dans le liquide utérin 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.* (2013) menant une étude pareille à celle de Rajesh (2013) en utilisant deux extraite (hydro-alcoolique et hydro-acetonique) du margousier (*Azadirachta indica*) comme immunomodulateur chez les vaches infectée de l'endométrite, ils rapportent la même cinétique des affections endométrites en présence du margousier rapportée par Rajesh (2013), ils révèlent que cet herbe est susceptible de stimuler la réponse immunitaire de l'organisme contre cette maladies, 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.* (2009) ont testé l'effet 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 stimule 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.* (2016) 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 améliore leur immunité par l'augmentation du nombre de leucocytes impliquées intensément

dans la défense de l'organisme de prés de 23% et +42 % (p<0,001) respectivement par rapport au témoin. La phyto-hematoglutinin (PHA), une lectine de *Phaseolus vulgaris*, qui conduit à l'agglutination des érythrocytes, ainsi qu'à la croissance, à la division et à l'activation non spécifique des cellules T., son injection intradermique vise à visualiser la réponse immunitaire du l'organisme. Dans cette étude, l'injection de l'extrait du romarin provoque une meilleure réponse immunitaire suite à augmentation de l'épaisseur de la peu 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 rapides 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 cout élevé des médicaments généralement chimiques, synthétiques, sélectifs et non écologiques, d'autant plus qu'ils s'expirent avec le temps par le développement de la résistance aux antiparasitaires (Masamha *et al.*, 2010 ; Mehlhorn *et al.*, 2011). En l'occurrence, les plantes médicinales et leurs dérivés peuvent en 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'prés Mehlhorn *et al.* (2011).

Pour tester l'effet antiparasitaire des phytobiotiques chez les ruminants, pas mal d'étude ont y été menées. Oliveira *et al.* (2009) ont essayé de tester l'effet antiparasitaire de l'extrait éthylique 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-Ghaffar *et al.* (2011) confirment ces constats. En testant in-vitro l'effet antiparasitaire du chloroforme et de l'extrait aqueux et éthylique de cocotier, ognon (*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*, *Taenia taeniaeformis*), trematodes (*Fasciola hepatica*, *Echinostoma caproni*). Touts les tests montrent que toutes les cibles ont été éliminées après les traitements. Ceci a été supporté par le résultat de Masamha *et al.* (2010) 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 strongyles ainsi qu'une diminution d'environ -50,7%, -100%, -93,3%, 97,3% pour les trichostrongyles dans les fèces respectivement. De plus, Mehlhorn *et al.* (2011) rapportent des résultats similaires de l'effet de l'addition de la poudre de noix de coucou 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 du lait dans l'alimentation de ces moutons ou diluées dans le lait a permet d'éliminer totalement les parasites dans leur matière fécale. Outre, ultérieurement, Le-Scourance *et al.* (2014) rapportent que l'utilisation d'un produit commercial à base d'extraits de plantes médicinales a permet 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 traité où le nombre d'oocytes n'est pas vraiment changé, de même, Akouri *et al.* (2017) 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 cordifolia*.

1.4.4. Effet des phytobiotiques sur les performances zootechniques

1.4.4.1. 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 (Hashemi et Davoodi, 2011). Tels qu'il a été déjà discuté auparavant, Par le biais de leurs composantes bioactives, ils interfèrent dans l'amélioration de 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 conséquence, ceci aide les animaux à mieux se croitre et se développer pour atteindre leur capacités génétiques.

Dans la littérature, les résultats de l'effet stimulateur de croissance des plantes aromatiques et des épices manquent d'harmonisation. Selon Shokrollahi *et al.* (2016), cette variabilité est due principalement au type, la qualité et la quantité de l'additif utilisé, et secondairement à l'espèce et à l'âge de l'animal expérimenté.

Chez l'ovin, Chaves *et al.* (2008) 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 leur 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 l'ingéré n'a pas été modifié, 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 (2010) rapportent 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, ce qui est expliqué l'amélioration de la qualité du lait des mères supplémentées surtout en matière du taux protéique. Outre, Jami *et al.* (2015) constatent que l'ajout de cumin dans l'alimentation des agneaux en croissance à raison de 7 et 14 % de la ration de bas améliore leur croissance. Les chiffres montrent 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. En fait, ces constats s'opposent à d'autres qui s'accordent à négliger l'effet de différents phytobiotiques sur les paramètres de croissance chez les agneaux, citons les travaux de Smeti *et al.* (2013), Biricik *et al.* (2016) et d'El-Katcha *et al.* (2016) menant des expérimentations sur l'effet de l'extrait de romarin, de l'ail, de thym (*Thymus vulgaris*) et d'origan respectivement chez les agneaux en croissance.

Chez le caprin, Shokrollahi *et al.* (2016) rapportent que la supplémentation du lait des chevreaux avec l'extrait aqueux de l'ail (250 mg/kg du poids vif) durant 42jours améliorent 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. De plus, récemment, Okali-Usur (2019) 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 l'ingéré de +20%, +37% et +42% respectivement par rapport à d'autres qui n'ont pas reçu d'additifs. Aussi bien, le GMQ a également connu une amélioration aussi significative avec des différences de +20%, +25% et +36% respectivement par rapport au témoin. Cependant, d'autres résultats contredisent ceci (Zakeri *et al.,* 2014 ; Akouri *et al.,* 2017 ; Ikyume *et al.,* 2017), ceux-ci dévoilent que l'utilisation de l'ail cru, l'extrait de *Sida cordifolia*, de l'ail en poudre et de l'extrait de romarin n'affectent pas les performances de croissance des caprins.

Chez le bovin, Dans une étude in-vivo de Soltan *et al.* (2009) menée sur des vaches laitières supplémentées avec un complexe d'huiles essentielles et de composés bioactifs (huile d'eucalyptus : *Eucalyptus globulus*, cristaux de menthole -huile essentielle de menthe-) à des doses croissantes (16, 32mg/l de l'eau d'abreuvement), il s'est avéré que les paramètres de croissance des animaux supplémentée sont meilleurs par rapport à un groupe de vaches non supplémentées. L'ingéré a numériquement chuté (-0,7kg/jr) dans les groupes expérimentaux comparativement au témoin, le GMQ est supérieur de +74% et +52% ($p<0,05$) dans 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 supplémentée. Les auteurs explicitent dans une revue bibliographique qu'en période de bilan énergétique positif (fin de lactation ou les vaches taries), 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 MSI. Dans l'autre côté, 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, réduire la lipolyse.

De même, l'utilisation de l'extrait de l'ail à (250mg/kg PV.) chez les veaux a significativement améliore leur croissance d'après l'étude de Ghosh *et al.* (2010). Cette addition a permis une augmentation de GMQ à 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 à environ -56% ($p<0,01$) chez les veaux recevant l'additif comparativement avec ceux du groupe témoin. Ceci est attribué selon les auteurs à 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 de nutriments, et par conséquence une meilleure utilisation digestive aussi bien qu'une meilleure croissance des animaux.

Outre, Matloup *et al.* (2017) révèlent des améliorations considérables mais statistiquement insignifiantes des paramètres de croissance des vaches laitières supplémentée de 14ml/jr d'huile essentielles de coriandre (*Coriandrum sativum*). Ils indiquent que l'ingéré est supérieur dans le groupe de vaches recevant l'additif soit une différence ($p<0,05$) de (+7%), même le GMQ est plus élevé avec une différence ($p>0,05$) de (+42%) par rapport à un témoin. ils expliquent ça par l'ingestion des quantités plus élevées de l'aliment ce qui est due à l'augmentation de leur digestibilité. Cependant, ceci contredit les résultats antérieurs de Ngamsaeng *et al.* (2006) menant une étude sur l'effet de l'addition de zeste de mangouste chez les vaches laitières, de Beauchemin et McGinn (2006) qui ont essayé de quantifier l'effet d'un complexe d'huiles essentielles chez les vaches laitières et de Benchaar *et al.* (2007) menant une expérimentation sur l'effet d'un complexe d'huiles essentielles de différentes plantes médicinales chez les bovins de boucherie, ces auteurs ne trouvent aucun effet notable de ces additifs sur ce genre de performances.

1.4.4.2. Effet sur les performances de production

La production laitière dépend à 25% de la génétique de l'animal, alors qu'elle dépend à 75% aux facteurs environnementaux dont l'alimentation y domine (Ilić *et al.,* 2005 ; Ilić *et al.,* 2011 ; Đoković *et al.*, 2011). De ce fait, l'utilisation de phytobiotiques peut influencer et la quantité et la qualité du lait produite par les animaux. Cet effet a en réalité bien été discuté dans la littérature.

Chez les vaches laitières, Soltan *et al.* (2009) 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 avec une augmentation d'environ +5% par rapport au témoin. Ceci a été consolidé par le résultat de Bhatt *et al.* (2009) 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.* (2014) 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.* (2015) 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 quantitativement. 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. Ce constat est consolidé avec un autre plus récent dans l'étude de Matloup *et al.* (2017) menée en utilisant l'huile de coriandre chez les vaches laitières de la race frisonne ce qui a amélioré significativement la quantité du lait produite de +15%. Les auteurs rapportent également une amélioration qualitative notable du lait avec +19% de la MG, +19% de TP, +16% de lactose et +11% pour MM bien que ceci reste statistiquement insignifiant. Par ailleurs, d'autres résultats (Benchaar *et al.*, 2007 ; Suchitra et Wanapat, 2008 ; Serbester *et al.*, 2012 ; Blanch *et al.*, 2016 ; Rossi *et al.*, 2018) 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 (2010) 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 n'en pas reçues. 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 le fait galactogène de nigelle et vasodilatateur de la camomille permettant de d'augmenter le flux sanguins arrivant dans la mamelle ce qui y couvre les besoins en éléments nutritifs nécessaires pour optimiser sa fonction. Ceci est similaire au résultat de Chiofalo *et al.* (2010) 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. Aussi bien, la qualité du lait parait également être

significativement affectée par cet additif dont la teneur en protéine a connue 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 de romarin ce qui est 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 ressortissants des études plus récentes citons celles de Giannenas *et al.* (2011) et d'Eryan-Ibrhim (2015).

Chez les chèvres, l'ajout de phytobiotiques a également son effet sur la production laitière. D'ailleurs, Miri *et al.* (2013) 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'y ont pas reçues. Selon les auteurs, cette amélioration est attribuée au pouvoir galactogène de 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 du lait en MG et en lactose, (+18%) pour la MS non grasse, +2% et +22% de la teneur 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 ration (PUFA/SFA) plus élevé de +23% en comparaison avec le témoin. De même, Kholif *et al.* (2017) trouvent que la PL augmente de prés de 11% et 15% chez des chèvres recevant les feuilles secs de la citronnelle (*Cymbopogon citratus*) et du romarin respectivement à l'ordre de (10g/tête/jr) dans le concentré par rapport à d'autres non supplémentées. D'autant 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% 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 prés 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 ration acides gras insaturés (UFA)/SFA en comparaison avec le témoin. Les auteurs explicitent que l'augmentation de rendement laitier des chèvres supplémentées est attribué 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.* (2018) révélant

l'effet bénéfique des grains de cumin et de motarde (*Sinapis sp.*) sur la production laitière chez les chèvres.

En matière de qualité du lait, Miri *et al.* (2013), Kholif *et al.*, (2017) et Morsy *et al.* (2018) attribuent les changements de la PL et du profile laitier chez les animaux à l'amélioration de la digestibilité. Selon eux, l'augmentation de la production laitière est vraisemblablement dû à : 1) 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 ; 2) l'effet galactagogue des métabolites secondaires. Par ailleurs, ces auteurs s'accordent à dire que le changement du profile laitier en acides gras est dû à l'effet inhibiteur des métabolites secondaire 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 CLA permet de prévenir les problèmes cardiovasculaires, alors que les SFA sont connus d'augmenter la cholestérolémie et de provoquer les problèmes cardiovasculaires chez l'homme.

1.4.4.3. Effet sur les performances de reproduction

Dans la littérature, nous avons constaté un manque d'informations en question de l'effet de phytobiotiques sur les performances de reproduction des animaux. En fait, nous pouvons dire qu'ils peuvent exercer des effets indirectes sur la fonction reproductive à travers la promotion du statut nutritionnel des animaux en améliorant leur efficacité alimentaire (voir section argile-dynamique nutritionnelle), et en rétablissant leur équilibre nutritionnel en leur évitant les excès et les carences protéiques et énergétiques (voir section argile-dynamique nutritionnelle et argile-paramètres de rumen) qui sont susceptibles de nuire sur la fonction reproductive des animaux (Brien *et al.*, 1976 ; Downing et Scaramuzzi,1991 ; Wittiaux, 1995 ; McDonald *et al.*, 2002 ; Poncet, 2002 ; Rekik *et al.*, 2007 ; Bakshi et Wadhwa, 2012).

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 les 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 (Mostrom et Evans, 2011 ; Wocławek-Potocka *et al.*, 2013).

1.4.5. La répercussion écologique de l'emploie des phytobiotiques

L'évolution des élevages fait la polémique vu à raison de son implication dans les changements climatiques par la méthanogénèse (Claude, 2002 ; McDonald *et al.*, 2002 ; Reyaud *et al.*, 2014 ; Jouany et Thivend, 2008). Par ce phénomène, les ruminants produisent des quantités énormes de CH_4 qui est un gaz à effet de serre (prés 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.*, 2015 ; Shokrollahi *et al.*, 2015). Le métabolisme ruminal de l'azote est une autre tranche de la polémique, où une mal rétention de l'azote sera compensée par l'apport excessif de cet élément pour assurer une production optimale, ceci conduit à l'excrétion de déchets azotés à pouvoir polluant important pouvant toucher les eaux souterraines et de surface ainsi qu'ils acidifient les pluies et provoquent l'émanation de l'ammoniac (Barret, 1992 ; Teferedegne, 2000 ; McDonald *et al.*, 2002 ; Wattiaux, 2004).

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. L'une des stratégies prometteuses et éco-responsables figure les phytobiotiques. Tels qu'il a déjà été discuté (voir 2.4.2.1) les plantes aromatiques et leur métabolites secondaires ont un pouvoir antimicrobien qui leur permet de moduler la structure de la microflore de 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 (Cobellis *et al.*, 2015).

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.* (2010) observent 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 CH_4 et azotées sous formes d'urée. À leur tour, Cobellis *et al.*

(2015) 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 CO_2 a également connu une chute assez remarquable -77% ($p<0,001$) comparativement à un milieu témoin. Ceci supporte le résultat de Norrapoke *et al.* (2014) 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.* (2016) 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 coucou. D'autant plus, tous ses constats ont été consolidés par d'autres études récentes (Blanch *et al*., 2016 ; Ikyume *et al.*, 2017 ; Morsy *et al.*, 2018).

Matériels et méthodes

1.1. Objectif de l'étude

Cette expérimentation a pour objectif de tester des substances naturelles comme additifs alimentaires pour les brebis Ouled-Djellal en essayant de trouver une alternative aux antibiotiques promoteurs de croissance, promouvoir les performances productives et reproductives des brebis dans les milieux difficiles sainement et à moindre coût, tout en valorisant les ressources locales. Pour cela, nous avons étudié l'effet de l'incorporation de l'argile naturelle, de l'ail et de cumin dans le concentré servi aux brebis sur la dynamique de leur état corporel autour de la lutte (flushing) et autour de l'agnelage (steaming) tout en suivant leurs performances reproductives et productives.

1.2. Lieu expérimental

Cette expérimentation a été menée au niveau de la Ferme de Démonstration et de Production de Semences (FDPS) d'Ain M'Lila appartenant à l'Institut Technique des Élevages (ITELV). Située à 9km au sud ouest (sur la carte : 35.972790N, 6.542489E) de la commune d'Ain M'Lila appartenant administrativement à la wilaya d'Oum El-Bouaghi (figure10), cette ferme se localise dans une zone semi aride, avec des hivers froids caractérisés par des périodes de gelées qui s'étalent du Novembre à Avril en général et des étés chauds et secs caractérisés par des vents chauds d'une arrivée de sud (DSA, 2010 ; cité par Mredef, 2017).

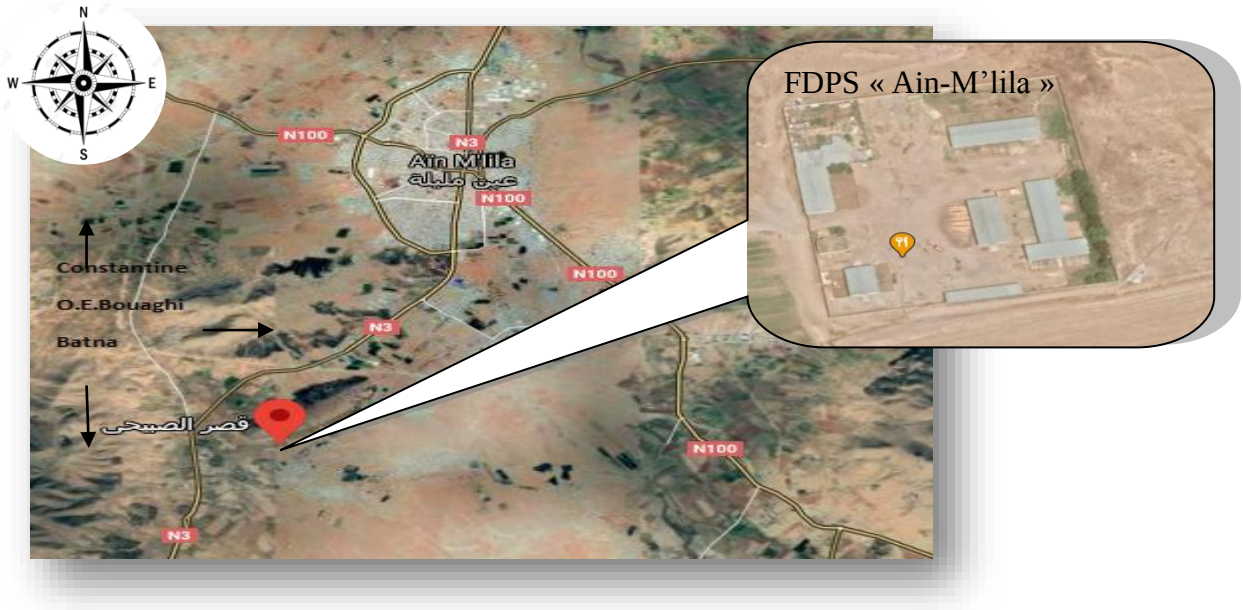

Figure 2 : image satellitaire localisatrice de lieu expérimental, FDPS Ain M'Lila (Google maps).

1.3. Animaux

L'étude s'est déroulée durant la saison reproductive printanière de l'année 2019. Elle a été menée sur 36 brebis *Ouled-Djellal* non gestantes, cliniquement saines, adultes et pesant en moyenne 60 (±11,23)kg avec une NEC moyenne de 2,67 (±0,48), et allotées équitablement dans 6 lots expérimentaux

Photo 1 : Application de diagnostique de gestation.

1.4. Bâtiment

Les brebis ont été allotées dans un hangar d'élevage (Photo 2) bien nettoyé, désinfectés par nébulisation avec l'IODOSAN 30 et un biocide iodophore à large spectre. Les hangars sont conçus parfaitement pour l'hébergement des petits ruminants. Ils sont constitués en dure avec des fenêtres latérales. Ils contiennent des boxes collectives d'une superficie de plus de 30m^2 munies chacune d'elles d'une aire d'exercice d'une superficie de plus de 40m^2 et contenant des mangeoires en métal (râteliers).

Photo 2 : Bâtiment d'élevage des animaux expérimentaux.

1.5. Conduite du cheptel expérimental

1.5.1. Alimentation

L'expérimentation se subdivise en deux étapes, la première concerne l'étude de la cinétique de l'état corporel des brebis autour de la lutte. Durant cette étape les brebis sont servies de la même quantité de la ration de base constituée de foin de luzerne avec une distribution limité de la paille comme aliment de leste permettant de couvrir théoriquement les besoins nutritionnels quotidiens de celles-ci. Durant cette période (un mois avant la lutte et 3 semaines après) les brebis sont supplémentées (flushing) avec 500g/tête/jour par un concentré à base d'orge et/ou de maïs, CMV, issues de meunerie et de soja, celui là est le régime 1.

La deuxième étape s'étale de dernier mois de gestation jusqu'au 70ème jour après l'agnelage durant laquelle les brebis ont été alimentées avec une ration de base constitué de foin d'avoine avec une distribution minime de paille comme aliment de leste (régime 2), et supplémentées (steaming) avec 500g/tête/jour de même concentré additionné ou non avec les additifs en question (tableau 1), notant qu'à l'entame de chaque étape les brebis passent par une période de transition de 10jours.

L'abreuvement est à volonté toujours au travers des bassins construits en dure au niveau de l'aire d'exercice de la ferme.

Tableau 1 : Répartition des lots expérimentaux.

Lots	Témoin	1	2	3	4	5
Quantité de concentré	500g/t/j	500g/t/j	500g/t/j	500g/t/j	500g/t/j	500g/t/j
Addition	0% d'additifs	5% argile	2% ail	2% cumin	5% argile + 2% ail	5% argile + 2% cumin
Les doses employées sont choisies suite à une enquête bibliographique.						

1.5.1.1. Les additifs employés

- Il s'agit de la poudre de la kaolinite déjà utilisé dans l'étude de Ouachem *et al.* (2012) ;
- L'ail utilisé est localement cultivée, la poudre a été préparée en pelant les bulbes d'ail crus, puis en les coupant en petits morceaux avant d'être suffisamment séchés au soleil pendant 10 jrs ;
- Le cumin a été acheté en poudre du marché local.

1.5.1.2. Analyse fourragère

L'analyse de la composition chimique des aliments est primordiale dans les études de ce genre pour pouvoir rationner les animaux est leur assurer un régime alimentaire convenable à chaque stade physiologique. Dans la présente étude, l'analyse fourragère a été réalisée dans deux laboratoires différents suivants deux directives distinctes « AFNOR, 1982 » et « AOAC, 1992 ».

La valeur nutritive des fourrages et des aliments utilisés dans cette expérimentation sont rapportés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Valeur nutritive des aliments servis aux brebis.

Régime	Aliments	MS[1] (%MF)	OM (%MS)	MM (%MS)	MAT (%MS)	CB (%MS)	Ca (%MS)	P (%MS)
1	Foin de luzerne	88,3	91,05	8,95	20,39	24,06	-	-
	Paille	93,33	90,46	9,54	3,59	29,74	-	-
	Concentré	86,2	89,65	10,35	16,39	1,44	-	-
2	Foin d'avoine	91,62	91,73	8,27	3,85	17,97	0,13	0,28
	Paille	90,28	92,04	7,96	2,55	31,60	0,11	0,27
	concentré	90,50	94,83	5,17	15,53	3,04	0,07	0,55

[1]MS : matière sèche ; MF : matière fraiche ; MO ; matière organique ; MM : matière minérale ; MAT : matière azotée totale ; CB : cellulose brute ; Ca : calcium ; P : phosphore.

1.5.1.2.1. Matière sèche (MS)

La MS a été calculée en pesant une quantité bien déterminée de l'échantillon de fourrage à analyser qui sera par la suite étuvée pendant 24h à 104°C. Après l'étuvage, le fourrage sera pesé pour une deuxième fois et la MS est vite calculée :

$$\text{MS (\% de MF)} = \frac{Pf}{Pi} * 100$$

P_i : Poids de l'échantillon frais (MF) ;

P_f : Poids de l'échantillon après l'étuvage ;

MF : Matière fraiche.

1.5.1.2.2. Matière minérale (MM)

Après l'incinération d'une quantité donnée (2g) de MS du fourrage à analyser dans un four à moufle pendant 5h à 550°C, la MM sera estimée par le calcule suivant :

$$\text{MM (\% de la MS)} = \frac{P2}{P1} * 100$$

P_2 : Poids de la MS après l'incinération ;

P_1 : poids de la MS avant l'incinération.

1.5.1.2.3. Matière organique (MO)

La MO est tout simplement calculé en soustrayant la part en pourcentage de la MM de cent (100).

$$\text{MO (\%)} = 100 - \text{MM (\%)}$$

1.5.1.2.4. La cellulose brute (CB)

La teneur en fibres totaux a été déterminée par la méthode de Weende très répandue pour effectuer cette analyse consistant brièvement à procéder à deux hydrolyses successives de l'échantillon, la première dans un milieu acide (12,5g d'acide sulfurique dans 1l d'eau distillée) et la seconde dans un milieu alcalin (12,5g de soude dans 1l d'eau distillée) sachant que chacune d'elles est suivie d'une série de rinçages et de filtration afin de récupérer en

phase finale un résidus pure qui sera séché, incinéré et pesé pour trouver la valeur en pourcentage des fibres totaux dans le fourrage.

1.5.1.2.5. La matière azotée totale

L'azote total est dosé par la méthode de Kjeldhal consistant à minéraliser l'azote organique par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur, puis à une distillation pour liquéfier l'azote ammoniacal résultant de la minéralisation et le titrer en phase finale.

1.5.1.2.6. Les minéraux

La teneur en minéraux majeurs a été faite par la méthode de calcination. Cette méthode consistant à faire la préparation d'une solution mère de la matière minérale de l'échantillon après l'incinération de 1g de la MS à 550°C pendant 5h.

L'incinérât est versé avec 5ml d'HCL (37%). Après avoir arrivé au point d'ébullition dans une plaque chauffante, le mélange est filtré dans des fioles de 100ml afin d'obtenir la solution mère.

L'étape suivante consiste à faire deux dilutions de la solution mère : 1/10 = 1ml de la solution mère + 9ml de l'eau distillée dans une fiole de 10ml ; et 1/25ème la même étape dans une fiole de 25ml).

La dernière étape consiste à procéder à une lecture dans un spectrophotomètre à flamme (JENWAY, PFP7, UK), photo 3. La première étape consiste à étalonner l'appareil avec des gammes d'étalonnage. La lecture commence tout d'abord avec la solution mère, si le résultat n'est pas conforme à la gamme normale de l'élément on fait le 1/10 sinon le 1/25.

Pour le phosphore, nous avons prélevé 1,5ml de la solution mère dans un tube à essai, + 65ml d'une solution d'acide ascorbique (0,1%) + 2ml d'une solution de molybdate d'ammonium. Puis nous avons chauffé la solution dans un bain marrie pendant 12min jusqu'à 80°C, puis on lit sur un spectrophotocolorimètre à 650nm longueur d'onde.

Pour le calcule du pourcentage rapporté à la MS, on procède aux calcules suivants :

On doit calculer tout d'abord la pente du graphe, sachant que les équations sont :

Pour le graphe de Na : $Y=0{,}0155.x + 0{,}05 \Rightarrow$ *donc* $x = (Y-0{,}05)/0{,}0155$

Pour le graphe de K : $Y=0{,}103.x + 0{,}0221 \Rightarrow$ *donc* $x = (Y-0{,}0221)/0{,}1032$

Pour le graphe de Ca : Y=0,0036.*x*+ 0,0038 => donc *x* = (Y-0,0038)/0,0036

Pour le graphe de P : Y=0,0307.*x* => donc *x* = y/0,0307

Dont : *x* = la valeur lue sur le graphe ;

Y = la valeur lue sur le spectrophotomètre ;

En fin, On calcul la valeur rapportée en pourcentage de la MS de chaque élément :

Na, Ca, K (%MS) = $(x.D.100)/10^4.P$

Dont : D = le coefficient de dilution

P = le poids en g de la MS incinérée.

Pour le calcule de P (%MS)= $(x.10.10.100)/10^5.D$

Dont : D = le coefficient de dilution.

Photo 3 : Analyse de la teneur des fourrages en minéraux par le spectrophotomètre à flamme.

1.5.2. Reproduction

Les brebis ont été préparées pour la lutte printanière de l'année 2019. À cet égard, la lutte naturelle a été appliquée suivant un protocole de synchronisation des chaleurs.

1.5.2.1. Matériel utilisé

- Applicateurs d'éponges ;
- Éponges vaginales (SINCRO-GEST, OVEJERO® laboratory) imprégnées d'hormone progestative (60 mg d'acétate de médroxyprogestérone : MAP);
- Des seringues jetables stérilisées (Pronto C.I. Crêtes 5ml);

- eCG (Serigan 6000UI, OVEJERO® laboratory : lyophilisat plus un solvant) ;
- $PGF_{2\alpha}$ (Eustromate™, MSD) ;
- Gants d'exercices (latex) ;
- Désinfectant (Saforelle ®, IPRAD laboratory) ;
- Anti-inflammatoire (Aerofar, DIVISA-FARMAVIC, S.A (DFV®)) ;

1.5.2.2. Mode opératoire

Après leur couverture par l'anti-inflammatoire afin d'éviter la réponse immunitaire du corps envers ces éponges et les contaminants y éventuellement présents, les éponges sont introduites par le biais de l'applicateur désinfecté avant et à chaque utilisation pendant 14jours consécutives (photo 4). Au 13ème jour d'application, nous avons injecté la $PGF_{2\alpha}$ par voie intramusculaire à une dose de (0,5ml/brebis) afin d'éliminer la présence d'éventuels corps jaunes persistants et les femelles déjà cycliques. Puis, au moment de retrait (14ème jours d'introduction), les brebis seront injectées par l'eCG par voie intramusculaire avec 500UI/brebis, une dose réputée optimale et efficace pour l'induction des chaleurs chez la race Ouled-Djella selon Harkat et Lafri (2007). 48h après, les mâles ont été introduits avec un ratio de 1/6 pour 3 jours consécutives. Sachant que les brebis revenant en chaleurs feraient l'objet d'une lutte de rattrapage.

Photo 4 : Opération de synchronisation des chaleurs des brebis par les éponges vaginales.

1.5.3. Les paramètres visés

Dans cette étude, nous envisageons à suivre l'évolution de l'allure de l'état corporel des brebis par le biais de la NEC et le PV autour de la lutte et en fin de gestation jusqu'au 1er mois d'allaitement sous l'effet des additifs incorporés, tout en quantifiant leur répercussion sur les paramètres de reproduction et de productivité des brebis.

Les paramètres de reproduction (Harkat et Lafri, 2007; Deghnouch, 2011):

$$\text{Taux de fertilité (\%)} = \frac{\text{Nombre de brebis mettant bas}}{\text{Nombre de brebis mises à la lutte}} \times 100$$

$$\text{Taux de prolificité (\%)} = \frac{\text{Nombre d'agneaux nés (morts ou vifs)}}{\text{Nombre de brebis ayant mis bas}} \times 100$$

$$\text{Taux de fécondité (\%)} = \frac{\text{Nombre d'agneaux nés morts ou vifs}}{\text{Nombre de brebis mises à la lutte}} \times 100$$

$$\text{Taux de mortalité (\%)} = \frac{\text{Nombre d'agneaux morts}}{\text{Nombre d'agneaux nés (morts ou vifs)}} \times 100$$

Les paramètres productivité :

- Le poids des agneaux à la naissance ;
- Le cumul du rendement laitier des brebis durant la 1ère semaine et les deux premiers mois d'allaitement ;
- La qualité du lait ;
- Le poids des agneaux à 4 semaines et à 70jours d'âge ;
- Le gain moyen quotidien des agneaux.

1.5.4. Poids et NEC

Le poids et la NEC des brebis et le BCS ont été suivis en parallèle durant la période de la lutte (avant la lutte = au repos, au moment de la lutte et à un mois d'agnelage) et durant le péripartum (5 mois de gestation, à l'agnelage et à un mois d'allaitement). Le poids a été mesuré sur les brebis avant la distribution des repoas journaliers à l'aide d'une balance (Marechalle-pesage PM 150, France) d'une capacité maximale de 200 kg avec une marge de 500 g (Photo 5). Outre, dans le même jour, la NEC été évaluée en appliquant la méthode de

palpation lombaire (image 5) selon la technique de Russel *et al.* (1969) citée par Russel (1984).

Pour les agneaux maternés, le poids a été suivi chaque semaine de la naissance jusqu'au 70ème jour d'âge avec une balance électronique d'une portée maximale de 30kg et une marge de 5g (Photo 6). La vitesse de croissance a également été estimée par le gain moyen quotidien calculé en divisant le poids de l'agneau par le nombre de jours depuis la naissance par la formule suivante :

GMQ (g) = poids(g) à Xjours / Xjours

Photo 5 : Prise du poids et palpation lombaire pour évaluer l'état corporel des brebis.

Photo 6 : Prise du poids hebdomadaire des agneaux maternés.

1.5.5. Le rendement laitier (PL)

Le cumul du rendement laitier des brebis durant la 1ère semaine, le 1er mois d'allaitement et durant les deux premiers mois d'allaitement a été calculé par les équations (tableau 3) de prédiction proposées par Torres-Hernandez and Hohenboken (1980) en se basant sur le gain de poids des agneaux maternés.

Tableau 3 : Équations de prédiction du rendement laitier des brebis (Torres-Hernandez et Hohenboken, 1980).

Âge agneaux (semaines)	**Naissance simple**		**Naissance double**	
	Équation[1]	R^2	Équation	R^2
1	PL(kg) = 0,17+5,06×GMQ	0,65**	PL(kg) = 0,03+4,98×GMQ	0,69**
5	PL(kg) = 0,92+3,03×GMQ	0,30*	PL(kg) = 1,65+0,61×GMQ	0,01
8	PL(kg) = 0,42+3,45×GMQ	0,33*	PL(kg) = 0,63+1,89×GMQ	0,20*

[1]PL (kg): rendement laitier, GMQ : gain moyen quotidien (g).
***** $p < 0.01$, * $p < 0.05$***

1.5.6. Échantillonnage et analyse du lait

Le lait a été collecté manuellement dans des tubes en verre durant les 10 premiers jours et durant la 8ème semaine d'allaitement afin de vérifier sa qualité sous l'effet des additifs en question. L'échantillonage a été fait sur une brebis de chaque lot. Il a été transporté au laboratoire dans une thermo-glacière pour éviter son acidification. Par la suite, au laboratoire, le lait sera versé dans des béchers, puis connecté directement à la sonde d'un lactoscan (Ultrasonic Milk Analyzer, BQC®) qui l'absorbe et donne le résultat dans un afficheur pour la teneur en matière grasse (MG), en protéines (TP) et en lactose (TL), l'opération qui est répétée deux avant de faire la moyenne et rapporter la valeur qualitative de chaque paramètre (Photo 7).

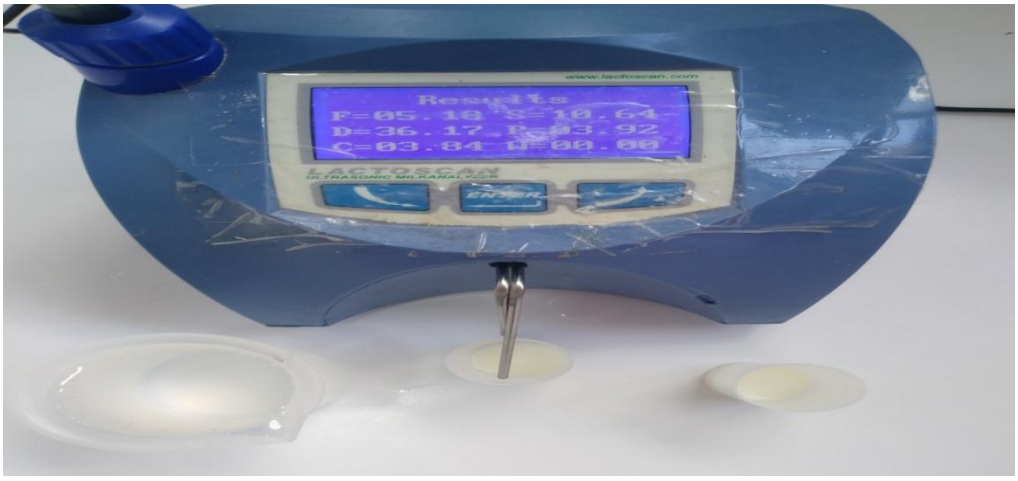

Photo 7 : Analyse d'un échantillon du lait des brebis par le Lactoscan.

1.6. Analyse statistique

Toutes les données ont été sujettes à une analyse descriptive permettant de positionner les échantillons (Moyenne, écart-type, min, max, variance, coefficient de variation, erreur standard) par le biais du logiciel Excel (Pack Office, 2007).

L'analyse statistique a été effectuée en utilisant le logiciel STATISTICA V.6, en procédant tout d'abord à des tests de conformité (test de Shapiro-Wilk pour caractériser la distribution des données et test de Levene pour caractériser l'homogénéité de la matrice de donnée).

La comparaison des données a été réalisée en appliquant le test T de student pour été utilisé pour déceler la variabilité des données avec une distribution normale dont la taille de l'échantillon est <30 et le test U Mann-Whitney pour celles avec une distribution anormale. Outre, l'ANOVA « à un facteur » a été appliquée pour teste la variabilité des données avec une distribution normale et son homologue non paramétrique « ANOVA de Kruskal-Wallis » pour les données avec une distribution anormale dont la taille de l'échantillon est ≥30.

La comparaison des moyennes des groupes a été faite par le test LSD (comparaison planifiée) pour la comparaison les matrices homogènes, le et test de Dunette pour la comparaison les matrices hétérogènes.

Résultats et discussion

2.1. Evolution de l'état corporel des brebis

L'alimentation est le premier facteur limitant de l'expression du potentiel génétique des animaux (AFSAA, 2007). En tout état de cause, toute carence ou excès nutritionnels peuvent avoir des conséquences compromettantes sur les performances animales notamment celles de reproduction (Cloete, 1972 ; Wolter, 1997 ; Claude, 2002 ; Robinson *et al.*, 2002 ; Dudouet, 2003 ; Rekike *et al.*, 2007 ; Delteil *et al.*, 2012). En effet, Elle occupe une place importante dans la gestion de la profitabilité des élevages en représentant plus de 50% de prix de revient en production animale ce qui oblige d'y rationaliser (Dudouet, 2003). Chez les ovins, Dedieu *et al.* (1989) disent qu'une conduite alimentaire optimale (garantissant les meilleures performances) et rationnelle (à moindre coût) des brebis repose sur une bonne gestion des réserves corporelles tout le long de son cycle productif.

Le poids vif a depuis longtemps été un paramètre décisif dans la gestion nutritionnel des animaux. Cependant, ils ne reflète pas toujours fidèlement l'état corporel de l'animal, compte tenu de ses fluctuations saisonnières liées aux variations physiologiques des animaux notamment les femelles gestantes, la croissance des jeunes reproductrices et la variation de contenu digestif (Dedieu, 1991 ; Drogoul *et al.*, 2004 ; Delteil *et al.*, 2012). En dépit, la NEC, un outil subjectif simple, rapide et fiable, mesurée par palpation des endroits anatomiques bien précis pour apprécier approximativement le niveau des réserves énergétiques corporelles des animaux (William, 2000 ; Boudebza *et al*., 2016). En l'occurrence, compte tenu de la subjectivité de la NEC et de l'infidélité du PV dans l'évaluation de l'état corporel, la combinaison de ces deux paramètres est mieux adaptée pour faire une bonne appréciation de l'état corporel de l'animal (Thorup *et al.*, 2012), sachant que ces deux paramètres se complètent où chaque unité de NEC constitue un équivalent de 11.8Kg de PV selon Teixeira *et al.* (1989).

De plus, la NEC et le PV sont codifiés par génotype de l'animal (Purroy *et al.* 1988 ; Gaias 2013 ; El Fadili et Lakhsassi, 2016), ils sont également influencés, par l'état sanitaire et par le stade physiologique (Deghnouche, 2011 ; Staykova *et al.*, 2013 ; Boudebza, 2015), il faut souligner également que le niveau alimentaire ait une contribution colossale dans la régulation de l'état corporel (Boudechiche *et al.*, 2009 ; Idris *et al.*, 2010) puisqu'il reflète le

statut nutritionnel de l'animal, en l'occurrence, tout changement de niveau alimentaire ou de processus digestif est influençant sur les deux paramètres suscités.

2.1.1. Évolution des paramètres généraux en fonction du stade physiologique

Dans notre étude, le PV et la NEC suivent la même allure rapportée par Chemmam *et al.* (2009), Meziani (2011), Boudebza (2015), Meredef et Madani (2015) et par Taherti et Kaidi (2017) ou certains d'eux indiquent que les brebis précisément de la race Ouled-Djellal connaissent deux phase de variation du niveau des réserves corporelles durant leur cycle de production. D'une part, une phase de reconstitution des réserves durant les périodes à basses demande nutritionnelle allant de sevrage jusqu'à la moitié de la gestation où généralement l'offre alimentaire est supérieur aux besoins de la brebis, ceci a été décelé dans notre expérimentation (tableaux 4, figures 3) par une augmentation numérique de 4kg du poids et de 0,2 point de la NEC entre la première manipulation (brebis vides) où les brebis pesaient environ 59kg (± 11,17kg) avec une NEC de 2,63 (±0,52) en moyenne jusqu'au premier mois de gestation où elles faisaient environ 63 kg (±10,39kg) du poids en moyenne avec une note d'état corporelle moyenne de 2.83 (±0.60), sachant qu'au moment de la lutte leur poids moyen était à 61,5kg (±10,67kg) avec une NEC moyenne de 2,88 (±0,66), notons que les résultats moyens de la NEC à travers ces trois phases (brebis vides, à la lutte et durant la première moitié de gestation) sont inférieurs aux recommandations de Jarrige (1988) rapportées dans le tableau 2 mentionné auparavant.

D'autre part, une phase de lypomobilisation intense durant les périodes de forte demande nutritionnelle là où ces réserves sont fortement sollicitées, commençant dés presque le 4ème mois de gestation où le fœtus commence à se développer davantage impliquant un accroissement des besoins nutritionnels et déprimant le tractus digestif en réduisant la CI de la mère jusqu'au servage passant par la phase d'allaitement avec une forte demande nutritionnelle pour couvrir la production laitière d'après Atti et Abdennebi (1995) et Gaias (2013), une situation qui peut s'aggraver en cas de brebis prolifiques en entrainant des dépenses supplémentaires selon Teyssier *et al.* (1995) et Sezenler *et al.* (2016), ce constat a bien été confirmé dans par la présente étude (tableau 4, figure 3 et 4), où les brebis ont connues une perte hautement significative ($p<0,005$) de 0,7 point de la NEC de dernier mois de gestation jusqu'au premier mois d'allaitement avec une note moyenne totale de : 2,89 (±0,52) en 5ème mois de gestation, 2,73 (±0,53) à l'agnelage et 2,15 (±0,62) après un mois d'allaitement sachant que ces chiffres sont également au dessous des recommandations de

Jarrige (1988) suggérant que les brebis doivent avoir une NEC supérieures à 3,5 au moment de l'agnelage et comprises entre 2,5 et 3 à 42 jours d'allaitement. D'autant plus, une chute aussi significative du poids a été dévoilée, cette baisse est d'environ 12,7kg (p<0,005) de dernier mois de gestation jusqu'au jour de l'agnelage (75,08 ±10,08 *vs.* 62,39 ±8,25 respectivement), et une autre baisse moins prononcée de 5kg (p<0,005) entre l'agnelage (62,39 ±8,25) et le 1er mois d'allaitement (57,42 ±9,32).

Tableau 4 : Dynamique du poids[1] et de la NEC[1] des brebis durant le cycle productif.

Paramètres	Au repos	À la lutte	1er mois de gestation	5ème mois de gestation	À l'agnelage	1er mois d'allaitement	*p*-valeur
Poids	59,02[a] ± 11,17	60,56[a] ± 10,67	62,81[a] ± 10,39	75,08[b] ± 10,08	62,39[c] ± 8,25	57,42[d] ± 9,32	<0,05
NEC	2,63[a] ± 0,52	2,88[a] ± 0,66	2,83[a] ± 0,60	2,89[b] ± 0,52	2,73[c] ± 0,53	2,15[d] ± 0,62	<0,05

[1]Moyenne ± écart type ;

[abc] Sur la même ligne, les moyennes avec des indices différents sont significativement différentes (p<0,05).

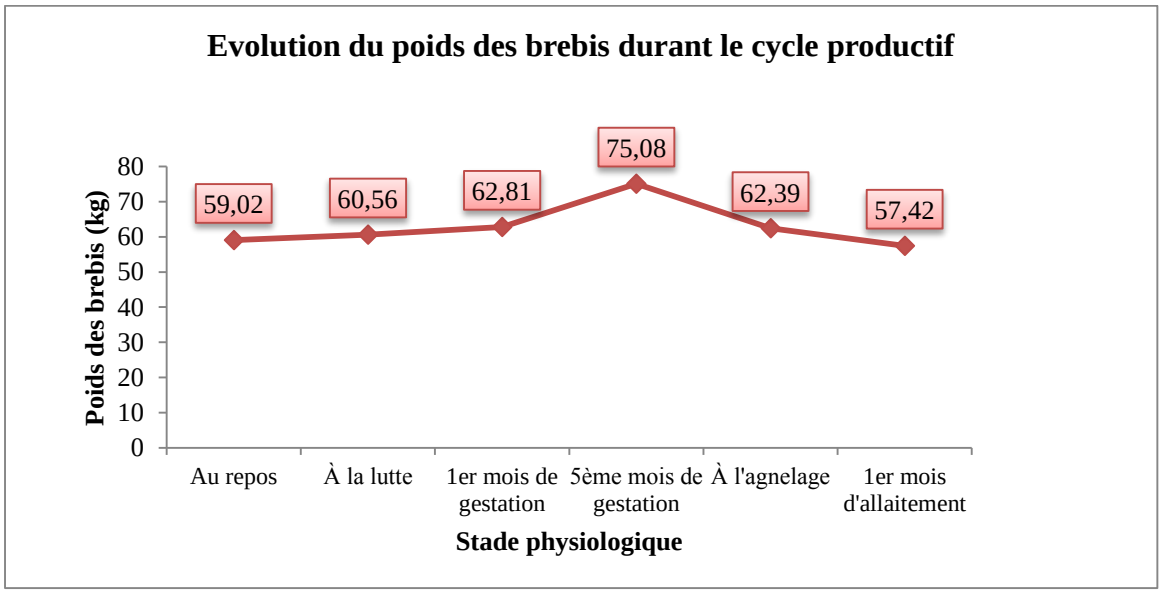

Figure 3 : Evolution du poids des brebis durant le cycle productif.

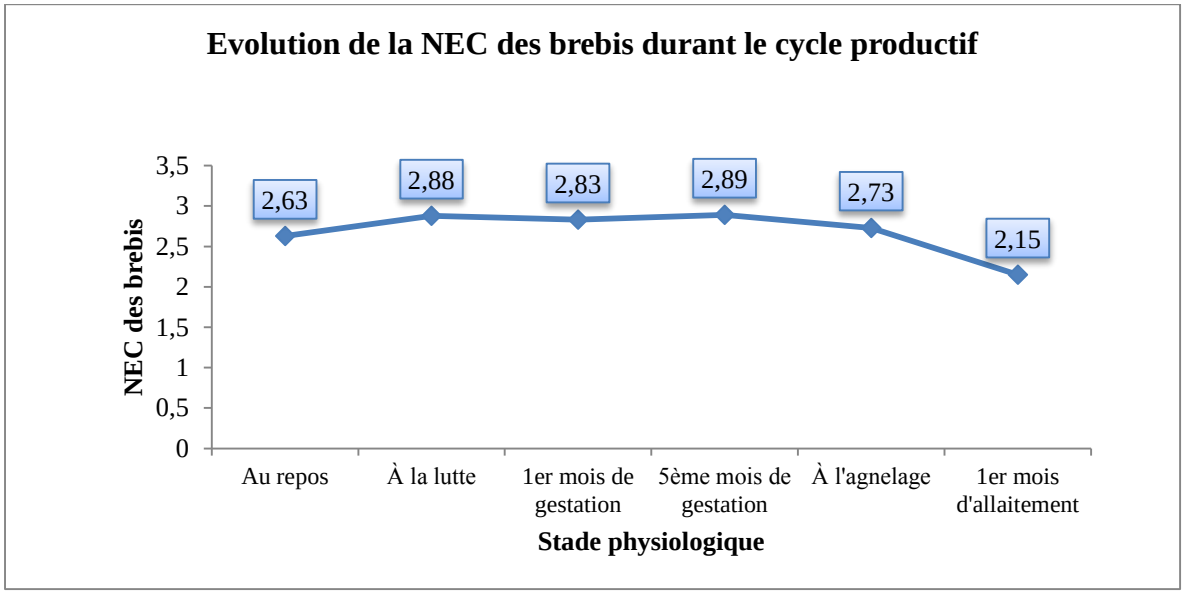

Figure 4 : Evolution de la NEC des brebis durant le cycle productif.

2.1.2. Effet des additifs et leurs combinaisons sur l'état corporel des brebis

Selon Chemmam *et al.* (2009), dans les zones à forte contraintes naturelles avec de longues périodes de sécheresse, l'apport alimentaire du pâturage peut être déficient en énergie et en protéines. Pour maintenir les performances des animaux, il sera privilégié d'apporter un complément riche en nutriments afin de combler le déficit. Cependant, l'apport accru en aliments concentré peut affecter l'état sanitaire de l'animal ce qui rend obligatoire l'utilisation d'additifs alimentaires pour en protéger a-t-il indiqué AFSSA (2007).

Les additifs utilisés dans cette expérimentation ne semblent avoir aucun effet notable sur la dynamique du poids et de la NEC (annexe 1, figures 5,6) au cours du cycle productif des brebis ni durant les périodes de basse ni de forte demande nutritionnelle en étant incorporés séparément ou combinés. Ce résultat s'oppose à ce qui a été rapporté dans la littérature sur l'effet de l'argile sur l'état nutritionnel des animaux, d'ailleurs Karatzia *et al.* (2013), Parmigiani *et al.* (2013) et Garzón Prado *et al.* (2017) constatent que la supplémentation des vaches laitières avec de l'argile durant la période de péripartum améliore significativement leur état corporel, ce qui est lié a la promotion du bilan énergétique des vaches durant cette circonstance physiologique délicate l'explique Karatzia *et al.* (2013). De même, il contredit celui de Blanch *et al.* (2016), Panthee *et al.* (2017) et de Sahli *et al.* (2018) révélant que les phytobiotiques ont des effets remarquables sur les performances animales en interférant par le biais de leurs composés bioactifs dans l'amélioration de bien être des animaux en réduisant l'incidence des troubles nutritionnelles et métaboliques, l'amélioration

de l'interaction entre le microbiote digestif et son hôte et l'élimination des bactéries indésirables existant dans le tractus digestif ce qui est en mesure de promouvoir la digestibilité des aliments ainsi que la biodisponibilité et l'absorption des nutriments à travers les différents segments de l'appareil digestif, et par conséquence, ça va permettre aux animaux de reprendre leur état corporel et de bien se développer afin d'atteindre leur capacités génétiques optimales. Cette contradiction peut s'expliquer par la dose faible des additifs employés entravant l'extériorisation d'une réponse visible des animaux. En outre que les phytobiotiques notamment l'ail sont réputés d'avoir un pouvoir antiparasitaire puissant (Masamha *et al.*, 2010 ; Abdel-Ghaffar *et al.*, 2011 ; Mehlhorn *et al.*, 2011 ; Akouri *et al.*, 2017), ce qui est en mesure d'améliorer les performances animales et leur état corporel étant que l'efficacité soit améliorée en conséquence.

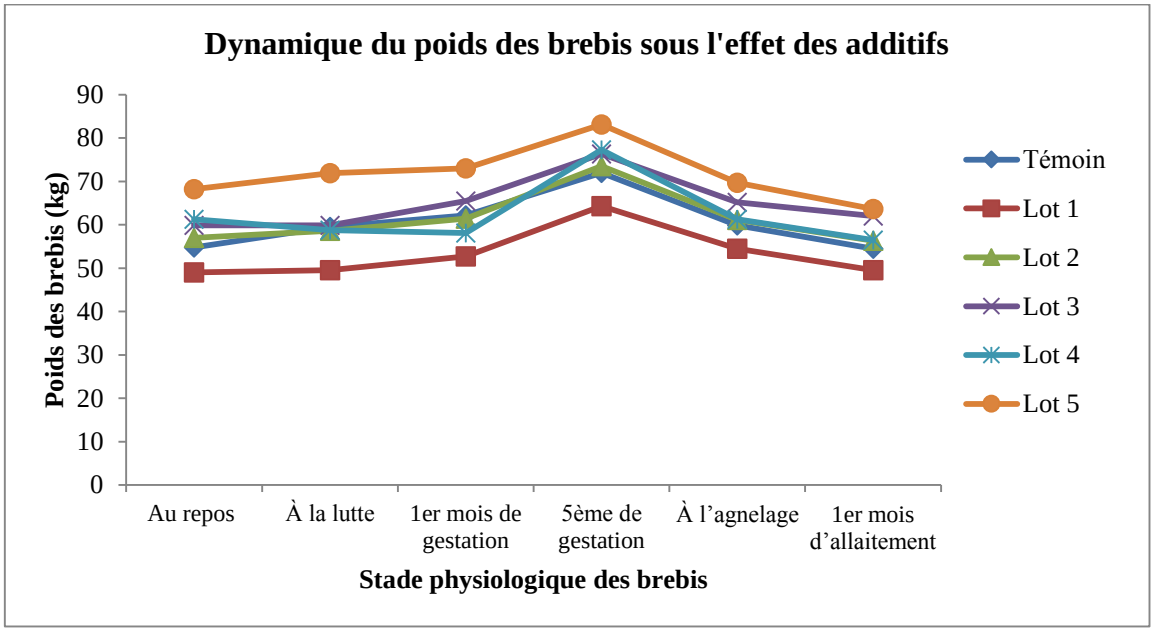

Figure 5 : Evolution de la NEC des brebis sous l'effet des additifs.

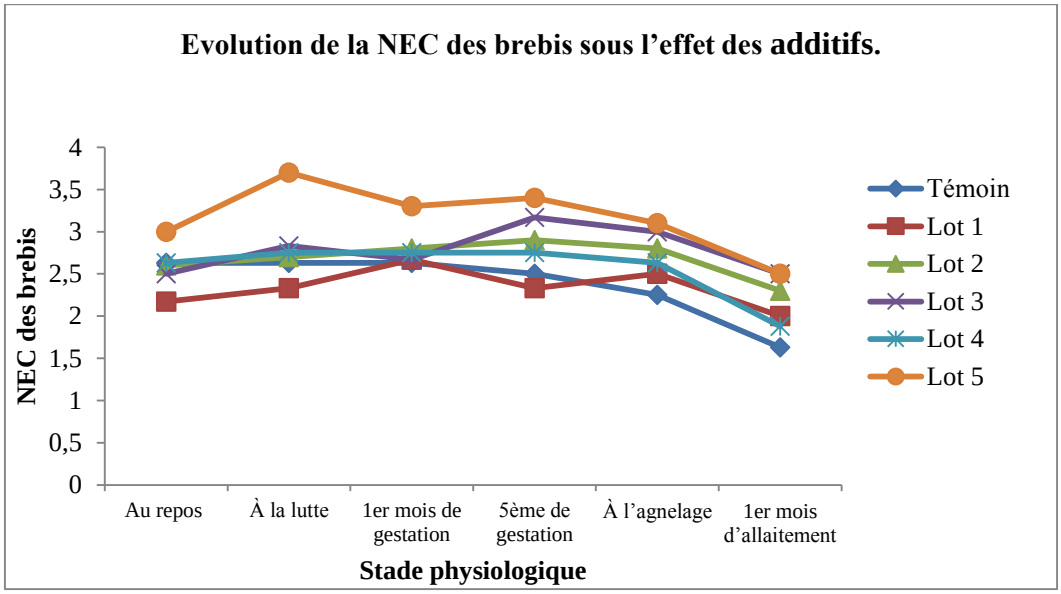

Figure 6 : Evolution de la NEC des brebis sous l'effet des additifs.

2.2. Le bilan reproductif des brebis

2.2.1. Les caractéristiques générales

Selon Chellig (1990), la race Ouled-Djellal est la meilleure de toute les races ovine Algériennes vu ses caractéristiques de rusticité et ses caractéristiques productives et reproductives élevés par rapport à son berceau. Les caractéristiques reproductives de notre cheptel expérimental sont rapportées dans le tableau 7 et représentés dans les figures 7 et 8. En fait, nous enregistrons une réussite de gestation dés la première saillie représentée par un taux de fertilité qui est de l'ordre de 68,57% en comptant 24 brebis gestantes après le premier contact avec le bélier sur un total de 35 brebis mises à la lutte, il est à noter que ce résultat est inferieurs aux normes de la race indiquées par Lamrani *et al.* (2007) dévoilant que la race Ouled-Djellal ait un taux de fertilité supérieur à 85% que ce soit pour la lutte printanière ou automnale, il est également plus faible que ceux de la même race rapportés par Abdelhadi *et al.* (2013) et Benyounes *et al.* (2013a) révélant des taux de 80% et 90% en matière de fertilité respectivement, bien qu'il reste comparable à celui constaté par Safsaf (2014) rapportant un taux de fertilité de 65% pour les brebis multipares et primipares de la race Ouled-Djellal, cette variabilité n'est au fait que la conséquence des fluctuations de régime alimentaire et de l'état corporel des brebis au moment de la lutte qui sont réputés préjudiciables la réponse des femelles à l'effet bélier d'après Rekik *et al.* (2007) et Oujagir *et al.* (2011) et sur la reprise du

cycle sexuel, la folliculogenèse, le taux d'ovulation, la durée de l'œstrus et l'extériorisation de l'œstrus selon Viñoles *et al.* (2005) et Naqvi *et al.* (2012).

La prolificité correspond au nombre d'agneaux nés par l'ensemble de femelles mises à la lutte durant une campagne reproductive bien déterminée. C'est un paramètre largement influencé par la génétique de l'animal, et en second lieu par l'alimentation et le statut nutritionnel de la femelle au moment de la lutte en se répercutant directement sur la croissance folliculaire, le nombre d'ovules pondus et donc sur le type de naissance (voir 1.6.1), d'ailleurs, Craplet et Thibier (1980) disent qu'un flushing autour de la lutte notamment chez les brebis permet d'améliorer davantage les caractéristiques de reproduction des femelles en particulier le taux de gémellité en augmentant la ponte ovulaire ainsi que le taux de réussite à la première saillie ce qui est a été consolidé plus tard par les résultats de (Baril *et al.*, 1993 ; Rekik *et al*. 2007 ; Hafez *et al.*, 2011 ; Naqvi *et al.*, 2012 ; Shaukat *et al.*, 2020). Dans la présente étude, le taux de prolificité total est estimé a environ 170% (tableau 7, figure 7), sachant que 41 agneaux sont nés descendant d'un total de 24 brebis ayant agnelées dont 34 sont des jumeaux soit un taux de gémellité d'environ 83% ainsi que 17% de naissances singles. Ce résultat est tellement satisfaisant en dépassant le standard de la race (105% pour la lutte printanière et 110% pour la lutte automnale) rapporté par Lamrani *et al.* (2007) en étant aussi supérieur aux résultats rapportés dans la plupart des études menées sur des brebis de la même race : 130%, 110% et 111% observés par Dekhili (2004), Benyounes *et al.* (2013a) et Arbouche *et al.* (2013) respectivement sachant que Safsaf (2014) observe un taux de prolificité de 123% chez les primipares et de 146% chez les multipares, bien qu'il en est de même supérieur aux normes de la race suggérées par Chellig (1992) indiquant que les brebis Ouled-Djellal sont moyennement prolifiques avec un taux de prolificité qui avoisine 110%.

En matière de fécondité, nous avons enregistré un taux général assez satisfaisant de 117,14% avec 41 agneaux nés pour 35 brebis mises à la lutte (tableau 7, figure 7), ce qui conforme parfaitement aux normes de la race 95% et 87% proposés par Chellig (1992) et Lamrani *et al.* (2007) respectivement, d'autant plus, ce constat est retrouvé supérieur à ce qui été observé sur des brebis de la race Ouled-Djellal dévoilé par Arbouche *et al.* (2013), Mebirouk-Boudechiche *et al.* (2015) rapportant des taux de 95% et 100% respectivement ainsi que Safsaf (2014) indiquant des taux de 80% et 95% chez les primipares et les multipares respectivement. En dépit, notre constat reste inférieur aux chiffres de Dekhili (2004) dévoilant un taux de 128% et 130% indiqué par Harkat et Lafri (2007) sur des femelles

de la même race en suivant la même conduite de reproduction que la notre. En effet, ce paramètre permet d'évaluer la conduite de l'élevage en gros, car il permet d'estimer la consistance du système alimentaire, l'état sanitaire du troupeau et la maitrise de la reproduction des animaux, sachant qu'il n'est que la conséquence directe de la fertilité et de la prolificité des femelles en traduisant la réponse des femelles à l'effet mâle lors de l'introduction du bélier combiné à leur état corporel à cet instant selon Benyounes *et al.* (2013a) en tenant en compte de nombre des brebis mises à la lutte et le nombre d'agneaux nés, sans exclusion ni l'échec à la lutte ni l'avènement des avortements suite aux problèmes sanitaires, alimentaires ou techniques.

La mortalité postnatale des agneaux est sous l'influence de plusieurs facteurs, tels que le poids à la naissance des jeunes, la saison d'agnelage, et l'alimentation fournie tant à la mère allaitante comme à son nouveau-né, particulièrement durant le premier mois de sa vie a-t-il indiqué Benyounes *et al.* (2013a), outre, Bovesse *et al*. (2014) explicitent que la maitrise de cette mortalité est le synonyme d'une bonne gestion économique dans l'élevage ovin. Dans notre étude, nous avons enregistrés 3 morts parmi 41 agneaux nés soit un taux de mortalité estimé à environ 6,5% (tableau 5, figures 7 et 8) ce qui se trouve largement inférieur à un taux de 13% rapporté par Mebirouk-Boudechiche *et al.* (2015) bien qu'il est comparable au constat de Benyounes *et al.* (2013a) rapportant un taux de mortalité d'environ 8% sur la même race, ce qui a été qualifié satisfaisant par Benyounes *et al.* (2013b) et conforme aux recommandations de Dudouet (2003) disant que la mortalité ne doit pas dépasser 10% dans un élevage ovin, sachant que ces mortalités sont expliquées par un état sanitaire fragile, un poids à la naissance assez faible combiné avec une malformation des pis de certaines mères causant une croissance faible de leurs agneaux.

Par ailleurs, d'après Dudouet (2003), l'analyse des caractéristiques de reproduction d'un élevage ovin nécessite l'étude des conditions et de la conduite générale de l'élevage. À cet égard, Il faut savoir que le manque d'harmonisation des résultats avec les chiffres indiqués dans la littérature est vraisemblablement la résultante de l'effet de beaucoup de variantes pouvant intervenir dans le conditionnement des performances de reproduction, notamment les facteurs intrinsèques tels que l'état physiologique des femelles, la parité, le bien être et le statut sanitaire des animaux, le comportement sexuel des femelles etc., comme il peut résulter des facteurs extrinsèques liés aux conditions environnementales, à la saison de reproduction, à l'alimentation, la conduite de reproduction etc. (Theriez *et al.*, 1973 ; Yenikoye, 1984 ;

Clément *et al.*, 1997 ; Dekhili, 2004 ; Dekhili et Aggoun, 2007 ; Harkat, et Lafri, 2007 ; Dekhili, 2010 ; Arbouche *et al.*, 2013 ; Benyounes *et al.*, 2013a ; Safsaf, 2014).

Tableau 5 : Les caractéristiques générales de reproduction du cheptel expérimental.

	Nb. d'observations	**T. fertilité (%)**	**T. fécondité (%)**	**T. prolificité (%)**	**T. mortalité (%)**
Brebis mises à la lutte	35	68,57	117,14	170,83	6,52
Brebis mettant bas	24				
Agneaux nés	41 (≃83% naissances doubles)				
Agneaux morts	3				

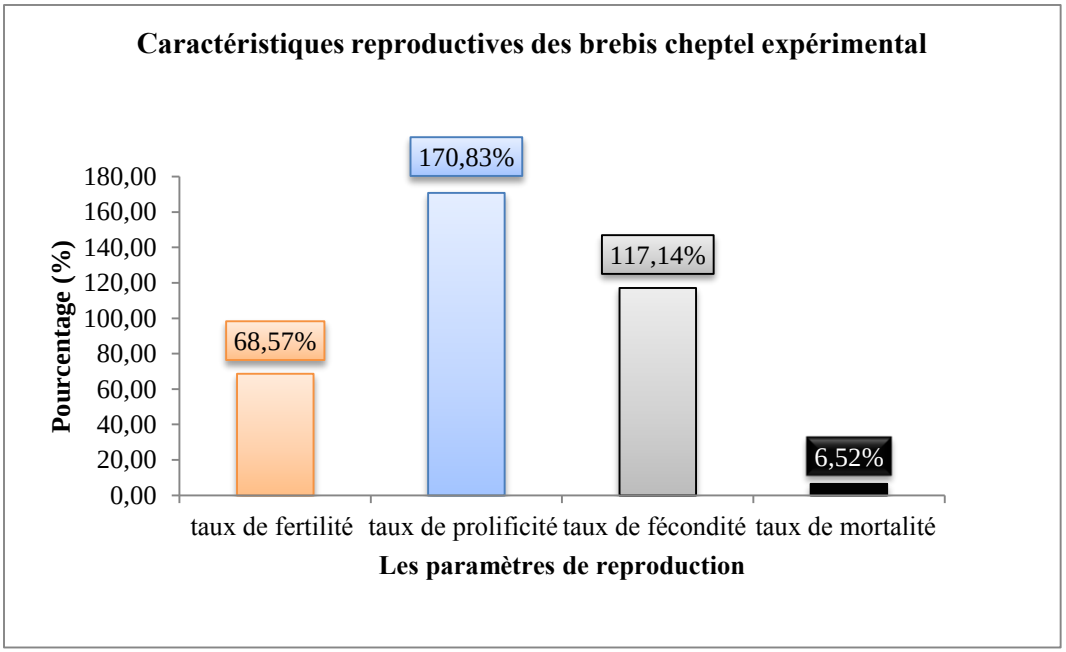

Figure 7 : Caractéristiques générales de reproduction de cheptel expérimentale.

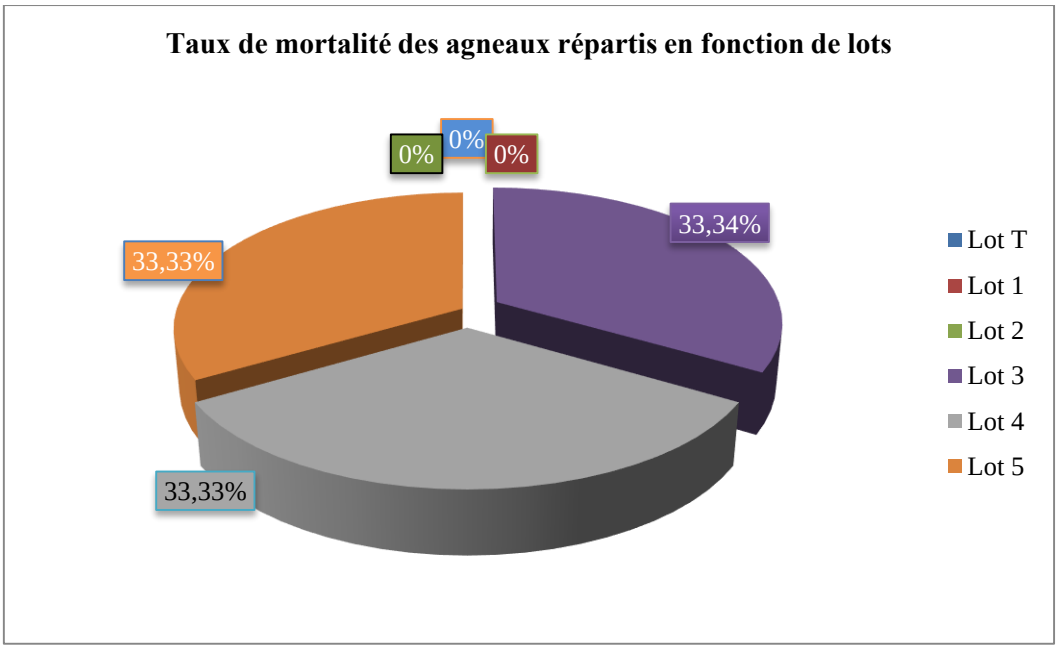

Figure 8 : Répartition du taux de mortalité à travers les différents lots expérimentaux.

2.2.2. Influence de la NEC des brebis au moment de la lutte sur les performances de reproduction

L'état nutritionnel des brebis au moment de la lutte est d'importance colossale. Son impact se résume par son effet directe sur le système reproductif via des changements hormonaux agissant sur l'axe hypotalamo-hypophysaire. Il a été assumé dans la littérature qu'une supplémentation énergétique en préparant les femelles à la reproduction peut avoir des effets majeurs sur leurs performances en améliorant leur l'activité ovarienne, l'extériorisation des chaleurs, le taux de ponte ovulaire, la réussite de la saillie, le taux de fertilité, de prolificité et de fécondité.

La répartition des paramètres de reproduction selon la NEC est illustrée dans la figure 9. Le tableau 6 présente la relation entre les paramètres de reproduction et la NEC. Nous observons que le taux de fertilité se maintien à 80% chez les brebis ayant une NEC inferieure ou égale à 2,5 alors qu'il chute à 55% chez celles présentant une NEC=3, ceci se manifeste statistiquement par une corrélation négative avec un coefficient r^2=-0,87. En matière de fécondité, la corrélation est également négative (r^2=-0,43) malgré que les brebis ayant une NEC intermédiaire (=2,5) avaient le meilleur taux avoisinant 140%, sachant que le plus faible taux a été enregistré chez les brebis grasses (NEC=3). Pour la prolificité, nous observons une

forte corrélation positive qui s'approche de 1 où le taux de gémellité connaît une visible hausse en suivant l'accroissement de la NEC, sachant que les brebis maigres (NEC≤2) avaient un taux de fécondité de 120% suivi par celles ayant une NEC intermédiaire (=2,5) avec un taux de 175% et le plus fort (191%) a été enregistré chez les brebis relativement grasses (NEC=3).

Pour la fertilité et la fécondité, notre résultat semble être contradictoire et s'oppose à ce qui a été rapporté dans les études antérieurs. Ceci ne peut être expliqué que par l'hétérogénéité des lots. Cependant, le résultat de la prolificité s'accorde parfaitement avec les résultats antérieurs rapportés dans la littérature. À cet égard, Atti et Abdennebi (1995) constatent que la prolificité des brebis passe de 111% à 115% lorsque celles-ci grimpent de la classe 1 à la classe 4 de NEC. De même, Atti *et al.* (2001) rapportent que la fertilité passe de 86% à 95% ($p<0,05$) et que la prolificité passe de 1,2 à 1,8 ($p<0,001$) lorsque la NEC des brebis excède à 1,5. Ultérieurement, d'autres études viennent supporter ces constats. D'ailleurs, Abdel-Mageed et Ibrahim (2011), Abdel-mageed (2011), Mohammady et Hammam (2012), Todorov et Nedelkov (2015) s'accordent à dire que l'amélioration de la NEC à la lutte jusqu'à 3 ou plus est une étape clef pour promouvoir les performances de reproduction des brebis en améliorant la réponse à l'effet mâle, le taux d'ovulation, la fertilité, la fécondité et même la prolificité suite à l'augmentation du nombre de grands follicules dominants disponibles pour l'ovulation ce qui engendre une hausse de gémellité a-t-il expliqué Abdel-Mageed et El-Maaty (2011).

Tableau 6 : Effet de la NEC à la lutte sur les paramètres de reproduction des brebis.

Paramètres	**NEC< 2,5**	**2,5 ≥NEC>3**	**NEC≥ 3**	**R^2**
Taux de fertilité (%)	80	80	55	-0,87
Taux de prolificité (%)	150	175	191	0,99
Taux de fécondité (%)	120	140	105	-0,43

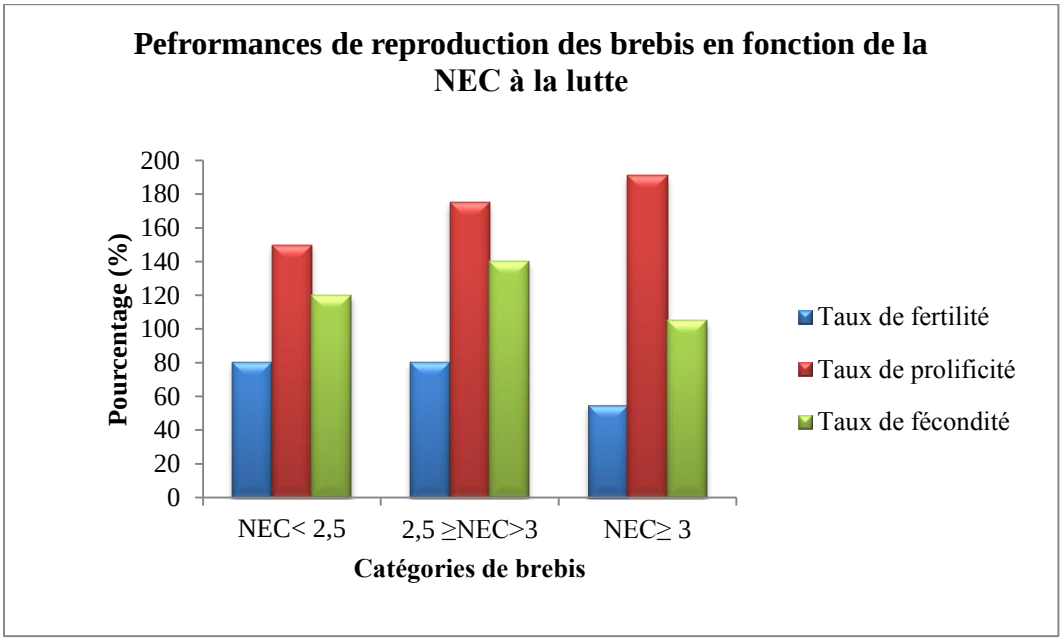

Figure 9 : Illustration des performances de reproduction en fonction de la NEC à la lutte.

2.2.3. Influence des additifs et leurs combinaisons sur les paramètres de reproduction

La reproduction est reconnue très vulnérable vis-à-vis le niveau alimentaire de l'animal, autrement dit, une alimentation inadéquate, excédentaire, carentielle ou contenant des toxines peut compromettre profondément toutes les fonctions reproductives des animaux. Ceci a été aussi joint au bilan énergétique et ses indicateurs notamment la NEC qui est assumée comme un facteur déterminant dans la régie de la carrière productive et reproductive des femelles.

D'après les résultats de la présente étude (tableau 7, figures 10,11,12), nous observons une hétérogénéité des performances reproductives des brebis malgré que tous les lots présentent une NEC moyenne presque similaire au moment de la lutte (voir annexe 1). Les meilleurs taux de fertilité sont enregistrés dans les lots 2 et 5 avec plus de 83%, bien que le faible taux a été enregistré dans le 1er lot. Pour la prolificité, toutes les brebis du lot 4 ainsi que du témoin avaient des naissances doubles soit un taux de prolificité de 200%, sachant aussi que le taux de prolificité le plus faible est toujours dans le 1er lot avec 133.3%. De plus, pour la fécondité, la même tendance a été observé où tous les lots ont enregistrés des taux de fécondités satisfaisants avoisinant ou dépassant le 100% alors que le 1er lot est toujours en dernière position.

D'après ces constats, il nous parait difficile de déceler l'effet direct de l'argile et des phytobiotiques sur les performances de reproduction, soulignant que l'effectif des animaux expérimentés semble être déficient pour visualiser ce genre d'impacts où l'effet individu est fort avec une hétérogénéité de l'âge et de l'état corporel des brebis au sein du même lot (voir l'annexe 1). Par ailleurs, l'effet de ces additifs sur les paramètres de reproduction peut être indirecte exercé par le biais des réserves corporelles, hormis, ces additifs n'avaient aucun effet visible sur l'état corporel des brebis ni durant les périodes de repos ni de production. Donc, on peut dire que les doses employées sont diluées ce qui a vraisemblablement empêcher les animaux à extérioriser des réponses bien visibles vis-à-vis de ces additifs.

Tableau 7 : Bilan reproductif des lots expérimentaux.

Lots	Nb. de brebis mises à la lutte	Nb. de mises bas	Nb. d'agneaux nés	T. fertilité (%)	T. prolificité (%)	T. fécondité (%)
1	6	3	4	50	133,33	66,67
2	6	5	8	83,33	160	133,33
3	5	3	5	60	166,67	100
4	6	4	8	66,67	200	133,33
5	6	5	8	83,33	160	133,33
T	6	4	8	66,67	200	133,33

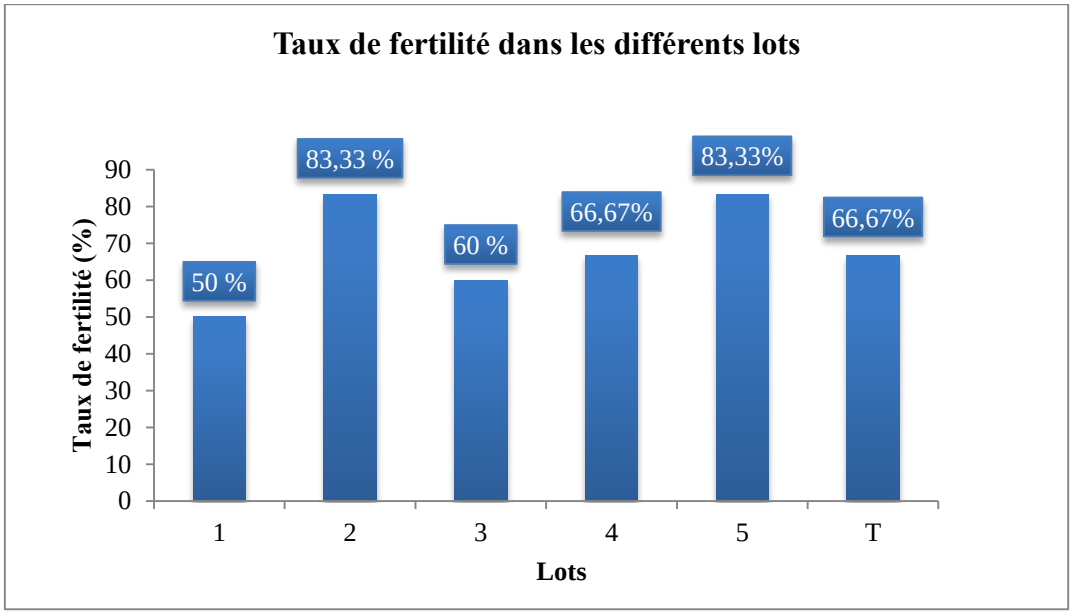

Figure 10 : Variation du taux de fertilité en fonction des lots.

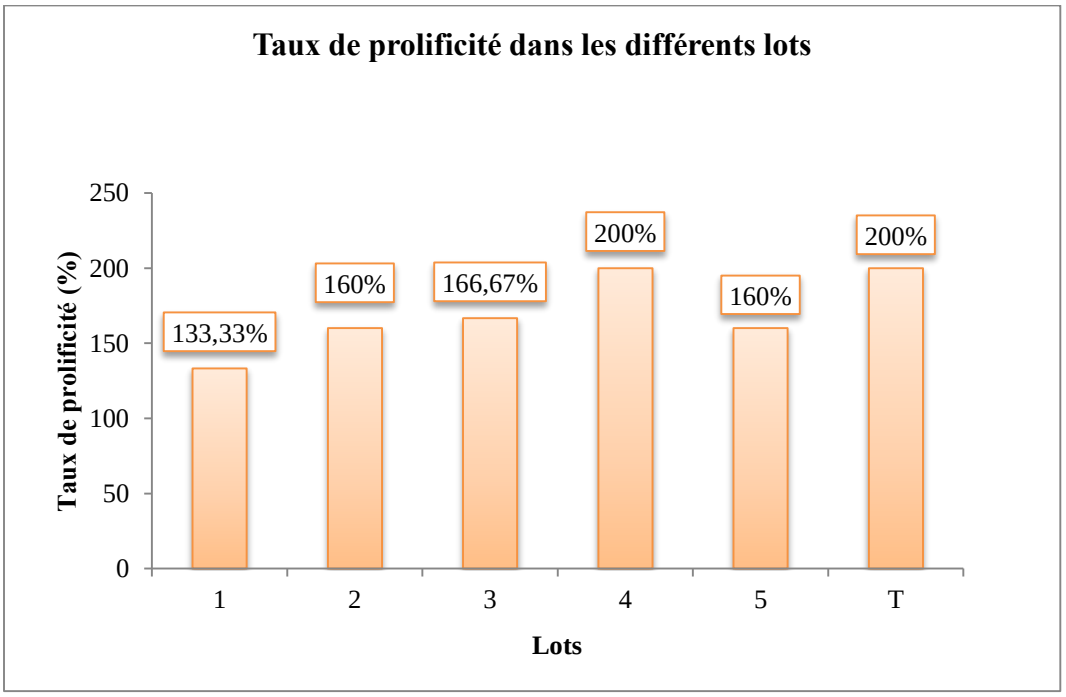

Figure 11 : Variation du taux de prolificité en fonction des lots.

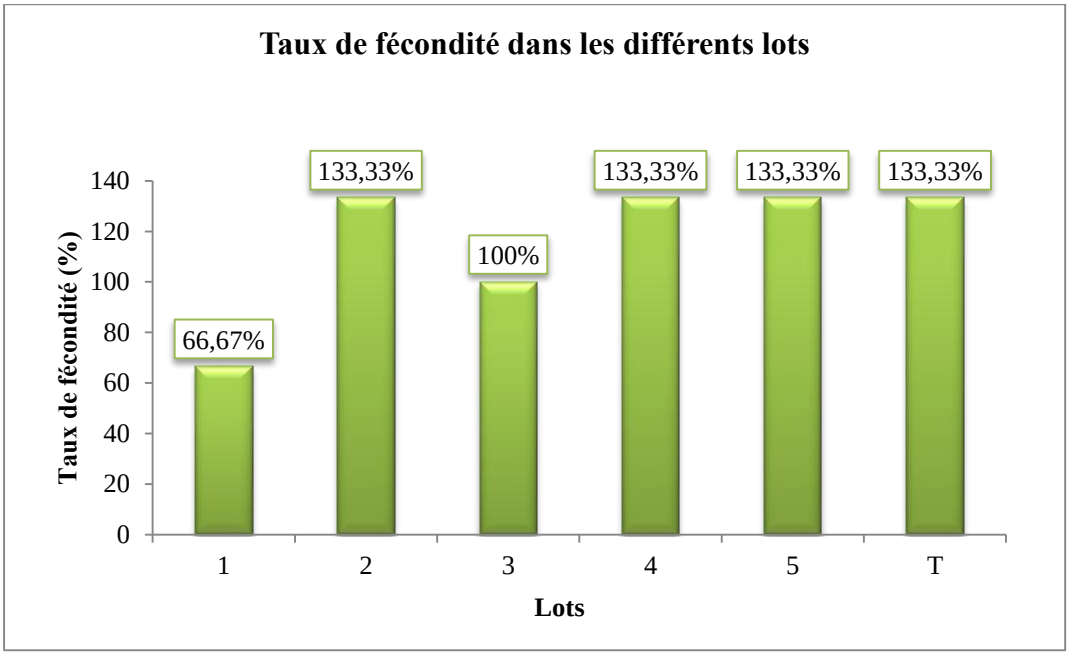

Figure 12 : Variation du taux de fécondité en fonction des lots.

2.3. Les performances productives des brebis

Les caractères généraux de croissance des agneaux et de la production laitière des brebis sont représentés dans le tableau 8. Le poids à la naissance des agneaux est estimé à une moyenne de 3,9±0,75 kg ce qui est nettement supérieur à la norme (3,6kg) proposée par Chellig (1992) et au standard de la race Ouled-Djellal (3,8 kg pour les mâles et 3,4 pour les femelles issue de la lutte printanière) et indiqué par Lamrani *et al.* (2007), aussi bien, il parait largement comparables au résultat de Arbouche (2011) enregistrant un poids à la naissance de 3,86kg avec une conduite de reproduction similaire à la notre sur des brebis Ouled-Djellal, il se retrouve aussi inferieur aux constats de Boussena *et al.* (2013) rapportant un poids à la naissance des agneaux de la même race d'environ 4,5kg, aussi bien qu'il est supérieur aux poids des agneaux nés simples (3,64kg) et doubles (3,25kg) descendant des brebis Ouled-Djellal primipares bien qu'il est inferieur à celui des agneaux nés simples (4,61kg) et doubles (4,09) chez les multipares de la même race dévoilé par Safsaf (2014). Outre, Le taux de croissance des agneaux de notre expérimentation est estimé par un GMQ moyen d'environ 153±0,05 g/j où les agneaux passent de 3,9±0,75kg à la naissance à 14,61±3,75kg à 70jrs d'âge ce qui est conforme aux normes de la race suggérées par Chellig (1992) disant que les agneaux peuvent réaliser un gaine de poids de 150 jusqu'à 200g/j, notre résultat est aussi comparable à celui enregistré par Arbouche (2011) en notant un GMQ de 132,75g/j jusqu'à 90jrs d'âge des agneaux Ouled-Djellal, alors qu'il est nettement faible par rapport à celui

indiqué par Meredef (2017) en enregistrant un gain d'environ 6kg de poids de la naissance à 30jours d'âge soit un poids vif de 11kg sur la même race toujours.

À l'égard de la production laitière (tableau 8), selon Lamrani *et al.* (2007), la brebis Ouled-Djellal est reconnue « faible productrice » de lait. Le cumule du rendement laitier durant la 1ière semaine d'allaitement est estimé à une moyenne de 1,21±0,34 kg/j, 1,72±0,08 kg/j en premier mois d'allaitement et d'environ 1,01±0,18 kg/j durant les deux premiers mois d'allaitement, au fait, Arbouche (2011) rapporte une production remarquablement forte durant la première semaine d'allaitement (1,58kg/j) par rapport à celle enregistrée dans notre étude, bien qu'elle est estimée plus faibles durant le premier mois (1,36kg/j) comparativement à celle notée dans la présente étude, par ailleurs, ces rendements sont satisfaisants en étant supérieurs au standard de la race Oueled-Djellal qui se situe entre 1,3 et 1,5 kg/j durant le premier mois d'allaitement d'après Lamrani *et al.* (2007), d'autant plus qu'il dépasse celui enregistrés par Smaali et Chemmam (2017) menant une étude sur des brebis de la même race révélant des rendements de 0,98 et 1,50 kg/j durant la première semaine et le premier mois d'allaitement respectivement. En effet, la variabilité des résultats est explicable par la variabilité de l'âge, la parité, la conduite de l'élevage et de l'état corporel des brebis.

Au fait, la productivité d'une brebis se traduit par sa capacité de maintenir la viabilité et la croissance poste natale de sa descendance en leur offert une maternité comportementale et nutritionnelle adéquate. Alors, pour produire des agneaux viables, les brebis doivent être en bon état de santé avant et après la parturition le dit Boudebza (2015). Par ailleurs, Benyounes *et al.* (2013b) rapportent que la mortalité des agneaux à la naissance est souvent la conséquence des mises-bas incontrôlables et non synchronisées à cause de la présence perpétuelle des béliers avec les brebis faisant généralement des agnelages durant des périodes de pénurie alimentaire. Ils disent que ce phénomène peut y surgir de la naissance jusqu'au sevrage sous l'influence de plusieurs facteurs intrinsèques des agneaux tels que leur poids à la naissance sachant que ceux qui auront un poids normal seront capables de maintenir leur homéostasie, à l'inverse de ceux qui naissent avec de faibles poids, auront une déperdition calorifique supérieure et des réserves corporelles moindres ce qui ne leur permet pas d'assurer longtemps, les dépenses simultanées de thermorégulation et d'énergie de tétées. Il peut être ainsi le résultat de facteurs intrinsèques liés à la saison d'agnelage et à l'alimentation tant à la mère que sa progéniture, ce qui constaté par Dekhili (2003) révélant que le taux de sevrage traduisant le nombre d'agneaux vifs au sevrage augmente de 15% lorsque le poids à la naissance s'élève de 2 à 5kg.

Tableau 8 : Résultats globaux de la croissance et du rendement laitier des brebis de cheptel expérimental.

Paramètres[1,2]	Moy.	E-T	Err. S	Min.	Max.	Var.	C.V (%)
PàN (kg)	3,90	0,75	0,12	2,38	5,2	0,57	19,32
Pds 4s (kg)	8,53	2,22	0,36	4,6	13,24	4,91	25,98
Pds 8s (kg)	12,46	3,32	0,55	7,27	20,99	11,05	26,67
Pds 70jrs (kg)	14,61	3,75	0,62	8,50	22,60	14,05	25,66
GMQ total (g/j)	152,90	4,67	0,01	0,08	0,26	0,002	30,57
PL 1s (kg/j)	1,21	0,34	0,08	0,74	1,91	0,12	28,15
PL 5s (kg/j)	1,72	0,08	0,02	1,49	1,84	0,01	4,79
PL 8s (kg/j)	1,01	0,18	0,04	0,80	1,41	0,03	7,84

[1]Moyenne ± écart type ;
[2] Moy : Moyenne ; E-T : Écart-type ; Err. S : Erreur Standard ; Min. : Minimum ; Max. : Maximum ; Var. : Variance ; C.V : Coefficient de variation ; PàN : Poids à la naissance ; Pds 4s : Poids à 4 semaines d'âge ; Pds 8s : Poids à 8 semaines d'âge ; Pds 70jrs : Poids à 70jours d'âge, GMQ total : Gain moyen quotidien de naissance jusqu'à 70jours d'âge ; PL 1s : Rendement laitier durant la 1ère semaine d'allaitement ; PL 5s : Rendement laitier durant les 5 premières semaines d'allaitement, PL 8s : Rendement laitier durant les deux premiers mois d'allaitement.

2.3.1. La production laitière

2.3.1.1. Effet de la NEC des brebis à l'agnelage sur la production laitière

L'état nutritionnel et en particulier le niveau des réserves corporelles des brebis à la mise bas est de grande importance Atti *et al.* (1995). Son implication dans les performances de production des brebis à été bien discutée dans la littérature. En effet, l'état corporel au

péripartum revête une importance indéniable et occupe une place déterminante pour le contrôle de la production et de la santé des brebis, car généralement, en début de lactation, les brebis ne peuvent pas satisfaire leur besoins accrues de lactation, ce qui leur amène à puiser sur leurs réserves corporelles afin d'en subvenir, la situation qui convient uniquement pour les brebis en bon état au moment de la parturition.

Par ailleurs, dans notre étude, la comparaison des moyennes fait apparaitre une différence significative ($p<0,05$) du rendement laitier des brebis sous l'effet de la NEC à l'agnelage (tableau 9) sachant que toutes les brebis avaient été servi du même régime alimentaire. Nous observons que le plus fort rendement laitier durant la 1^{ière} semaine et durant les deux premiers mois d'allaitement sont enregistrés chez les brebis présentant une NEC à l'agnelage supérieur ou égale à 2,5 bien que le faible rendement soit enregistré chez les brebis maigres à l'agnelage (NEC<2,5), figure 13. Durant la première semaine d'allaitement, en comparaison avec les brebis maigres (NEC<2,5) ayant un rendement laitier pendant la 1^{ière} semaine d'allaitement de 0,92(±0,19)kg/j (tableau 10), tandis que le cumule de la production laitière durant la même période chez les brebis présentant une NEC égale à 2,5 et chez celles avec une NEC≥3 à l'agnelage est de 1,37(±0,27) kg/j et 1,27 (±0,35) kg/j respectivement, soit une différence qualifiée significative ($p<0,05$) de +49% et numérique ($p>0,05$) +38% respectivement par rapport aux brebis maigres, en soulignant aussi que les brebis ayant une NEC=2,5 à l'agnelage aient un rendement laitier numériquement ($p>0,05$) plus fort (+8%) que celles moyennement grasses (NEC≥3). Outre, le cumule du rendement laitier durant les deux premiers mois d'allaitement suit la même tendance (tableau 9, figure 15), il est observé que les brebis relativement grasses (NEC≥2,5) produisaient pratiquement la même quantité du lait : 1,09(± 0,15) kg/j pour les brebis ayant une NEC=2,5 soit une différence significative ($p<0,05$) de +23% par rapport à celles avec une NEC<2,5, et 1,05 (±0,19) kg/j pour celles avec une NEC≥3 soit une différence numérique ($p>0,05$) notable de (+22%) par rapport à celles jugées maigres.

En l'occurrence, nos résultats viennent conforter ceux déjà indiqués dans la littérature. Tissier *et al.* (1975) disent qu'au début de la lactation, les dépenses pour la production du lait élevée par rapport à la consommation entrainent une mobilisation des réserves corporelles, qui, si elle est trop intense, elle peut affecter la production laitière, la santé et même la reproduction ultérieure de la brebis. Atti *et al.* (1995), Teyssier *et al.* (1995) et CIIRPO (2016) révèlent que les brebis maigres au moment de la parturition ont tendance à produire peu de lait même si elle n'allaitent qu'un seul agneau comparativement à celles en bon état qui

disposeraient encore un niveau qui leur permet d'entamer une bonne lactation et auront la capacité de garder leur niveau de production laitière même en déficit alimentaire grâce à leurs réserves énergétiques. Ceci peut avoir une autre explication plus pointue l'ajoutent Atti *et al.* (1995) qui interprètent le faible rendement laitier des brebis maigres à l'agnelage par le faible développement de la glande mammaire des celles-ci en fin de gestation en conséquence d'une sous-alimentation éventuelle en fin de gestation.

Tableau 9 : Effet de la NEC à l'agnelage sur le cumul de la production laitière des brebis dans la 1ère semaine et la 8ème semaine d'allaitement.

Paramètres[1,2]	**NEC< 2,5**	**2,5 ≥NEC>3**	**NEC≥ 3**	**p-valeur**
PL 1s (kg/j)	0,92[a] ± 0,19	1,37[b] ± 0,27	1,27[ab] ± 0,35	<0,05
PL 8s (kg/j)	0,86[a] ± 0,05	1,09[b] ± 0,15	1,05[ab] ± 0,19	<0,05

[1]Moyenne ± écart type ;

[2] PL 1s : Rendement laitier durant la 1ère semaine d'allaitement ; PL 8s : Rendement laitier durant les deux premiers mois d'allaitement ;

[abc] Sur la même ligne, les moyennes avec des indices différents sont significativement différents (p<0,05).

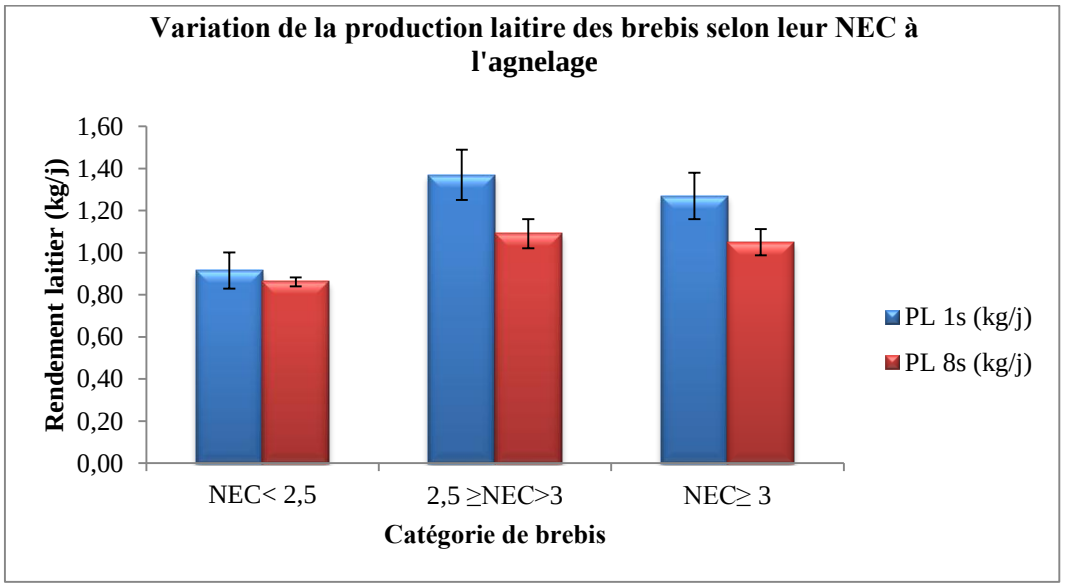

Figure 13 : Variation de la production laitière des brebis selon leur NEC à l'agnelage.

2.3.1.2. Effet des additifs et leurs combinaisons sur la production laitière

Avant de commencer la discussion, nous soulignons que les brebis du lot 3 ont été éliminées de la comparaison car elles ne sont que 3 brebis, et elles présentent des données aberrantes de production laitière.

Concernant l'effet des additifs sur le rendement laitier des brebis durant la première semaine et les deux premiers mois d'allaitement, les résultats sont récapitulés dans le tableau 10 et illustrés dans la figure 16. À cet égard, nous observons que la quantité du lait produite dans les lots 1 et 2 soit plus élevée par rapport aux autres lots, autrement dit, les brebis recevant l'argile ainsi que celles recevant l'ail ont le plus fort cumul de rendement laitier par rapport aux autres lots avec une moyenne de 1,36 (± 0,35) kg/j et 1,10 (±0,18) kg/j pour le premier lot et 1,34 (±0,19) ainsi que 1,16 (±0,21) kg/j pour le deuxième lot en première semaine et pendant les deux premiers mois d'allaitement respectivement. Il faut aussi souligner que le 5ème lot vient en deuxième rang de production laitière avec une moyenne de 1,30 (±0,45) kg/j et de 0,98 (±0,19) kg/j durant la première semaine et les deux premiers mois d'allaitement par ordre respectif, alors que, le lot témoins et le lot 4 soient les plus faibles en matière de production laitière avec un cumule de 0,96 (±0,21) kg/j et 0,85 (±0,04) kg/j aussi que 0,92 (±0,29) kg/j et 0,90 (±0,05) kg/j durant les mêmes périodes respectivement.

En l'occurrence, l'étude statistique (tableau 10) montre que durant la première semaine d'allaitement, seulement la quantité du lait produite par les brebis recevant l'ail significativement ($p<0,05$) plus élevée comparativement à celle produite par celles du témoin faisant une différence de +40%, sachant que les brebis recevant l'argile (lot 1) et la combinaison de l'argile-cumin (lot5) produisent aussi numériquement ($p>0,05$) plus du lait en comparaison avec celles du témoin soit des différences d'environ +46% et 35% respectivement. Outre, le cumul de la production laitière durant les deux premiers mois d'allaitement demeure aussi affecté par l'ajout des additifs. Nous observons que les brebis du lot 1 et 2 produisent significativement ($p<0,05$) plus du lait par rapport à celles du témoin, notons que les différences soient remarquable d'environ +29% et +36,5% par ordre respectif. Néanmoins, la combinaison d'additifs argile-ail (lot4) et argile+cumin (lot5) ne semble avoir aucun effet notable ($p>0,05$) sur ce paramètre.

Comme toute autre performance animale, d'après Ilić *et al.* (2005, 2011), la production laitière est à 25% génétiquement dépendante, cependant, elle est à 75% dépendante aux

facteurs environnementaux dont l'alimentation est le facteur le plus déterminant selon Nudda *et al*. (2014).

Le résultat significatif de l'effet de l'argile sur la quantité du lait confirme ce qui a été constaté auparavant par de Katsoulos *et al.* (2006), Micic *et al.* (2017), Uyarlar *et al.* (2018) et Khachlouf *et al.* (2019) chez des vaches laitière additionnées avec de l'argile, cependant qu'il contredit également les constats d'autres résultats (Migliorati *et al.*, 2007; Agus *et al.*, 2014 ; Sulzberger, 2016) rapportant l'absence d'effets de cet additif sur ce paramètre. En effet, selon Khachlouf *et al.* (2019), l'augmentation de la production laitière pourrait résulter d'une série d'évènements métaboliques, elle en peut résulter d'une augmentation de la concentration de propionate dans le rumen en raison d'une hausse de la digestion post-ruminale de l'amidon, d'une protéogénèse accrue, d'une amélioration de flux de protéine vers l'intestin (bypass protein) ou même d'une combinaison de ces phénomènes. D'ailleurs, ces phénomènes ont depuis longtemps été associés à la présence d'argile dans la ration comme mentionné dans plusieurs études réalisées dans ce sens chez les ruminants, (Murray, 1990; Wallace et Newbold, 1991; Ouachem et Nouicer, 2006; Laibi *et al.*, 2015; Goodarzi et Nanekarani, 2012 ; Ibrahim, 2012) où les auteurs dévoilent un effet stabilisant de l'argile sur l'écosystème du rumen en l'enrichissant en minéraux essentiels pour la protéogénèse et la digestion fibrolytique permettant de réorienter le bioprocès de fermentation vers une production avantageuse de propionate ainsi qu'il favorise l'économisation d'une partie de l'ammoniac et d'améliorer le flux de protéines vers l'intestin, cela s'ajoute à ce qui a été assumé également par Ivan *et al.* (1992) en affirmant que l'argile pourrait encapsuler les protéines et les acides aminés en les protégeant contre les attaques microbiennes dans le rumen ce qui est en mesure d'augmenter le flux de protéines vers l'intestin.

Outre, nos résultats concernant l'ajout de l'ail et de cumin sont en totale conformité avec ceux rapportées dans la littérature (Chiofalo *et al.*, 2010; EL-Ghousein *et al.*, 2010 ; Giannenas *et al.*, 2011; Eryan-Ibrahim, 2012 ; Kholif *et al.*, 2015 ; Kholif *et al.*, 2017 et Morsy *et al.*, 2018) révélant que les phytogéniques ont un pouvoir galactogène indéniable, certaines de ces auteurs disent que cet effet est principalement modulé par les molécules bioactive qu'ils contiennent en engendrant une augmentation de l'apport, de la digestibilité et de l'absorption des nutriments et également par l'optimisation des fermentations ruminales, EL-Ghousein (2010) ajoute que les phytobiotiques peuvent avoir un effet galactogénique par le biais de leurs molécules bioactives, ces dernières ont une action vasodilatatrice remarquable en augmentant le flux sanguin dans les vaisseaux sanguins qui alimentent les glandes

mammaires par tous les composantes nécessaires à la production laitière. Sachant que Kholif *et al.* (2017) et Morsy *et al.* (2018) s'accordent à expliquer une hausse de la production laitière chez les chèvres sous l'effet de l'incorporation de certains phytobiotiques par l'augmentation de la l'élaboration et de la concentration de propionate (précurseur de lactose et donc de lactogénèse) suite à l'amélioration de la digestibilité des animaux. En dépit, ce constat contredit celui d'autres auteurs supposant que l'incorporation des phytobiotiques notamment l'ail n'est pas en mesure d'améliorer la production laitière, citons les travaux de Serbester *et al.* (2012), Blanch *et al.* (2016) et de Rossi *et al.* (2018).

Tableau 10 : Effet des additifs et de leurs combinaisons sur le cumul du rendement laitier des brebis durant la 1ère semaine et la 8ème semaine d'allaitement.

Paramètres[1,2]	**Tém.**	**Lot 1**	**Lot 2**	**Lot 4**	**Lot 5**	***p*-valeur**
PL 1s (kg/j)	$0,96^{a}$ ± 0,21	$1,36^{ab}$ ± 0,35	$1,34^{b}$ ± 0,19	$0,92^{ab}$ ± 0,29	$1,30^{ab}$ ± 0,45	<0,05
PL 8s (kg/j)	$0,85^{a}$ ± 0,04	$1,10^{b}$ ± 0,18	$1,16^{b}$ ± 0,21	$0,90^{ab}$ ± 0,05	$0,98^{ab}$ ± 0,19	<0,05

[1]Moyenne ± écart type ;

[2] PL 1s : Rendement laitier durant la 1ère semaine d'allaitement ; PL 8s : Rendement laitier durant les deux premiers mois d'allaitement ;

[abc] Sur la même ligne, les moyennes avec des indices différents sont significativement différentes (p<0,05).

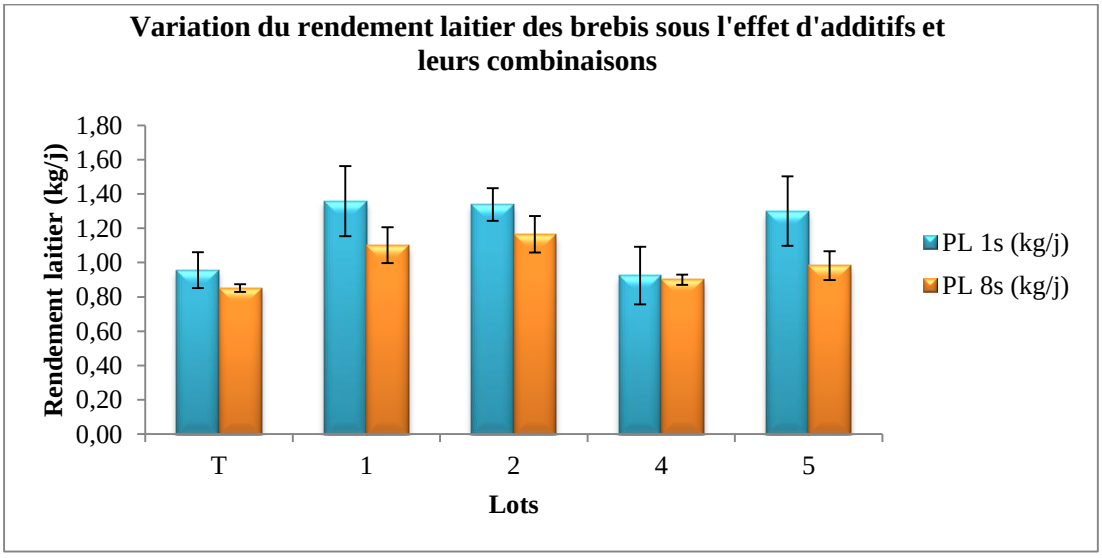

Figure 14 : Variation du rendement laitier des brebis sous l'effet d'additifs.

2.3.1.3. Effet des additifs et leurs combinaisons sur la qualité du lait

Le résultat de l'analyse du lait et de l'étude statistique sont indiqué dans le tableau 11. Il parait que la qualité du lait de touts les lots est étroitement proche l'une de l'autre (figures 15, 16) en première semaine et même en 8ème semaine d'allaitement, ceci signifie l'absence de variabilité significative (p>0,05) entre les lots sous l'effet de l'argile et des condiments ainsi que leurs combinaisons. En fait, Gemrcn (2009) recommande que le lait de brebis doit renfermer en environ 7-7,5% de MG, 55-60% de protéines et 45-50% de lactose, ce qui n'est pas le cas dans la présente étude où le lait est retrouvé très riche en MG (>8%) et pauvre en matière azotée (TP≥4%) et en lactose (TL>4%) ce qui peut être attribuable à la nature et la qualité de la ration alimentaire. Ce résultat est aussi opposant à celui de Beldjilali (2015) qui trouve une teneur d'environ 6% en MG et d'environ 7,5% de TP chez les brebis Ouled-Djellal.

Le lait de brebis est un aliment énergétique très digeste réputé dans le monde par sa valeur nutritionnelle élevée. Il constitue une excellente matière première pour l'industrie laitière dans certaine région du monde où il est consommé frais ou bien transformé en fromage (Beldjilali, 2015). Néanmoins, en Algérie, les races ovines existantes ne sont pas vraiment laitières ce qui fait que sa consommation est négligeable, il est généralement l'aliment principale des agneaux jusqu'au sevrage communément long. Comparativement au lait de vaches et de chèvres, le lait de brebis est nettement plus riche nutritionnellement GEMRCN (2009). En réalité, sa composition est tellement variable qu'on ne pourra pas trouver des standards ou de normes concrètes, sauf qu'elle peut être exigée par les consommateurs où l'éleveur peut jouer à plusieurs niveaux pour aboutir à une composition donnée.

En effet, la valeur nutritionnelle du lait de brebis est susceptible à plusieurs facteurs intrinsèques telles que (génétique, âge, parité, poids, stade de lactation, bien être, etc.), et d'autres des facteurs extrinsèques (la technique et l'intervalle de traite, alimentation, saison de lutte, …) (Bencini et Pulina, 1997 ; Kuchtík *et al.* 2008 ; GEMRCN, 2009), alors que parmi ces facteurs, l'alimentation y figure déterminante selon Duval (1993) et Bocquier et Caja (1999). En d'autres termes, la teneur en matière grasse est liée à la production d'AGV en particulier de l'acide acétique, bien que la teneur en lactose soit liée à la production de « l'acide propionique », et celle de protéines est liée à la teneur de la ration en matière azotée et même à l'intensité de la protéosynthèse dans le rumen. Outre, quantitativement, les

aliments concentrés sont précurseurs de la production laitière, alors que, qualitativement, les fourrages verts et la complémentation protéique déterminent la qualité du lait.

Concernant l'effet de l'argile sur la qualité du lait, nous pouvant dire que nos résultats concordent avec les conclusions de Lemerle *et al.* (1984), Migliorati *et al.* (2007) et Sulzberger (2016) qui rapportent que l'argile n'avait pas d'effet significatif sur la qualité du lait de vache lorsqu'elle était incorporée à leur régime alimentaire. Cependant, cela diffère de ce qui a été discuté dans la littérature. Dans ce sens, Duval (1993) a résumé que l'ajout de l'argile peut varier la composition chimique du lait selon le type de la ration en améliorant sa contenance en MG, en minéraux et même en vitamines. Il ajoute que dans une ration composée en équilibre de concentré et du foin, la teneur en MG du lait de vache peut s'élever à 50%, alors que, dans une ration riche en fourrage ou en ensilage elle reste inchangée. Aussi bien, Ilić *et al.* (2005, 2011) trouvent une augmentation significative de la teneur en MG de la lactation totale sous l'effet de l'argile chez les vaches, de même, Ouachem *et al.* (2012) ont observé une amélioration significative du taux protéique du lait (+15%, $p<0,05$) chez la chèvre Arabia en Algérie additionnées avec (5%) de marne. Ces auteurs rendent le mérite à l'argile qui tamponne le milieu ruminal en améliorant l'efficacité alimentaire des animaux.

Par ailleurs, nos résultats à l'égard de l'effet de l'incorporation de poudre de l'ail sur la composition du lait consolident les résultats de (Serbester *et al.*, 2012; Blanch *et al.*, 2016 et Rossi *et al.*, 2018) négligeant l'effet de l'ail ou de leurs molécules bioactives incorporées seules ou en mélange avec d'autres additifs sur la composition du lait des vaches, mais, ils s'opposent au constat d'Eryan Ibrhim (2015) révélant des effets significatifs de l'ail sur la qualité du lait de brebis.

Également pour l'effet de cumin sur la qualité du lait, notre constat consolide celui rapporter par Miri (2013) explicitant l'absence d'effets de l'addition de 1,75%MS de cumin dans la ration des chèvres sur les taux de MG, protéines et de lactose. Cependant, il contredit le résultat de Ghafari (2015) qui ont observé une amélioration de +15% du rendement quotidien en MG, en protéines et en lactose dans le lait synthétisé par les chèvres additionnées avec 200g/j de cumin ce qui a été expliqué selon eux par l'augmentation de la production laitière que par le changement de leur proportions. En réalité, l'effet des phytobiotiques sur la qualité du lait chez les ruminants a bien été discuté et approuvé dans la littérature (Chiofalo *et al.*, 2010 ; Miri, 2013 ; Kholif *et al.*, 2017 ; Morsy *et al.*, 2018,). Ces auteurs rendent le mérite aux métabolites secondaires de ces additifs qui ont vraisemblablement la capacité de

promouvoir la digestibilité des animaux et moduler largement les fermentations ruminales notamment la biohydrogénation ce qui est en mesure d'améliorer le profil lipidique, protéique et lactique du lait.

Tableau 11 : Effet des additifs et de leurs combinaisons sur la qualité du lait durant la 1ère et la 8ème semaine d'allaitement.

Période	Paramètres[1,2]	Tém.	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	*p*-valeur
1ère semaine d'allaitement	**MG (%)**	8,73 ± 1,64	8,80 ± 1,35	8,80 ± 0,72	-	8,92 ± 4,08	9,79 ± 2,81	0,9448
	TP (%)	4,02 ± 0,26	3,83 ± 0,3	3,94 ± 0,20	-	3,66 ± 0,19	3,86 ± 0,18	0,2197
	TL (%)	3,47 ± 0,13	3,51 ± 0,19	3,45 ± 0,11	-	3,58 ± 0,30	3,81 ± 0,81	0,9810
8ème semaine d'allaitement	**MG (%)**	8,35 ± 1,58	8,18 ± 2,82	9,04 ± 2,12	7,26 ± 0,86	7,94 ± 1,12	8,43 ± 1,04	0,8054
	TP (%)	3,55 ± 0,26	3,61 ± 0,19	3,68 ± 0,13	3,73 ± 0,14	3,64 ± 0,23	3,57 ± 0,14	0,8736
	TL (%)	3,64 ± 0,5	3,95 ± 0,58	4,13 ± 0,67	3,85 ± 0,28	3,45 ± 0,12	3,85 ± 0,60	0,5460

[1]Moyenne ± écart type ;

[2]MG : Taux de matière grasse ; TP : Taux protéique ; TL : Taux de lactose.

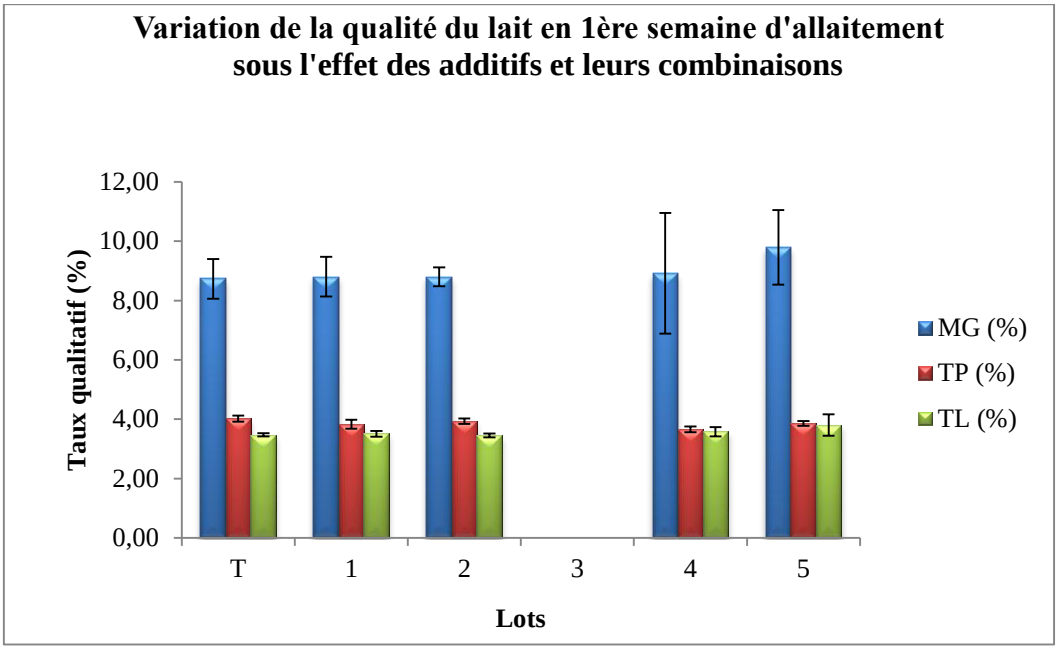

Figure 15 : Variation de la qualité du lait en 1ère semaine d'allaitement sous l'effet des additifs et leurs combinaisons.

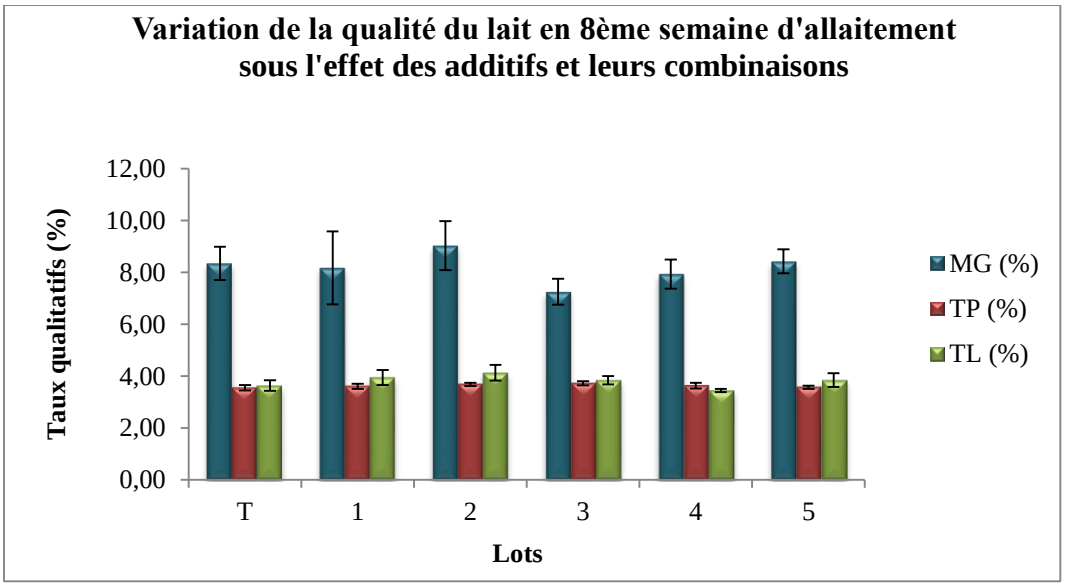

Figure 16 : Variation de la qualité du lait en 8ème semaine d'allaitement sous l'effet des additifs et leurs combinaisons.

2.3.2. Les performances de croissance des agneaux

2.3.2.1. Effet de la NEC des brebis à l'agnelage sur la croissance des agneaux

L'effet de la NEC des brebis à l'agnelage sur le poids de naissance et les performances de croissance des agneaux maternés est enregistré dans le tableau 12 et représenté dans les figures 17 et 18. Au fait, l'étude statistique montre que le poids de naissance des agneaux

ainsi que leurs poids à 4 semaines d'âge ne diffère pas sous l'effet de la NEC de leurs mères à l'agnelage, bien que les agneaux issus de mères représentant une NEC=2,5 soient numériquement plus lourds à l'agnelage (4,26kg) et à 4 semaines d'âges (9,5kg) par rapport aux autres groupes (3,78kg, 3,79 à la naissance aussi bien 7,6 et 8,8 kg à 4 semaines post agnelage pour les brebis ayant une NEC<2,5 et ≥3 respectivement). En effet, ceci s'accorde avec ce qui a été indiqué par Teyssier *et al*. (1995) révélant que les performances des agneaux sont fortement influencées par le niveau des réserves corporelles atteint dans le courant de la gestation par le moyen de la valeur laitière, d'autant plus, Ferguson (2012) ajoute que plus les réserves corporelles soient élevées, plus les agneaux descendants soient plus lourds. Pareil, Boudebza (2015) rapporte des résultats similaires, ils indiquent que le poids à la naissance des agneaux est étroitement lié à la NEC de leurs mères à la mise bas. Ils ont trouvé que les agneaux issus de brebis ayant une NEC comprise entre 2,5 et 3 étaient numériquement plus lourds à la naissance (+20%) que ceux issus de brebis maigres (NEC≤2,5), à leur tour, ces derniers étaient significativement (p<0,005) plus légers (-41%) par rapport à ceux de mères grasses (NEC≥3). Ferguson (2012) résume que l'effet de l'état corporel des brebis peut avoir un effet sur sa progéniture par le biais des réserves corporelles, ces dernières, étant suffisantes, par la voie néoglucogénique, elles permettent à la mère de subventionner les besoins énergétiques (glucose) nécessaires pour la croissance de son fœtus l'interprétation qui a été confortée également par Boussena *et al.* (2013).

En dépit, la croissance semble être accélérée pour les agneaux issues de mères ayant une NEC intermédiaire (=2,5) ce qui est visible par un à 70jours significativement (p<0,05) plus élevés d'environ +30% comparativement à ceux issues de brebis ayant une NEC<2,5. Il est à noter que les brebis avec qui ont une NEC≥3 à l'agnelage avaient également des agneaux numériquement (p>0,05) plus lourds à 70jors (+19%) par rapport à ceux issues de brebis maigres. De même, la vitesse de croissance des agneaux descendant de brebis avec une NEC=2,5 en parturition est nettement plus forte (38%, p<0,05) par rapport à ceux descendant de brebis maigres (173,02g/j *vs.* 125,5g/j respectivement), d'autant plus, ceux descendant de brebis grasses à la mise bas (NEC≥3) avaient une vitesse de croissance numériquement plus forte en comparaison avec ceux de brebis maigres (+26%, p>0,05). L'explication qui peut avoir lieu dans notre cas, c'est que les agneaux issus de brebis ayant une NEC=2,5 et NEC≥3 à l'agnelage ont profité d'une production laitière suffisante et meilleure par rapport à ceux issus de brebis maigres (voir le tableau 9), sachant que la production laitière de brebis est

positivement corrélée avec la croissance des agneaux d'après le constat de Morgan *et al.* (2005), autant que son produit soit le seul aliment des nouveau-nés jusqu'au sevrage.

À l'égard de ces paramètres, notre constat vient consolider celui de Molina *et al.* (1991), ces auteurs dévoilent que le poids de naissance et la croissance des agneaux dépend étroitement l'état corporel des brebis à l'agnelage. Similairement, Atti et Abdennebi (1995) ont trouvé que la NEC et le poids à la mise bas sont déterminants sur le poids de naissance et la croissance des agneaux. Ils ont indiqué que le poids de naissance, le GMQ et le poids au servage des agneaux sont significativement et positivement corrélés à la NEC de leurs mères. Outre, Atti *et al*. (1995) et Morgan *et al.* (2005) rapportent aussi que les brebis en bon état en fin de gestation ont tendance à produire davantage du lait par rapport à celles en mauvais état, ce qui donne l'avantage à leur descendance de croître rapidement.

Tableau 12 : Effet de la NEC des brebis à l'agnelage sur le poids de naissance et la croissance de leurs agneaux.

Paramètres[1,2]	**NEC< 2,5**	**2,5 ≥NEC>3**	**NEC≥ 3**	**p-valeur**
PàN(kg)	3,78 ± 0,83	4,26 ± 0,65	3,79 ± 0,74	0,2709
Pds 4s. (kg)	7,60 ± 1,60	9,5 ± 2,24	8,8 ± 2,38	0,1792
Pds 8s. (kg)	10,64[a] ± 2,17	13,87[b] ± 3,74	12,78[ab] ± 3,35	<0,05
Pds 70jrs (kg)	12,57[a] ± 2,80	16,37[b] ± 4,50	14,96[ab] ± 3,45	<0,05
GMQ total (g/j)	125,5[a] ± 31,9	173,02[b] ± 56,06	158,05[ab] ± 43,9	<0,05

[1]Moyenne ± écart type ;

[2] PàN : Poids à la naissance ; Pds 4s : Poids à 4 semaines d'âge ; Pds 8s : poids à 8 semaines d'âge ; Pds 70jrs : Poids à 70jours d'âge, GMQ total : Gain moyen quotidien de naissance jusqu'à 70jours d'âge ;

[abc] Sur la même ligne, les moyennes avec des indices différents sont significativement différentes (p<0,05).

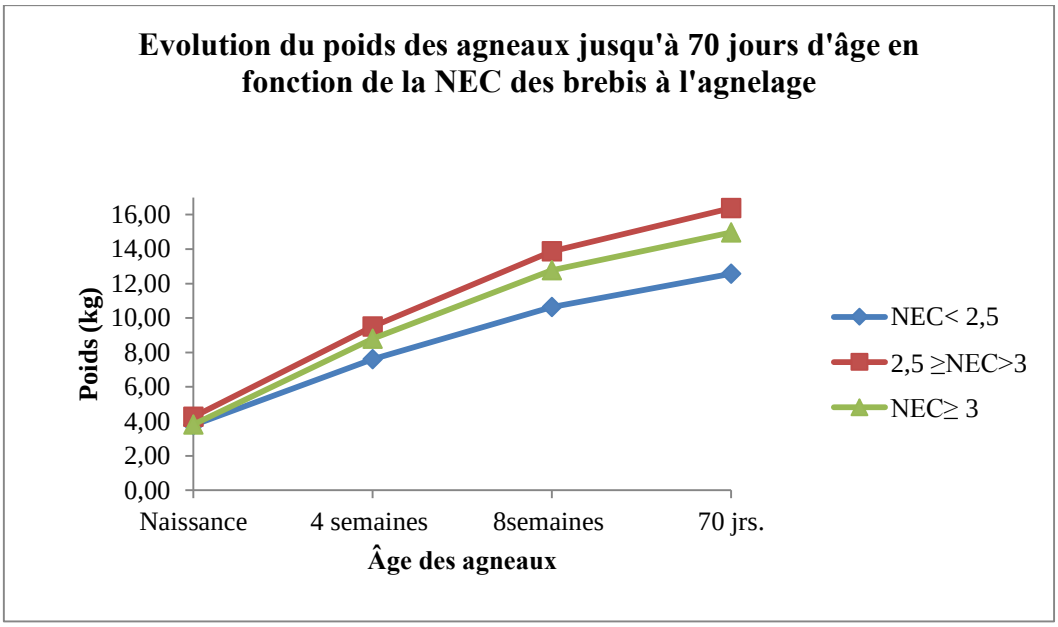

Figure 17 : évolution de la courbe de croissance des agneaux en fonction de la NEC de leurs mères à l'agnelage.

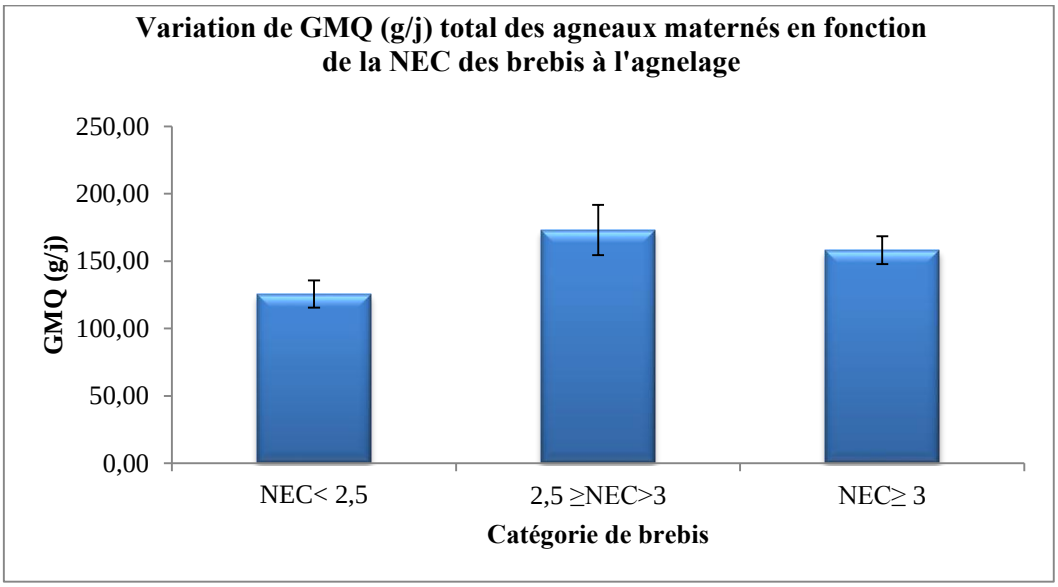

Figure 18 : Représentation du GMQ (kg/j) total des agneaux en fonction de la NEC de leurs mères à l'agnelage.

2.3.2.2. Effet des additifs et leurs combinaisons sur la croissance des agneaux

Les résultats de l'incorporation de l'argile, de l'ail et de cumin ainsi que la combinaison de l'argile avec chacun de ces deux phytobiotiques sur le poids à la naissance et la croissance des agneaux maternés en plus du résultats de l'étude statistique des différentes variables sont enregistrés dans le tableau (14) et illustrés dans les figures (19, 20).

Il est reconnu que la croissance des fœtus s'accentue durant les deux derniers mois de gestation là où sa croissance est maximale pour atteindre un poids définitif à la mise bas. Cette période est tellement capitale qu'elle est fortement influencée par l'état nutritionnel des mères. Fraysse et Guitard (1992) et Dudouet (2003) rapportent que l'alimentation durant la fin de gestation a une incidence sur le poids et la vigueur des nouveau-nés et sur leur croissance post-natale. Cette période coïncide généralement avec le rétrécissement du tractus digestif et l'augmentation des besoins de la brebis, en l'occurrence l'alimentation doit être qualitative que quantitative. Dans ce sens, Scales *et al. (*1986) ont déjà dévoilés que l'alimentation lors des 6 dernières semaines de gestation est d'importance capitale chez les brebis, ils dévoilent que l'augmentation de 10kg de PV des brebis durant cette période améliore le poids de naissance de leurs progéniture de 0,46kg et 0,52kg pour les agneaux nés simples et doubles respectivement. Dans la présente étude, nous observons que le poids de naissance des agneaux ne diffère pas sous l'effet de l'incorporation des différents additifs ainsi que de leurs combinaisons. Il est à noter que le poids des agneaux issus de brebis ayant reçu l'argile (lot 1), l'ail (lot 2) et la combinaison de l'argile avec le cumin (lot 5) étaient numériquement plus lourds comparativement à ceux issus de mères non supplémentées, soient des différences d'environ +17%, +6% et +10% respectivement.

Notre résultat conforte le constat de Ouachem *et al.* (2012) rapportant que l'addition des chèvre avec l'argile améliore le poids des chevreaux à la naissance, ce qui a été expliqué par l'augmentation de la quantité de l'aliment ingéré durant la dernière phase de gestation en établissant à un équilibre nutritionnel nécessaire pour le développement du fœtus et le poids de porté à cet période critique. Ils ajoutent aussi que cette performance est atteinte par l'amélioration de la digestibilité et la vitesse de vidange du rumen et surtout de l'effet tampon de cette substance sur le pH ruminal chez les chèvres supplémentées. De plus, notre constat vient confirmer celui d'EL-Ghousein (2010) révélant l'absence d'effets directs des phytobiotiques sur le poids à la naissance des agneaux maternés sous des mères additionnées.

Pour la croissance des agneaux (tableau 13, figures 19 et 20), l'étude statistique dévoile que les agneaux maternés avec de l'argile (Lot 1) sont significativement ($p<0,05$) plus lourds (+41%) en comparaison avec le ceux du témoin. il est à noter également que ceux maternés avec de l'ail (Lot 2) et avec une combinaison de argile+cumin (Lot 5) sont numériquement ($p>0,05$) plus lourds par rapport au témoin soit des différences de +19% et +29% respectivement cependant que les agneaux des lots 3 et 4 avaient des poids comparables à ceux du témoin. Cette supériorité reste notable également à 70jours d'âge, nous observons que les agneaux maternés avec de l'argile restent significativement ($p<0,05$) plus lourds (+28%) par rapport à ceux de témoin, cependant, les agneaux des autres lots ont des poids comparables à cet âge.

La vitesse de croissance est le plus souvent estimée avec le GMQ (g/j). C'est un ratio qui permet de déceler le croît journalier des agneaux réalisé en une période donnée. Il est variable en fonction de plusieurs facteurs citons la génétique, le sexe, le type de naissance, l'alimentation des mères, la quantité et la qualité du lait produit par les mères, la saison d'agnelage, le poids de naissance des agneaux etc.

Dans la présente étude, le GMQ semble être très vulnérable à l'ajout de l'argile (tableau 13 et figure 20). Nous observons qu'il est visiblement et significativement ($p<0,05$) plus élevé chez les agneaux maternés avec de l'argile (Lot 1) soit une supériorité de +75% par rapport à ceux issus des mères non supplémentées (Lot T). Il est à noter ainsi que les agneaux des lots 2, 3 et 5 avaient aussi des GMQ numériquement ($p>0,05$) plus forts comparativement à ceux du témoin soit une supériorité notable d'environ +38%, +46% et +39% respectivement malgré que les agneaux du lot 3 présentaient un poids de naissance plus faible par rapport à ceux du témoin (3,53kg *vs*. 3,83kg).

Dans la littérature, l'effet de l'argile sur la croissance des jeunes animaux en engraissement a bien été discuté, Tabbaa (1999), Berthiaume *et al.* (2007) et Ural et Ural (2017) trouvent que l'ajout de l'argile dans la ration quotidienne apporte du bénéfice à la croissance des bovillons en croissance. Chez les caprins, Mohsen et Tawfik (2002) révèlent également que l'addition de l'argile dans le régime alimentaire est efficace pour améliorer la croissance des chevreaux à l'engraissement. En outre, chez les ovins, Filya *et al.* (1999), Forouzani *et al.* (2004), Ouachem *et al.* (2005) et Stojković *et al.* (2005) rapportent aussi les mêmes effets de l'argile sur la croissance des agneaux à l'engrais.

Au fait, nos résultats sont en total concordance avec ce qui a été dévoilé par Ouachem *et al.* (2012) indiquant que l'addition des chèvres de la race Arabia en Algérie avec 5% de la marne permet d'améliorer la qualité du lait, ce qui contribue en conséquent à améliorer la croissance de leurs chevreaux à +49%.

De même, les phytobiotiques notamment l'ail et le cumin ont aussi prouvés leur utilité dans la promotion des performances de croissance des nouveau-nés (EL-Ghousein, 2010 ; Ghosh *et al.*, 2010 ; Jami *et al.*, 2015 ; Shokrollahi *et al.*, 2016 ; Okali-Usur, 2019).

Or, Aux débuts de leur vie, les agneaux restent dépendants de leurs mères en matière d'alimentation où le lait constitue le seul aliment (Dudouet, 2003, Eryan Ibrhim, 2015). Ouachem *et al.* (2012) indiquent aussi que la croissance des nouveau-nés est étroitement conditionnée par la quantité et surtout par la qualité du lait disponible. Par ailleurs, la croissance des agneaux est déterminée par le poids à la naissance Morgan *et al.* (2005), sachant que les agneaux plus lourds à la naissance auront une croissance plus rapide par rapport à ceux qui naissent chétifs. En l'occurrence, ces théories peuvent expliquer la croissance rapide des agneaux des lots expérimentaux, notamment les lots 1, 2 et 5 en comparaison avec ceux du témoin. Sachant que ces agneaux naissent plus lourds (tableau 15) et que leurs mères avaient un rendement laitier plus fort par rapport au témoin (tableau 11). D'ailleurs, EL-Ghousein (2010) et Ouachem *et al.* (2012) disent que l'amélioration de la croissance chevreaux nés de chèvres additionnées avec de l'argile dans la première étude et des agneaux nés de brebis supplémentées avec des deux types de condiments dans la deuxième est modulée principalement par l'amélioration de la qualité du lait produit par les mères en particulier le taux protéique.

Une autre explication qui peut être lancée, c'est que d'après la littérature, l'argile permet de purifier le lait lorsqu'il est incorporé dans le régime alimentaire des femelles en réduisant la part des toxines et d'autres substances nocives telles que les mycotoxines ce qui atténue leur effet néfaste sur la santé des nouveau-nés (Katsoulos *et al.*, 2012 ; Stojković *et al.* 2012 ; Agus *et al.*, 2014 ; Sulzberger, 2016 ; Micic *et al.*, 2017) en leur affèrent une bonne santé et donc une meilleure croissance.

Tableau 13 : Variations des performances de croissance des agneaux en fonction des additifs incorporés et de leurs combinaisons.

Paramètres[1,2]	Tém.	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	*p*-valeur
PàN (kg)	3,83 ± 0,69	4,48 ± 0,34	4,04 ± 0,67	3,53 ± 1,21	3,43 ± 0,80	4,23 ± 0,48	<0,05
Pds 4s (kg)	7,57[a] ± 1,36	10,73[b] ± 1,70	8,99[ab] ± 2,75	7,68[a] ± 12,86	7,31[a] ± 1,60	9,73[ab] ± 1,72	<0,05
Pds 70jrs (kg)	14,61[a] ± 2,04	18,75[b] ± 3,38	15,29[ab] ± 5,23	15,47[ab] ± 3,40	13,09[a] ± 5,52	15,59[ab] ± 2,39	<0,05
GMQ total (g/j)	116,87[a] ± 23,83	203,88[b] ± 43,87	160,67[ab] ± 67,01	170,63[ab] ± 33,51	137,92[ab] ± 29,30	162,26[ab] ± 29,42	<0,05

[1]Moyenne ± écart type ;

[2] PàN : Poids à la naissance ; Pds 4s : Poids à 4 semaines d'âge ; Pds 8s : Poids à 8 semaines d'âge ; Pds 70jrs : Poids à 70jours d'âge, GMQ total : Gain moyen quotidien de naissance jusqu'à 70jours d'âge ;

[abc] Sur la même ligne, les moyennes avec des indices différents sont significativement différentes (p<0,05).

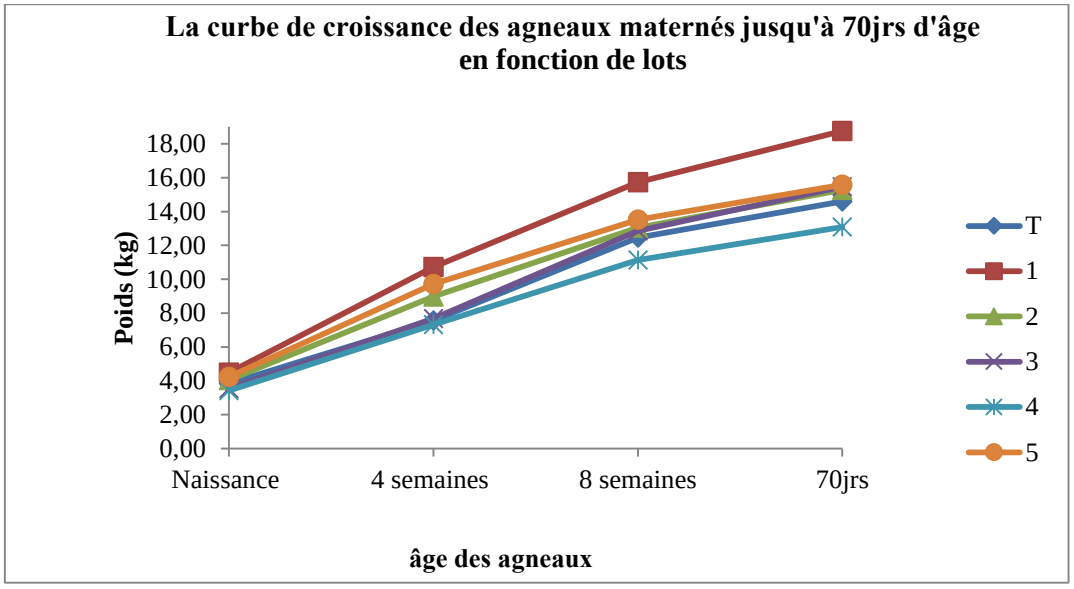

Figure 19 : L'allure des courbes de croissance des agneaux dans les différents lots.

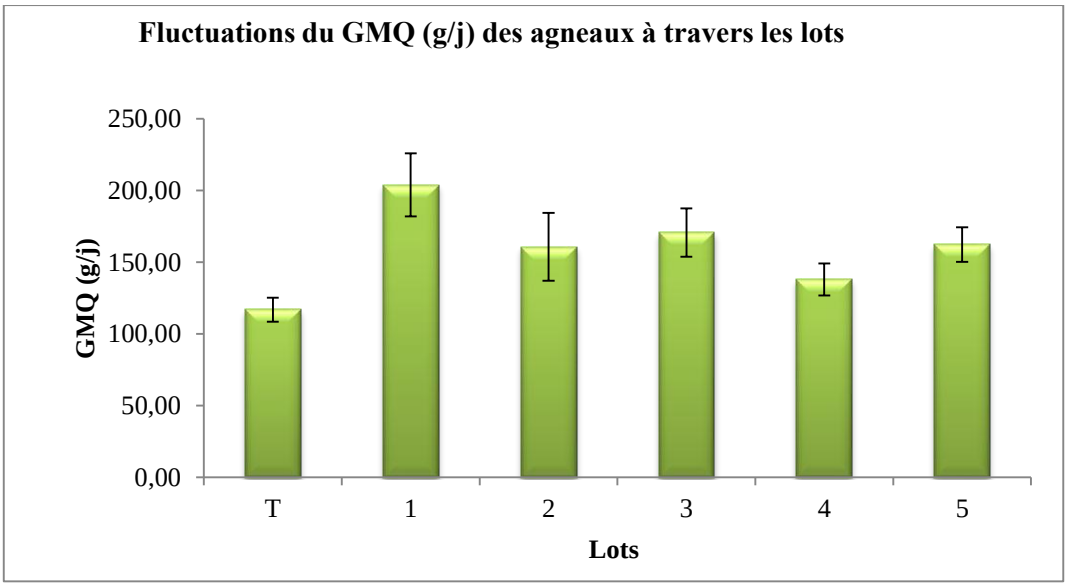

Figure 20 : Représentation du GMQ total des agneaux dans les différents lots.

3. Conclusion

Concernant l'état corporel, les additifs n'ont aucun effet notable sur l'allure de la NEC ou du poids des brebis à travers les différents stades physiologique. Ce résultat ne reflète pas la vrai valeur de ces additifs étant incorporés dans le régime alimentaire des ruminant tel qu'il a été discuté dans la littérature, ce qui est dû vraisemblablement à la dose faible en empêchant d'extérioriser une bonne réponse de digestibilité ou d'efficacité alimentaire envers ces additifs, ce qui peut expliquer l'hétérogénéité des résultats de reproduction de ces brebis.

En matière de productivité, l'argile et l'ail semblent avoir un effet remarquablement satisfaisant sur les performances des brebis. À l'égard de la production laitière, on peut conclure d'après les résultats que l'argile et l'ail ont un pouvoir galactogène puissant, soulignant que les résultats de cumin sont incomplets, en améliorant notablement le cumule de la production laitière des brebis durant la première semaine et les deux premiers mois d'allaitement, sachant que la qualité du lait était inchangeable à leur présence. Ceci peut s'expliquer par une amélioration de la digestibilité des animaux permettant de mettre suffisamment d'éléments responsables de la lactation à la disposition du système lactogène le processus qui n'était pas visible à priori sur l'état corporel, ce qui nous amène à interpréter les résultats par l'effet dose.

Il est à noter également que l'argile et l'ail peuvent être des facteurs de croissance. Dans notre étude, leur incorporation a permis de promouvoir significativement la croissance des agneaux en présentant un taux de croissance plus élevé et des poids lourds à des âges référentiels, un effet conjugué avec l'amélioration de la production laitière qui peut argumenter cette performance des agneaux issus de mères additionnées.

Recommandations

Cette étude constitue irréprochablement un pas vers la substitution des antibiotiques dans le domaine de l'élevage. Les additifs employés ont engendré des réponses prometteuses des brebis. Ces additifs sont abondants dans la nature, ce qui permet de les assurer à tout moment et à faible coût par rapport aux autres additifs relativement chères en contribuant à réduire le coût de production et incitant les fabricant d'aliments de bétail à les intégrer davantage dans les rations en les sollicitant dans le milieu des éleveurs en particulier dans les zones de fortes contraintes naturelles. De ce fait, nous recommandons de bien vouloir :

- Suivre notre étude par d'autres visant à tester des doses croissantes de ces additifs à l'échelle du laboratoire « *in-vitro* » afin de trouver une dose optimale qui assure une meilleure réponse du microbiote ruminale et réoriente le bioprocès qui s'y déroule vers une bonne utilisation digestive ;
- Faire des études de palatabilité sur ces doses afin d'éviter le refus sachant que les phytobiotiques peuvent avoir un goût astringent ;
- Procéder par la suite à tester ces doses à l'échelle de l'animal « *in-vivo* » sur un grand nombre d'animaux afin de visualiser clairement leurs effets sur le métabolisme en visant de tirer le maximum de profit ;
- Élargir le spectre d'emploi de ce genre d'additifs à d'autres espèces pour fixer des limites de leur utilisation ;
- Encourager et vulgariser les éleveurs pour l'utilisation de ce genre d'additifs en évitant l'emploi des substances chimiques qui peuvent gravement se répercuter sur la santé publique.

Références bibliographiques

1. Aazami M. H., Tahmasbi A.M., Forouhar V., Naserian A.A., 2017. Effects of Sodium Bentonite on Blood Parameters, Feed Digestibility and Rumen Fermentation Parameters of Male Balouchi Sheep Fed Diet Contaminated by Diazinon, an Organophosphate Pesticide. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, V. 7. P.P 421-428. Disponible sur : http://ijas.iaurasht.ac.ir/article_533214.html
2. 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*, V. 108, N. 4. P.P 979-984.
3. Abdelhadi S.A., Ben Ahmed H., Sahraoui T., 2013. Etude comparée de la reproduction chez deux races ovines algériennes. *In* : Séminaire nationale de la santé et de la reproduction animale. P.P 5-5.
4. Abdel-Mageed I. (2009). Body condition scoring of local Ossimi ewes at mating and its impact on fertility and prolificacy. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences*, V. 4, N. 1. P.P 37-44.
5. Abdel-mageed I.I., 2011. body condition score of egyptian ewes : does it affect reproductive and productive performances ?. *Egyptian Journal of animal production*, V. 47. P.P 139-150.
6. Abdel-Mageed I.I., El-Maaty A.M.A., 2011. Effect of body condition of rahmani ewes on their follicular development during the first ovulatory wave after estrous synchronization. *Egyptian Journal Animal Production*, V. 48, N. 2. P.P 167-172.
7. Abdel-Mageed I.I., Ibrahim M.A.M., 2011. Wich is more important for reproduction of egyptian ossimi ewes : body condition score or body weight ?. *Egyptian journal of animal science*, V. 48, N. 2. P.P 173-180.
8. Abdl-Rahman M. A., 2010. In vitro Manipulation of Rumen Fermentation Efficiency by Fumaric acid–Bentonite Coupled Addition as an Alternative to Antibiotics. *Journal of Agricultural Science*, V. 2. P.P 174-180. Disponible sur : https://pdfs.semanticscholar.org/44cd/0d3c206eec398e1d40cb497e2f0820cc5c7f.pdf
9. Abdullah N., Hanita H., Ho Y.W., Kudo H., Jalaludin S., Ivan M., 1995. The effects of bentonite on rumen protozoal population and rumen fluid characteristics of sheep fed palm kernel cake. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, V. 8. P.P 249-254. Disponible sur : https://www.ajas.info/upload/pdf/8-37.pdf
10. AFSSA, 2007. Propositions pour une démarche d'évaluation de substances ou de produits nouveaux destinés à l'alimentation animale : Cas particulier des substances et prouduits à base de plantes. Maisons-Alfort, France. 63p.
11. Agus A., Sumantri I., Murti T.W., Boehm J., 2014. Effects of Natural Clays Inclusion on Aflatoxin Excretion of Lactating Dairy Cows Regularly Fed Aflatoxin B1-Contaminated Die. *In* : *Proceedings of the 16th «Asian-Australasian Association of Animal Production Societies» animal science congress*, V. 2. Disponible sur : https://repository.ugm.ac.id/273848/2/ALI%20AGUS_AAAP_2014.pdf
12. Ahmed-Gaid Z., 2017. Utilisation de l'argile dans l'alimentation des volailles. Mém. mag.: Sciences Agronomiques. Université Hadj-Lakhdar, Batna. 106p.

13. Aitchison E.M., Rowe J.B., Rix G.S., 1986). Effect of bentonite clays on rumen fermentation and diet digestibility. *In : Proceedings of the Nutrition Society of Australia*, V. 11, N. 11. P.P 1-14.
14. Akouri A., Chaibou I., Idrissa Sidikou D., Moumouni-ALI S., Adakal H., Chaibou M., Moussa Elhadj N., (2017). Effects of Allium sativum and Sida cordifolia Extracts on Performances of Maradi Red Goat. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, V.5, N. 6. P.P 35-42.
15. 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*, V. 3, N.1. P.P 26-29.
16. Alic Ural D 2014 Efficacy of clinoptilolite supplementation on milk yield and somatic cell count. *Revista MVZ Córdoba*, V. 19. P.P 4242-4248. Dipsonible sur : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682014000300005
17. Alloui M.N., 2011. Les phytobiotiques comme alternative aux antibiotiques promoteurs de croissance dans l'aliment des volailles. *Livestock Research for Rural Development*, V. 23.
18. 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*, V. 142, N. 1-3. P.P 276-287.
19. 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*, V. 82, N. 2-3. P.P 245-248.
20. Andronikashvili T., Pagava K., Kurashvili T., Eprikashvili L., 2009. Possibility of application of natural zeolites for medicinal purposes. *Bullentin of the Georgian National Academy of Sciences*, V. 3, N. 2. P.P 158-167.
21. Antonelo D.S., Lancaster N.A., Melnichenko S., Muegge C.R., Schoonmaker J.P., 2017. Effects of clay on toxin binding capacity, ruminal fermentation, diet digestibility, and growth of steers fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, V 95. P.P 4658-4667.
22. Arbouche R., Arbouche H. S., Arbouche F., Arbouche Y., 2013. Facteurs influençant les paramètres de reproduction des brebis Ouled Djellal. *Archivos de zootecnia*, V. 62, N.238. P.P 311-314.
23. Arbouche Y., 2011. Effectde la synchronisation des chaleurs de la brebis Ouled Djellal sur les performances de la reproduction et de la productivité en région semi-aride. Mém. mag. : Sciences Agronomiques. Université Ferhat Abbas, Sétif. 142p.
24. 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*. 13p.
25. Atti N., Abdennebi L., 1995. Etat corporel et performances de la race ovine Barbarine. *In* : *Options Méditerranéennes, série A*, N. 6. P.P 75-80.
26. Atti N., Nefzaoui A., Bocquier F., 1995. Influence de l'état corporel à la mise bas sur les performances, le bilan énergétique et l'évolution des métabolites sanguins de la brebis Barbarine. *In* : *Options Méditerranéennes, série A*, N. 27, 25-33.

27. Atti N., Thériez M., Abdennebi L., 2001. Relationship between ewe body condition at mating and reproductive performance in the fat-tailed Barbarine breed. *Animal Research*, V. 50, N. 2. P.P 135-144.
28. Bakshi M.P.S., Wadhwa M., 2012. Herbal feed additives : Role in animal nutrition. *In : Animal Nutrition*. P.P. 707-733.
29. Baril G., Chemineau P., Cognie Y., Guérin Y., Leboeuf B., Orgeur P., Vallet J.C., 1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. *FAO*, Rome. 111p.
30. Barret J-P., 1992. Zootechnie générale. *Technique de Documentation*, Paris. 252p.
31. Barrier-Battut I., 2018. Les vertus de l'argile. *In*: l'encyclopédie pratique du cheval "Équi-paedia". *Institut Français du cheval et de l'équitation*. Disponible sur : www.equipaedia.fr
32. Barton M.D., 2000. Antibiotic use in animal feed and its impact on human healt. *Nutrition Research Reviews*, V. 13, N. 2. P.P 279-299.
33. 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*, V. 27, N. 4. P.P 317-328.
34. 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*, V. 84, N. 6. P.P1489-1496.
35. Begum T., Rahman B., Saha S., Mostofa M., Awal M.A., 2016. Studies of the comparative efficacy of alcoholic extracts of Bironja, Turmeric, and Veranda leaves with that of patent drug Nilzan agains trematodiasis in sheep. *Research in Agriculture Livestock and Fisheries*, V. 3. P.P 165-174.
36. Beldjilali A.S., 2015. Contribution à l'étude microbiologique et sanitaire du lait cru de brebis de la région Ouest de l'Algérie. Thèse doc. : Sciences biologiques. Université d'Oran 1. Algérie. 164p.
37. Benchaar C., Petit H.V., Berthiaume R., Ouellet D.R., Chiquette J., Chouinard P.Y., 2007. Effects of Essential Oils on Digestion, Ruminal Fermentation, Rumen Microbial Populations, Milk Production, and Milk Composition in Dairy Cows Fed Alfalfa Silage or Corn Silage1. *Journal of Dairy science*, V. 90, N. 2. P.P 886-897.
38. Bencini R., Pulina G., 1997. The quality of sheep milk: a review. *Australian journal of experimental agriculture, V. 37, N.* 4. P.P 485-504.
39. Benyounes A., Fakhet S., Lamrani F., 2013a. Comportement reproductif des brebis Ouled Djellal soumises à deux luttes naturelles par an. *Recherche Agronomique*, N. 26. P.P 7-14.
40. Benyounes A., Rezaiguia M., Lamrani F., 2013b. Effet de la saison d'agnelage sur la mortalité des agneaux chez les races ovines Ouled Djellal et Taâdmit élevées dans le nord est d'Algérie. *Revue Agriculture*, V.5. P.P 5-9.
41. Berthiaume R., Ivan M., Lafreniere C., 2007. Effects of sodium bentonite supplements on growth performance of feedlot steers fed direct-cut or wilted grass silage based diets. Canadian journal of animal science, V. 87. P.P 631-638. Disponible sur : https://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/CJAS07018

42. Bhatt N., Singh M., Ali A., 2009. Effect of feeding herbal preparations on milk yield and rumen parameters in lactating crossbred cows. *International Journal of Agriculture and Biology*, V. 11, N. 6. P.P 721-726.
43. 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*, V. 40, N. 5. P.P 651-659.
44. 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*, V. 219. P.P 313-323.
45. Blowey R.W., Weaver A.D., 2006. Guide pratique de médcine bovine. *MED'COM*, Paris. 223p.
46. Bocquier F. et Caja G., 1999. Effects of nutrition on ewe's milk quality. In : Proceedings of the 5th Great Lakes of Dairy Sheep Symposium, USA. P.P 1-15.
47. Bocquier F., Guillouet P., Barillet F., Chilliard Y., 1999. Comparison of three methods for the in vivo estimation of body composition in dairy ewes. *In : Annales de Zootechnie*, V. 48, N. 4. P.P 297-308.
48. Bonglaisin, I.N. Mbfoung C.M.F. and Lantum D.N. 2011. Intake of lead, cadmium and mercury in kaolin-eating: A quality Assessment. *J. Med. Sci.*, 11 : 267-273. Disponible sur : http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jms/2011/267-273.pdf
49. Bosi P., Creston D., Casini L., 2002. Production performance of dairy cows after the dietary addition of clinoptilolite. *Italian Journal of Animal Science*, V. 1. P.P 187-195. Disponible sur : https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4081/ijas.2002.187
50. Boudebza A., 2015. Etude de la relation entre les paramètres sanguins et les performances de reproduction chez la brebis. Thèse doc. : Sciences Vétérinaires. Université des frères Mentouri, Constantine. 185p.
51. Boudebza A., Abdeldjelil M.C., Arzour N., Benazzouz H., Bensegueni A., 2016. Relation entre note d'état corporel à différents stades physiologiques et performances productives et reproductives chez la brebis Ouled Djellal. *In* : *Options Méditerranéennes, série A*, N. 115. P.P 637- 642.
52. Boudechiche L., Araba A., Ouzrout R., 2009. Influence d'une complémentation alimentaire par des rebuts de dattes sur l'état corporel de brebis en fin de gestation et les performances de leurs agneaux. *16ème Rencontre Recherche Ruminants*, France. P.P 381-381.
53. Bourgoin M-A, Graza G., Philippe G., Souchet S., 2017. Étude des propriétés antimicrobiennes de l'extrait de l'ail (Allium sativum L.).
54. Boussena S., Bouaziz O., Zerrougui S., Derqaoui L., Tainturier D., 2013. Performances de croissance corporelle et testiculaire avant le sevrage chez les agneaux de race Ouled Djellal. *Revue de Médecine Vétérinaire*, V.164, N. 4. P.P 191-199.
55. Bovesse L., Raes M., Vandiest P., Claine F., 2014. Management de l'agneau en période néonatale : Identification des facteurs de risque. Filière ovine et caprine, N. 46. P.P 10-14.

56. Bowie E.A., 2014. Alternative treatments for Haemonchus Contortus in sheep : Testing of a natural dewormer and literature review of management methods. *Dickinson College Honors Theses*. 38p.
57. Brien F.D., Baxter R.W., Findlay J.K., Cumming I.A., 1976. Effect of lupin grain supplementation on ovulation rate and plasma follicle stimulating hormone (FSH) concentration in maiden and mature Merino ewes. *In : Proceeding Australian Society Animal Production*, V. 11. P.P 237-240.
58. Brugère-picoux J., 2004. Maladies des moutons. 2ème édition. *France Agricole*, Paris. 287p.
59. Burke J. M., Wells A., Casey P., Miller J.E., 2009. Garlic and papaya lack control over gastrointestinal nematodes in goats and lambs. *Veterinary Parasitology*, V. 159, N. 2. P.P 171-174.
60. Chahal U.S., Niranjan P.S., Kumar S., 2008. Hand book of general animal nutrition. 1ière édition. *IBDC publisher*, Inde. 287p.
61. Chardon H., Brugère H., 2014. Usages des antibiotiques en élevage et filières viandes. *Cahiers Sécurité Sanitaire Santé Animale du Centre d'Information des Viandes*. 34p.
62. 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*, V.117, N.2-3. P.P 215-224.
63. Chefchaou H., Mzabi A., Tanghort M., Moussa H., Chami N., Chami F., Remmal A., 2019. A comparative study of different mycotoxin adsorbents against DON, T2 Toxin, Aflatoxins and Fumonisins production in maize flour. *Livestock Research for Rural Development, V. 31*. Disponible sur : http://www.lrrd.org/lrrd31/3/hanan31035.html
64. Chekkal F. Bengueda Z., Meradi S., Berredjouh D., Boudib S., Lakhdari F., 2015. Guide de caractérisation phénotypique des races ovines de l'Algérie. *CRSTRA*. Biskra. 56p.
65. Chellig R., 1992. Les races ovines Algériennes. *Office des Publications Universitaires*, Alger. 80p.
66. Chemmam M., Moujahed N., Ouzrout R., Kayouli C., 2009. Variations des performances chez la brebis "Ouled Djellel" sur pâturage dans le Sud-est de l'Algérie: Effets de la saison et de la complémentation. *Livestock Research for Rural Development*, V. 21.
67. 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*, V. 34, N. 1. P.P 197-201.
68. Chouinard Y., 2000. Production et émission su méthane et du gaz carbonique par les ruminants. *In* : *65th Congrès de l'Ordre des agronomes du Québec*. 10p. Disponible sur : http://www.uoguelph.ca/~c-ciarn/documents/chouinard.pdf
69. 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*, V. 102, N. 2. P.P e591-e598.
70. CIIRPO, 2016. Effet de l'état corporel des brebis à la mise bas sur la croissance de leurs agneaux. Fiche technique. 2p. disponible sur :

http://bergersfromagers.org/public/Technique/Viande/Effetdeletatcorporelsurlacroissancedesagx.pdf

71. CIV, 2008. Résidues et contaminants chimiques des vaindes : les connaitres et les maitriser. *CVI*, France. 33p.
72. Claude J-B., 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. *Technique et Documentation*, France. 424p.
73. Claude J-B., 2002. Introduction à la nutrition des animaux domestiques. *Technique et Documentation*, France. 424p.
74. Clément V., Poivey J.P., Fougère O., Tillard E., Lancelot R., Gueye A., Richard D., Bibé B., 1997. Étude de la variabilité des caractères de reproduction chez les petits ruminants en milieu d'élevage traditionnel au Sénégal. Revue d'Elevage et de Médecine véterinaire des Pays Tropicaux, V. 50, N. 3. P.P 235-249.
75. Cloete J.G., 1972. Nutrition and reproduction in sheep. *Journal of South African Veterinary and Medical Association*, V. 43. P.P 147-153.
76. Cloutier L., Klopfenstein C., 2015. Additifs alimentaires ayant des effets sur la santé ou sur les performances de croissance chez le porc et la volaille. Fiche technique, *Qubec* : Centre de développement du porc du Québec inc. 37p.
77. Cobellis G., Acuti G., Forte C., Menghini L., De Vincenzi S., Orrù M., Valiani A., Pacetti D., Trabalza-Marinucci M., 2015. Use of Rosmarinus officinalis in sheep diet formulations: Effects on ruminal fermentation, microbial numbers and in situ degradability. *Small Ruminant Research*, V. 126. P.P 10-18.
78. Cobellis G., Petrozzi A., Forte C., Acuti G., Orrù M., Marcotullio M.C., Aquino A., Nicolini A., Mazza V., Trabalza-Marinucci M., 2015. Evaluation of the effects of mitigation on methane and ammonia production by using Origanum vulgare L. and Rosmarinus officinalis L. essential oils on in vitro rumen fermentation systems. *Sustainability*, V. 7, N.9. P.P 12856-12869.
79. Cowan M.M., 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, V. 12, N. 4. P.P 564-582.
80. Craplet C., Thibier M., 1980. Traite d'élevage moderne. Tome IV : Le mouton : Productions-reproduction-génétique-alimentation-maladies. 4ème édition. *Vigot*, Paris. 575p.
81. Dal Pozzo M., Viegas J., Kozloski G.V., Stefanello C.M., Da Silveira A.M., Bayer C., Santurio J.M., 2016. Impacto dos adsorventes de micotoxinas βeta-glucana ou montmorilonita sobre a fermentação ruminal de bovinos in vitro. *Acta Scientiae Veterinariae*, V. 44. P.P 1-6. Disponible sur : https://www.redalyc.org/pdf/2890/289043697011.pdf
82. De-L'écluse R.B., 1997. L'élevage moderne du mouton. *Flammarion*, Paris. 221p.
83. Dedieu B. (1991). Notations d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovin. *INRA*, Paris. 48p.
84. Dedieu B. (1991). Notations d'état corporel des brebis et diagnostic des systèmes d'élevage ovin. *INRA*, Paris. 48p.
85. Dedieu B., Cournut E., Gibon A., 1989. Notation d'état corporel et systèmes d'élevage ovin Diagnostic et conseil pour l'alimentation des troupeaux en Cévennes. *INRA Productions Animales*, V. 2, N. 2. P.P 79-88.

86. Deghnouche K., Tlidjane M., Meziane T., Touabti A., 2011. Influence du stade physiologique sur divers paramètres biochimiques sanguins chez la brebis Ouled Djellal des zones arides du Sud Est algérien. *Revue de Medecine Veterinaire*, V. 162, N. 1. P.P 3-7.
87. Dekhili M. (2010). Fertilité des élevages ovins type «Hodna» menés en extensif dans la région de Sétif. Disponibe sur : http://dspace.univsetif.dz:8888/jspui/bitstream/123456789/344/1/Dekhili-0.pdf
88. Dekhili M., 2003. Relation entre le poid à la naissance des agneaux (Ouled-Djellal) et le taux de sevrage à 90 jours. *10ème Rencontres Recherches Ruminants*, France. P.P 116-116.
89. Dekhili M., 2004. Etude de la productivité d'un troupeau de brebis de race Ouled Djellal. 11ème *Rencontres Recherches Ruminants*, France. P.P 234.
90. Dekhili M., Aggoun A., 2007. Performances reproductives de brebis de race Ouled-Djellal, dans deux milieux contrastés. *Archivos de Zootecnia*, V. 56, N. 216. P.P 963-966.
91. Delteil L., Brechet C., Fourment E., Lebrogne M-C., 2012. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 1. 3ème édition. *Educagri*, Dijon. 287p.
92. Delteil L., Brechet C., Fourment E., Lebrogne M-C., 2012. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 1. 3ème édition. *Educagri*, Dijon. 287p.
93. Demeyer D., Fievez V., 2000. Ruminants et environnement: la méthanogenèse. INRA, EDP Sciences. *Annales de zootechnie*, V.49. P.P 95-112. Disponible sur : https://animres.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2000/02/z0202.pdf?access=ok
94. Derivaux J., Ectors F., 1980. Physiopathologie de la gestation et obstétrique vétérinaire. *Le point vétérinaire*, Marseille. 273p.
95. Díaz-López, G., Salazar-Cuytun, R., García-Herrera, R., Piñeiro-Vázquez, A., Casanova-Lugo, F., & Chay-Canul, A. J. (2017). Relationship between body weight and body condition score with energy content in the carcass of Pelibuey ewes. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, V. 49, N. 2. P.P 77-81.
96. Dirand A., 2007. L'élevage du mouton. *Educagri*, Dijon. 241p. Disponible sur : https://vetcoaticook.ca/wpcontent/uploads/2018/01/CRAAQ_Repro_VC_VF.pdf
97. Disponible sur : http://openaccess.iyte.edu.tr/bitstream/handle/11147/4734/4734.pdf?sequence=1
98. Djaout, A., Afri-Bouzebda, F., Chekal, F., El-Bouyahiaoui, R., Rabhi, A., Boubekeur, A., Benidir M., Ameur Ameur A., Gaouar S.B.S., 2017. Etat de la biodiversité des «races» ovines algériennes. *Genetic and Biodiversity journal*, V. 1, N. 1, P.P 1-17.
99. 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*, V. 27, N.3. P.P 993-1000.
100. Dong G. Z., Wang X. J., Liu Z. B., Wang F., 2010. Effects of phytogenic products on in vitro rumen fermentation and methane emission in goats. *Journal of Animal and Feed Sciences*, V. 19. P.P 218–229.
101. 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. *INRA Productions Animales*, V. 24, N. 5. P.P 461-474.

102. 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. *INRA Productions Animales*, V. 24. P.P 461-474.
103. Downing J.A., 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*, V. 43. P.P 209-227.
104. Drogoul C., Gadoud R., Joseph M-M., Jussiau R., Lisberney M-J., Mangeol B., Montméas L., Tarrit A., Danvy J-L., Soyer B., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Tome 2. 2ème édition. *Educagri*, Dijon. 312p.
105. DSA, 2010. Direction des Services Agricoles d'Oum El Bouaghi.
106. Dudouet C., 2003. La production du mouton. 2ème édition. *France Agricole*, Paris. 287p.
107. Duval J., 1993. Utilisation de la bentonite et autres argiles en alimentation animale. Projet pour une agriculture écologique. Rapport technique, McGill University. Disponible sur : http://www.eap.mcgill.ca/agrobio/ab370-03.htm
108. Eady S.J., Pritchard D.A., Martin M.D.J., 1990. The effect of sodium bentonite or zeolite on wool growth of sheep fed either mulga (Acacia aneura) or lucerne (Medicago sativa). *In : Proceedings of the Australian Society of Animal Production*, V. 18. P.P 188-191. Disponible sur : http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1990/Eady90.PDF
109. El Fadili M., Lakhsassi K., 2016. Evaluation de l'état corporel des brebis de races locales marocaines, en utilisant les techniques ultrasons et note d'état corporel, durant un cycle de production. *23ème Rencontres Recherches Ruminants*, Paris. P.P 278-278.
110. EL-Ghousein S.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*, V.47, N. 1. P.P 37-49.
111. 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*, V.48, N.2. P.P 124-133.
112. 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*, V. 2, N. 4. P.P 348-355.
113. Erasmus L.J., Prinsloo J., 1989. The potential of a phyllosilicate (palabora vermiculite) as buffer in dairy cattle diets. *Journal of dairy science*, V. 72. P.P 964-971. Disponible sur : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030289791906/pdf
114. Erwanto E., Zakaria W.A., Prayuwidayati M., 2011. The use of ammoniated zeolite to improve rumen metabolism in ruminant. *Animal Production*, V. 13, N. 3.
115. Eryan Ibrhim I., 2015. Effects of dietary herb supplements for ewes On milk contents and some biochemical parameter. *Kufa Journal For Veterinary Medical Sciences*, V. 6, N. 2, P.P 170-176.
116. Estrada-Angulo A., Urías-Estrada J.D., Castro-Pérez B.I, Contreras-Pérez G., Angulo-Montoya C., Barreras A., López-Soto M.A., Olivas-Valdez J.A., Plascencia A., 2017. Impact of dietary inclusion of clinoptilolite as substitute of soybean meal on growth performance, dietary energetics and carcass traits of feedlot ewes fed a corn-based diet.

Austral Journal of Veterinary Sciences, V. 49. P.P 123-128. Disponible sur : https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0719 81322017000200123&script=sci_arttext

117. 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*, V. 32, N. 12. P.P 1z763-1768.
118. Fenn P.D., Leng R.A., 1989. Wool growth and sulfur amino acid entry rate in sheep fed roughage based diets supplemented with bentonite and sulfur amino acids. *Australian Journal of Agricultural Research*, V. 40. P.P 889-896.
119. Fenn P.D., Leng R.A., 1990. The effect of bentonite supplementation on ruminal protozoa density and wool growth in sheep either fed roughage based diets or grazing. *Australian Journal of Agricultural Research*, V. 41. P.P 167-174.
120. Ferguson B., 2012. Selection for growth, muscling and fatness alters the maternal performance and intermediary metabolism of merino ewes. Thèse doc. : Sciences Agronomiques. Murdoch University, Australie. 333p.
121. Ferrell R.E., 2008. Medicinal clay and spiritual healing. *Clays and Clay Minerals*, V. 56. P.P 751-760. Disponible sur : http://montanabentonitecom.ipage.com/media/143f7dd7a13b11a2ffff8075ffffe41e.pdf
122. Filya İ., Karabulut A., Ak İ., Akgündüz V., 1999. Entansif kuzu besisinde zeolit kullanılmasının kuzuların besi performansı ile bazı kan ve rumen sıvısı metabolitleri üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim*, V. 40. P.P 39-48.
123. Fisher L.J., MacKay V.G., 1983. The investigation of sodium bicarbonate or bentonite as supplements in silages fed to lactating cows. *Canadian Journal of Animal Science*, V. 63. P.P 939-947.
124. Forouzani R., Rowghani E., Zamiri M.J., 2004. The effect of zeolite on digestibility and feedlot performance of Mehraban male lambs given a diet containing urea-treated maize silage. *Animal Science*, V. 78. P.P 179-184.
125. Fraysse J-L., Guitard J-P., 1992. Produire des viandes. Volume 2 : Produire de la viande ovine. *Technique de Documentation*, Paris. 361p.
126. Gaias, G. (2013). Body condition score and body composition of Sarda dairy ewes. Thèse doc. : Sciences agronomiques. Université de Degli. 148p.
127. 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*, V.48, N. 4. P.P 365-369.
128. Gallois M., Oswald I.P., 2009. Les additifs immunomodulateurs dans l'alimentation du porcelet sont-ils une alternative aux antimicrobiens facteurs de croissance?. *Journée de Recherche Porcine*, V. 41. P.P 79-88.
129. Garzón Prado J.P., Barrera Mosquera V.H., Galarza Lucero D.A., Soria Parra M.E., Rodríguez Saldaña D.F., López Crespo G.E., Marini P.R., 2017. Efecto de la zeolita sobre retorno de la actividad ovárica, involución y salud uterina en vacas lecheras postparto criadas en pastoreo. *Livestock Research for Rural Development, V. 29*. Disponible sur : http://www.lrrd.org/lrrd29/3/garz29045.html
130. GEMRCN, 2009. Lait et produits laitiers. 47p. Disponible sur :http://www.minefe.gouv.fr/directions_services/daj/guide/gpem/table.htm

131. Ghaemnia L., Bojarpour M., Mirzadeh K.H., Chaji M., Eslami M., 2010. Effects of Different Levels of Zeolite on Digestibility. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, V. 9. P.P 779-781.
132. 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*, V. 210. P.P 276-280.
133. 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*, V. 42, N. 5. P.P 961-968.
134. 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*, V. 94, N. 11. P.P 5569-5577.
135. Giguère S., Prescott J.F., Dowling P.M., 2013. Antimicrobial therapy in veterinary medicine. 5ème édition. *John Wiley and Sons*, USA. 704p. Disponible sur : https://www.google.dz/search?tbm=bks&hl=fr&q=Antimicrobial+Therapy+in+Veterinary+Medicine%2C+5th+Edition
136. Goodarzi M., Nanekarani S., 2012. The Effects of Calcic and Potassic Clinoptilolite on Ruminal Parameters in Lori Breed Sheep. *APCBEE Procedia*, V. 4. P.P 140-145.
137. Gourmelen C., Royer E., Rugraff Y., 2002. Facteurs de croissance et produits alternatifs en alimentation porcine. *Institut du Porc*, France. 97p.
138. Grashorn M.A., 2010. Use of phytobiotics in broiler nutrition–an alternative to infeed antibiotics. *Journal of Animal and Feed Sciences*, V. 19, N. 3. P.P 338-347.
139. Grim R.E., 1953. Clay mineralogy. *Mcgraw-Hill Book Company*, Inc; New York; Toronto; London. 384p.
140. 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*, V. 6, N.2. P.P 395-400.
141. Hafez, Y. H., Khalifa, E. I., El-Shafie, M. H., Khalek, T. M. M. A., Ahmed, M. E., & Shehata, E. I. (2011). Effect of energy flushing pre-mating and during mating season on production and reproduction performance of Zaraibi goats. *Egyptian Journal of Sheep and Goat Sciences*, V. 6, N. 1. P.P 7-14.
142. Hamadache A., 2016. Eléménets de phytotechnie : Ressources fourragères. *Office National des Publications Universitaires*, Algérie. 395p.
143. Harkat S., Lafri M., 2007. Effet des traitements hormonaux sur les paramètres de reproduction chez des brebis «ouled-djellal». *Courrier du savoir*, V. 8. P.P 125-132.
144. Hashemi S.R., Davoodi H., 2010. Phytogenics as new class of feed additive in poultry industry. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, V. 9, N. 17. P.P 2295-2304.
145. Hashemi S.R., Davoodi H., 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, V. 35, N.3. P.P 169-180.

146. Herlin A.H., Andersson I., 1996. Soil ingestion in farm animals. Lund, Sweden : Department of Agricultural Biosystems and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences.
147. Horn G.W., Gordon J.L., Prigge E.C., Owens F.N., 1979. Dietary buffers and ruminal and blood parameters of subclinical lactic acidosis in steers. Journal of animal science, 48 : 683-691.
148. Huntington G.B., Emerick R.J., Embry L.B., 1977. Sodium bentonite or sodium bicarbonate as aids in feeding high-concentrate diets to lambs. *Journal of Animal Science*, V. 45. P.P 804-811.
149. Ibrahim A.K.M., 2012. Effect of clay mineral on utilization of some mineral elements in ruminant feeding. Thèse doc.: Sciences Agronomiques. Egypte : Université de Zagazig. 215p.
150. Idris AO., Kijora C., El-Hag F.M., Salih A.M., 2010. Effect of dietary supplementation on reproductive performance of Sudanese Desert sheep. *Livestock Research for Rural Development*, V. 22.
151. 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*, V. 20, N. 2. P.P 61-74.
152. Ilić Z., Pešev S., Milenković M., Milošević B., 2007. Impact on the zeolite usage in diary cows nutrition to their health characteristics. *Biotechnology in Animal Husbandry*, V. 23. P.P 25-33.
153. Ilić Z., Pešev S., Simeonova V., Miloševič B., Spasić Z., 2005. The influence of zeolite type Tufozel on productive characteristics of dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, V. 21, N. 5-6-2. P.P 25-30.
154. 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*, V. 27, N. 3. P.P 1001-1007.
155. Ipek H., Avci M., Aydilek N., Yerturk M., 2012. The effect of zeolite on oxidant/antioxidant status in healthy dairy cows. *Acta Veterinaria Brno*, V. 81. P.P 43-47. Disponible sur : https://actavet.vfu.cz/media/pdf/avb_2012081010043.pdf
156. Ivan M., Dayrell M.D., Mahadevan S., Hidiroglou M., 1992. Effects of bentonite on wool growth and nitrogen metabolism in fauna-free and faunated sheep. *Journal of Animal Science*, V. 70. P.P 3194-3202.
157. Ivkovic S., Deutsch U., Silberbach A., Walraph E., Mannel M., 2004. Dietary supplementation with the tribomechanically activated zeolite clinoptilolite in immunodeficiency : effects on the immune system. *Advances in Therapy*, V. 21. P.P 135-147.
158. Jacques K.A., Axe D.E., Harris T.R., Harmon D.L., Bolsen K.K., Johnson D.E., 1986. Effect of sodium bicarbonate and sodium bentonite on digestion, solid and liquid flow, and ruminal fermentation characteristics of forage sorghum silage-based diets fed to steers. *Journal of Animal Science*, V. 63. P.P 923-932. Disponible sur : https://pdfs.semanticscholar.org/8800/e26508cf60060c5c7178ac7451ddbd8ca353.pdf

159. 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*, V. 6, N. 12. P.P 35-42.
160. Jarrige R., 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins. *INRA*, Paris. 471p.
161. Jaynes W.F., Zartman R.E., 2011. Influence of soluble feed proteins and clay additive charge density on aflatoxin binding in ingested feeds. *InTech : In* : *Aflatoxins-Biochemistry and Molecular Biology*. Disponible sur : http://cdn.intechweb.org/pdfs/20403.pdf
162. Jiang Y.H., Wang P., Yang H.J., Chen Y., 2014. The efficacy of bamboo charcoal in comparison with smectite to reduce the detrimental effect of aflatoxin B1 on in vitro rumen fermentation of a hay-rich feed mixture. *Toxins*, V. 6. P.P 2008-2023.
163. Johnson M.A., Sweeney T.F., Muller L.D., 1988. Effects of feeding synthetic zeolite A and sodium bicarbonate on milk production nutrient digestion, and rate of digesta passage in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, V. 71. P.P 946-953.
164. Jouany J.P., Thivend P., 2008. La production de méthane d'origine digestive chez les ruminants et son impact sur le réchauffement climatique. *Management and Avenir*, N. 6. P.P 259-274.
165. Kamra D. N., Agarwal N., Chaudhary L. C., 2006. Inhibition of ruminal methanogenesis by tropical plants containing secondary compounds. *Elsevier*, *In* : *International Congress Series*, V. 1293. P.P 156-163.
166. Karatzia M.A., Katsoulos P.D., Karatzias H., 2013. Diet supplementation with clinoptilolite improves energy status, reproductive efficiency and increases milk yield in dairy heifers. *Animal* P*roduction Science*, V. 53. P.P 234-239.
167. Kardaya D., Sudrajat D., Dihansih E., 2012. Efficacy of dietary urea-impregnated zeolite in improving rumen fermentation characteristics of local lamb. *Media Peternakan*, V. 35. P.P 207. Disponible sur : https://journal.ipb.ac.id/index.php/mediapeternakan/article/viewFile/6411/4927
168. Katsoulos P.D., Karatzia M.A., Boscos C., Wolf P., Karatzias H., 2016. In-field evaluation of clinoptilolite feeding efficacy on the reduction of milk aflatoxin M1 concentration in dairy cattle. *Journal of Animal Science and Technology*, V. 58. N. 1. 24p. Disponible sur : https://janimscitechnol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40781-016-0106-4
169. Katsoulos P.D., Karatzia M.A., Polizopoulou Z., Florou-Paneri P., Karatzias H., 2015. Effects of prolonged consumption of water with elevated nitrate levels on certain metabolic parameters of dairy cattle and use of clinoptilolite for their amelioration. *Environmental Science and Pollution Research*, V. 22. P.P 9119-9126.
170. Katsoulos P.D., Panousis N., Roubies N., Christaki E., Arsenos G., Karatzias H., 2006. Effects of long-term feeding of a diet supplemented with clinoptilolite to dairy cows on the incidence of ketosis, milk yield and liver function. *Veterinary Record*, V. 159. P.P 415-418. From
171. Katsoulos P.D., Roubies N., Panousis N., Arsenos G., Christaki E., Karatzias H., 2005. Effects of long-term dietary supplementation with clinoptilolite on incidence of parturient

paresis and serum concentrations of total calcium, phosphate, magnesium, potassium, and sodium in dairy cows. *American Journal of Veterinary Research*, V. 66. P.P 2081-2085.

172. Kazemi M., Tahmasbi A.M., Valizadeh R., Naserian A.A., 2012. Toxic influence of diazinon as an organophosphate pesticide on parameters of dry matter degradability according to in situ technique. The *International Journal of Basic and Applied Sciences*, V. 12, N. 6. P.P 229-233.
173. Khachlouf K., Hamed H., Gdoura R., Gargouri A., 2019. Effects of dietary Zeolite supplementation on milk yield and composition and blood minerals status in lactating dairy cows. *Journal of Applied Animal Research*, V. 47. P.P 54-62. Disponible sur : https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09712119.2018.1563548
174. Khalifeh M.J., Mohammadabadi T., Chaji M., Kianossh S., 2012a. Effect of different levels of sodium bentonite on ciliate protozoa population in Arabi sheep. *In : Dalam Proceeding of the 15th AAAP Animal Science Congress. P.P* 26-30.
175. Khalifeh M.J., Mohammadabadi T., Chaji M., Salari S., Khalil M., 2012b. The effect of different levels of sodium bentonite on in vitro fermentation and digestibility of soybean meal. *In : Proceedings of the 15th AAAP Animal Science Congress.* Thammasat University, Rangsit Campus, Thailand.
176. Kholif A.E., Gouda G.A., Morsy T.A., Salem A.Z.M., Lopez S., Kholif A.M., 2015. *Moringa Olifera* leaf meal as a protein source in lactating goat's diets : Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile. *Small Ruminant Research*, V. 129. P.P 129-137.
177. 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 phytogenic feed additives to improve efficient feed utilization, manipulate rumen fermentation and elevate milk production of Damascus goats. *Livestock Science*, V. 204. P.P39-46.
178. 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*, V. 17, N. 3. P.P 605-625.
179. 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*, V. 2, N. 9. P.P 1-8.
180. 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*, V. 166. P.P 356-363.
181. Koknaroglu H., Toker M.T., Bozkurt Y., 2006. Effect of zeolite and initial weight on feedlot performance of Brown Swiss cattle. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, V. 1. P.P 49-54. Dispnible sur : http://www.docsdrive.com/pdfs/academicjournals/ajava/2006/49-54.pdf
182. 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*, V. 127, N.1. P.P 38-44.
183. Kongmun P., Wanapat M., Pakdee P., Navanukraw C., Yu Z., 2011. Manipulation of rumen fermentation and ecology of swamp buffalo by coconut oil and garlic powder supplementation. *Livestock Science*, V. 135, N.1.P.P 84-92.

184. 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*, V. 15, N.12. P.P 442-450.
185. Krishnamani R., Mahaney W.C., 2000. Geophagy among primates: adaptive significance and ecological consequences. *Animal Behaviour*, 5V. 9. P.P 899-915.
186. Kuchtík J., Sustova K., Urban T., Zapletal D., 2008. Effect of the stage of lactation on milk composition, its properties and the quality of rennet curdling in East Friesian ewes. *Czech Journal of Animal Science*, V. 53, N. 2. P.P55-63.
187. Kumar A., Gupta H.P., Prasad S., 2013. Studies on the immunomodulatory and therapeutic efficacy of neem (Azadirachta indica) on endometritis in repeat breeding crossbred cows. *Indian Journal Animal Reproduction*, V. 34, N. 2. P.P 1-5.
188. Laibi A., Senou M., Sagbo E., Dahouda M., Ahyi V., Tchangbedji G., 2015. The Use of Clay as a Methane Emission Mitigating Feed Additive in Djallonké Rams. *Journal of Environmental Protection*, V. 6. P.P 1176-1185. Disponible sur : https://file.scirp.org/pdf/JEP_2015102811473374.pdf
189. Lamrani F. Chahdane F., Bekkar Z., Laadjouzi Z., Zoudji D., Benbouabdellah N., Bennani Z., Abeud M., Kassoul A., 2007. Standard de la race ovine Ouled-Djellal. *IANOR*, 2ème d. 02. 7p.
190. Lamrani F., Benyounes A., Sulon J., Melo de Sousa N., Hornick J.L., Beckers J.F., Tahar A., 2012. Etude de la cyclicité en relation avec le poids vif et l'état corporel chez les agnelles Ouled Djellal nées en automne dans la région Est de l'Algérie. *Annales de Médecine Vétérinaire*, V. 156. P.P 81-86.
191. Laurino C., Palmieri B., 2015. Zeolite:"the magic stone"; main nutritional, environmental, experimental and clinical fields of application. *Nutricion Hospitalaria*, V. 32, N. 2. P.P 573-581.
192. Le Scouranec J., Benzoni G., Guitard J.P., Marzin D., Guyonvarch A., 2014. Effect of vegetal extracts on coccidiosis in fattening lambs fed with concentrate. *In : Options Méditerranéennes. Série A*, N. 108. P.P 81-84.
193. Lemerle C., Stockdale C.R., Trigg T.E., 1984. Effect of sodium bentonite on the productivity of lactating dairy cows fed good quality pasture supplemented with a high energy concentrate. *In* : *Proceedings of the Australian Society ofilnirnal Production*, 15 : 424-7. Disponible sur : http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/1984/Lemerle84.PDF
194. Ling K., Jaakson H., Samarütel J., Leesmäe A., 2003. Metabolic status and body condition score of Estonian Holstein cows and their relation to some fertility parameters. *Veterinarija ir Zootechnika*, V. 24, N.46. P.P 94-100
195. Mahaney W.C., Krishnamani R., 2003. Understanding geophagy in animals: standard procedures for sampling soils. *Journal of Chemical Ecology*, V. 29. P.P1503-1523. Disponible sur : http://www.academia.edu/download/35814000/jour_chem_ecol_2003.pdf
196. Malachová K., Praus P., Rybková Z., Kozák O., 2011. Antibacterial and antifungal activities of silver, copper and zinc montmorillonites. *Applied Clay Science*, V. 53. P.P 642-645.

197. Mapham P.H., Vorster J.H., 2013. Mycotoxicosis in domestic ruminants. *In : 35th Mycotoxin Workshop*, Belgium. 12p. Disponible sur : https://pdfs.semanticscholar.org/70ba/41b27a213b155e3a4da51a9aac660f6c9de2.pdf
198. Marino R., Atzori A. S., D'Andrea M., Iovane G., Trabalza-Marinucci M., Rinaldi L., 2016. Climate change: Production performance, health issues, greenhouse gas emissions and mitigation strategies in sheep and goat farming. *Small Ruminant Research*, V.135. P.P 50-59.
199. Martin-Kleiner I., Flegar-Meštrić Z., Zadro R., Breljak D., Janda S.S., Stojković R., Marusic M., Radacic M., Boranić M., 2001. The effect of the zeolite clinoptilolite on serum chemistry and hematopoiesis in mice. *Food and Chemical Toxicology*, V. 39. P.P 717-727.
200. Masamha B., Gadzirayi C.T., Mukutirwa T., 2010. Efficacy of Allium sativum (Garlic) in controlling nematode parasites in sheep. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medecine*, V. 8, N. 3. P.P 161-169.
201. 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*, V. 226. P.P 88-97.
202. McCollum F.T., Galyean M.L., 1983. Effects of clinoptilolite on rumen fermentation, digestion and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. *Journal of Animal Science*, V. 56. P.P 517-524.
203. McDonald P., Edwards R.A., Greenhalgh J.F.D., Morgan C.A., Sinclair L.A., Wilkinson R.G., 2002. Animal nutrition. 7ème édition. *Pearson Education*. 692p.
204. 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*, V. 62, N. 4. P.P 199-211.
205. Mebirouk-Boudechiche L., Buhedja N., Boudechiche L., Meroud K., 2015. Essai d'une complémentation alimentaire au flushing et au steaming de brebis Ouled Djellal par la caroube. *Archivos de Zootechnia*, V. 64, N. 248. P.P 449-455.
206. 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*, V.49, N. 5. P.P 662-670.
207. 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*, V. 108, N. 4. P.P 1041-1046.
208. Meisinger J.J., Lefcourt A.M., Van Kessel J.A.S., Wilkerson V., 2001. Managing ammonia emissions from dairy cows by amending slurry with alum or zeolite or by diet modification. *The Scientific World Journal*, V. 1. P.P 860-865.
209. Meredef A., Madani T., 2015. Dynamique des réserves corporelles de la brebis Ouled Djellal en zone semi-aride. *Livestock Research for Rural Development*, V. 27

210. Meziani S., 2011. Etude comparée des performances de reproduction d'antenaises de race "Ouled-Djellal" alimentées à base de foin de luzerne ou de paille traitée à l'urée. Mém. Mag. : sciences agronomiques. ENSA, El-Harrach. 160p.
211. Micic N., Grubic G., Petrovic M.M., Pantelic V., Cekic B., Marinkovic M., Lazarevic M., 2017. Bentonite in nutrition of dairy cattle. *In : 11th Interational syposium of Modern Trends in Livestock Production*. 450-456.
212. Migliorati L., Abeni F., Cattaneo M.P., Tornielli C., Pirlo G., 2007. Effects of adsorbents in dairy cow diet on milk quality and cheese-making properties. *Italian Journal of Animal Science*, V. 6. P.P 460-462.
213. 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 Agricultural and Engineering Veterinary Science*, V. 30, N. 2. P.P 242-250.
214. 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*, V. 113, N. 1. P.P 66-72.
215. Mirzaei-Aghsaghali A., Syadati S.A., Fathi H.F., Rasouli S., Sadaghian M., Tarahomi M., 2012. Garlic in Ruminants Feeding. *Asian Journal of Biological Sciences*, V.5. P.P 328-340.
216. Mohammady M.I, Hammam A.H., 2012. Impact of body condition score on the reproductive performance of Baraki sheep under semi intensive production system. *Egyprian journal of animal production*, V. 49, N. 3. P.P 285-291.
217. Mohri M., Seifi H.A., Maleki M., 2008. Effects of short-term supplementation of clinoptilolite in colostrum and milk on the concentration of some serum minerals in neonatal dairy calves. *Biological trace element research*, V. 123. P.P116-123.
218. Mohsen M.K., Tawfik E.S., 2002. Growth Performance, rumen fermentation and blood constituents of goats fed diets supplemented with bentonite. Faculty of Agriculture, Kafr El-Sheikh, Tanta University, Egypt.
219. Molina A., Gallego L., Plaza M., Gómez C., 1992. The evolution of body condition score of Manchega breed ewes according to lambing season and birth type, and its effect on lamb growth. *In : Options Méditerranéennes : Série A*, N. 1 3. P.P 77-84.
220. 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. *In* : *Options Méditerranéennes, série A*, N. 13. P.P 97-102.
221. Molina-Alcaide E., Romero-Huelva M., Ramos E., Martinez G, Abecia L., Yanez-Ruiz D.R., 2013. Strategies to manipulate rumen fermentation for better utilizing feedstuffs in goats. *In* : *Options méditerranéennes : Série A*, N. 107. P.P 47-62.
222. Morgan J.E., Fogarty N.M., Nielsen S., Gilmour A.R., 2005. The relationship of early lamb growth with ewe age and milk production. *In : Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics*, V. 16. P.P 326-329.
223. 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*, V.85, N. 2. P.P 142-151.

224. Mostrom M., Evans T.J., 2011. Phytoestrogens. *In : Reproductive and Developmental Toxicology*. P.P. 707-722.
225. Mredef A., 2017. Dynamique des réserves corporelles de la brebis Ouled Djellal et son effet sur ses performances. Thèse doc. : Sciences agronomiques. Université HL, Batna 1. 155p.
226. Mullaert M.G.G, 2010. In vitro efficacy of absorbents to trap intrinsically generated lipopolysaccharides in rumen fluid of dairy cows. 21p.
227. Mumpton F.A., 1985. Using zeolites in agriculture. *In : Innovative Biological Technologies for Lesser Developed Countries*, OTA-13P-F-29.
228. Murray P.J., Rowe J.B., Aitchison E.M., 1990. The effect of bentonite on wool growth, liveweight change and rumen fermentation in sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, V. 30. P.P 39-42.
229. Naqvi S.M.K., Sejian V., Karim S.A., 2012. Effect of feed flushing during summer season on growth, reproductive performance and blood metabolites in Malpura ewes under semiarid tropical environment. *Tropical Animal Health and Production*, V. 45, N. 1. P.P 143-148.
230. Natalija F., Biljana R., 2007. The effect of mineral adsorbent in calf diet colostrum on the levels of serum immunoglobulin G, protein and glucose. *Acta Veterinaria*, V. 57. P.P 196-180.
231. Nedelkov K., Todorov N., Vasilev N., 2012. The possibility for oestrus synchronisation by salt-free-salt diet in some sheep breeds reared in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, V. 18, N. 6. P.P 942-952.
232. 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*, V., 114, N. 1-4. P.P 105-112.
233. 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*, V.5, N.5. P.P 445-452.
234. Niderkorn V., Boudra H., Morgavi D.P., 2007. Les fusariotoxines: comment limiter leur présence dans les ensilages et leur impact chez les ruminants?. *Fourrages*, V. 189. P.P 111-123.
235. Norouzian M.A., Valizadeh R., Khadem A.A., Afzalzadeh A., Nabipour A., 2010. The effects of feeding clinoptilolite on hematology, performance, and health of newborn lambs. *Biological Trace Element Research*, V. 137. P.P 168-176.
236. 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 Science*, V. 24, N. 24. P.P 435-444.
237. Nudda A., Battacone G., Boaventura-Neto O., Cannas A., Francesconi A.H.D, Atzori A. S., Pulina G., 2014. Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *Revista Brasileira de Zootecnia*, V. 43, N. 8. P.P 445-456. Disponible sur : https://www.scielo.br/pdf/rbz/v43n8/1516-3598-rbz-43-08-00445.pdf

238. Nurdin E., Arief A., 2009. The effectiveness of cumin as natural antioxidant to improve rumen ecology of mastitis dairy cow's. *Animal Production*, V. 11, N. 3. P.P 160-164.
239. 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*, V. 11, N. 3. P.P 103-120.
240. 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*, V. 3. P.P 116-123.
241. 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*, V. 100, N. 7 P.P 5974-5983.
242. 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*, V. 53, N. 2. P.P 147-154.
243. Oka A., Iwamoto E., Katsuda K., 2015. Effects of clay on fat necrosis and carcass characteristics in J apanese B lack steers. *Animal Science Journal*, V. 86. P.P 878-883.
244. Okali-Usur J., 2019. Effects of thyme and garlic on growth and biochemical traits in goats. *Livestock Research for Rural Development*. V. 31.
245. Oldham C.M., Thompson A.N., Ferguson M.B., Gordon D.J., Kearney G.A., Paganoni B.L., 2011. The birthweight and survival of Merino lambs can be predicted from the profile of liveweight change of their mothers during pregnancy. *Animal Production Science*, V. 51, N. 9. P.P 776-783.
246. Oliveira L.M.B., Bevilaqua C.M.L., Costa C.T.C., Macedo I.T.F., Barros R.S., Rodrigues A. C.M., Camurc¸a-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*, V. 159, N.1. P.P 55-59.
247. Omontese B.O., Adewuyi A.B., Rekwot P.I., Nwannenna A.I., Rwuaan 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*, V. 70, N. 1. P.P 9-12.
248. Ortiz J., Montaño M., Plascencia A., Salinas J., Torrentera N., Zinn R.A., 2016. Influence of Kaolinite Clay Supplementation on Growth Performance and Digestive Function in Finishing Calf-fed Holstein Steers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, V. 29. P-P 1569.
249. Ouachem D., Dehimi A., Meredef A., Belhadj S., 2008. L'argile: un produit naturel chez la chèvre allaitante Clay as a natural product in the suckling goat. *15ème Rencontres Recherches Ruminants*, Paris, France.
250. Ouachem D., Nouicer F., 2006. L'argile, source biologique améliorant le métabolisme du rumen Clay as a biological source to improve the metabolism of the rumen. *13ème Rencontres Recherches Ruminants*, Paris, France.
251. Ouachem D., Soltane M., 2009. L'argile: Une alternative biologique dans l'alimentation des ruminants. *Filière Ovine et Caprine*, N. 29.
252. Ouachem D., Soltane M., Abbas K., 2005. L'argile améliore la croissance des ovins. *Journal of Animal Science*, V. 50. P.P 272-277.

253. Ouachem D., Soltane M., Dehimi A., Meredef A., Belhadj S., 2012. La marne en tant qu'additif naturel dans l'alimentation de la chèvre. *Livestock Research for Rural Development. V. 24.* Disponible sur *:* http://www.lrrd.org/lrrd24/9/ouc24163.htm
254. Oujagir L., Menassol J.B., Cogine J., Fabre-Nys C., Freret S., Piezel A., Scaramuzzi R.J., 2011. Effets de l'état corporel et de la complémentation alimentaire sur la réponse des brebis Ile-de-France à l'effet du bélier en contre saison. *11ème Rencontre Recherche Ruminants*, France. P.P 107-107.
255. Panda S.S., Dhal N.K., 2014. Plants used in ethno-veterinary medicine by native people of Nawarangpur district, Odisha, India. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, V. 3, N. 7. P.P 787-798.
256. 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*, V.59, N.14, 9p.
257. Parmigiani E., Bigliardi E., Di-Ianni F., Bresciani C., 2013. Aflatoxin B1, M1 : Role of mycotoxin sequestring agents on reproductive effeciecy and milk production in dairy cows. *In : 11th congress of the Italian Society of Animal Reproduction*.
258. 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*. V. 5, N. 3. P.P. 365-369.
259. Patra A.K., 2011. Effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. *Asian Journal of Animal Veterinary Advences*, V. 6. P.P 416-428.
260. 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*, V. 6. 15p.
261. Pavelic K., Katic M., Sverko V., Marotti T., Bosnjak B., Balog T., Stojkovic R., Radacic M., Colic M., Poljak-Blazi M., 2002 ; Immunostimulatory effect of natural clinoptilolite as a possible mechanism of its antimetastatic ability. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology*, V. 128. P.P 37-44.
262. Pešev S., Ilić Z., Milošević B., Spasić Z., Ristanović B., 2011. Zeolite as a factor in the improvement of some reproductive traits of dairy cows. *Biotechnology in Animal Husbandry*, V. 27. P.P 1009-1016.
263. Pešev S., Ilić Z., Simeonova V., Milošević B., Spasić Z., 2005. The influence of the zeolite type" Tufozel" on dairy cows reproductive characteristics. *Biotechnology in Animal Husbandry*, V. 21. P.P19-24.
264. Peterson S.L., 2012. Ruminant mineral feed additive. *US Patent and Trademark Office*. N. 8257764 B2. 10p.
265. Pirmohammadi R., Anassori E., Zakeri Z., Tahmouzi M., 2014. Effects of garlic supplementation on energy status of pre-partum Mahabadi goats. *In : Veterinary Research Forum : an international quarterly journal*. V. 5, N. 3. P.P 207-212.
266. Poncet J. (2002). Etude des facteurs de risque de l'infertilité dans les élevages bovins laitiers de l'Ile de la Réunion: influence de l'alimentation sur la reproduction. Thèse doc. : Sciences Agronomiques. Université de Toulouse. 145p.

267. Popova M., Morgavi D.P., Doreau M., Martin C., 2011. Production de méthane et interactions microbiennes dans le rumen. *INRA Productions Animales*, V. 24, N.5. P.P 447-460.
268. 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.
269. Pour H.A., Naserian A.A., Vakili A.R., Tahmasbi A.M., 2017. Effect of Essential Plant Oil Used as an Additive to Alter Silage Fermentation in Ruminant by In Vitro. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 14.
270. Purroy A., Sebastián Y., Baucells M., 1988. Relations entre la note de l'état corporel et certains parametres estimateurs de l'état corporel des brebis adultes de race Rasa Aragonesa et F1 (Rasa Aragonesa×Romanov) (Relationships between body condition score and certain body condition estimators in adult Rasa Aragonesa and F1 (Rasa Aragonesa×Romanov) ewes)). *In : Les Carcasses d'Agneaux et des Chevraux Méditerranéennes*. P.P. 145-157.
271. 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. Birsa Agricultural University, Inde. 136p.
272. Reed S.A., Raja J.S., Hoffman M.L., Zinn S.A., Govoni K.E., 2014. Poor maternal nutrition inhibits muscle development in ovine offspring. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, V. 5, N. 1. P.P 43.
273. 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. *In : Options Méditerranéennes, Series A*, V. 74, N. 74. P.P 375-383.
274. Reyaud J.L. *et al.*, 2014. Réduire les pertes d'azote dans l'élevage : Expertise scientifique collective. *Quae*, Versailles. 167p.
275. Reza-Yazdi K., Fallah M., Khodaparast M., Kateb F., 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, *In* : *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, V. 8, N. 12. P.P 1394-1397.
276. Robinson J.J., Rooke J.A., McEvoy T.G., 2002. Nutrition for conception and pregnancy. *Sheep nutrition*. P.P 189-211.
277. Rochfort, Simone, Anthony J.P., Frank R.D., 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*, V. 69, N. 2. P.P 299-322.
278. 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*, V. 101, N. 3. P.P 2005-2015.
279. Russel A.J.F., 1984. Body condition scoring of sheep. *In practice*, V. 6. P.P 91-93
280. Sadeghi A.A., Shawrang P., 2006. The effect of natural zeolite on nutrient digestibility, carcass traits and performance of Holstein steers given a diet containing urea. *Animal Science*, V. 82. P.P163-167.

281. Sadeghi A.A., Shawrang P., 2008. Effects of natural zeolite clinoptilolite on passive immunity and diarrhea in newborn Holstein calves. *Livestock Science*, V. 113. P.P 307-310.
282. Safaei M., Boldaji F., Dastar B., Hassani S., Taran M., 2014. Economic analysis using silicate minerals in broiler chickens diets. *Animal Biology and Animal Husbandry*, V. 6. P.P 216-223.
283. Safsaf B., 2014. Effet de la sous-aimentation sur certains paramètres des reprodcution des brebis de race Ouled Djellal. Thèse doc. : Sciences Vétérinaires. Université Hadj-Lakhdar, Batna. 248p.
284. 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*, V. 48, N. 2. P.P 253-260.
285. Sahraei M., Pirmohammadi R., Payvastegan S., 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*, N.2. P.P 448-454.
286. Sajadian M., Danesh-Mesgaran M., Vakili S.A., 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*, V.7, N. 2. P.P 211-220
287. Sanders P., 2005. L'antibiorésistance en médecine vétérinaire: enjeux de santé publique et de santé animale. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*.
288. 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 $PGF_{2\alpha}$ on Hormonal Changes and Recovery in Endometritis Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, V. 19, N. 7. P.P 964-969.
289. Sauvant D., 1992. La production de méthane dans la biosphère: le rôle des animaux d'élevage. *Courrier de la cellule Environnement INRA*, V. 18, N. 18. P.P 65-70.
290. Seifzadeh S., Mirzaei Aghjehgheshlagh 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*, V. 16, N. 1. P.P 44-51.
291. Serbester U., Çınar 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*, V. 22, N. 3. P.P 556-563.
292. Sezenler T., Ceyhan A., Yüksel M.A., Önaldı A.T., Yıldırır M., 2016. Effect of parity and type of lambing on performance and udder traits of Bandirma ewes. *The Indian Journal of Animal Sciences*, V. 86, N. 5. P.P 575-577.
293. Shaukat A. *et al.*, 2020. Effects of Nutrient Flushing on Production and Reproductive Performance of Teddy Goats (Capra hircus). *Pakistan Journal of Zoology*, V. 52, N. 2. P.P 457-463.
294. 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*, V. 116, N. 1. P.P 91-97.

295. Shokrollahi B., Hesami S.M., Baneh H., 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*, V. 117, N. 2. P.P 225-232.
296. Simon O., Vahjen W., Scharek L., 2005. Micro-organisms as feed additives-probiotics. *Advances in Pork Production*, V. 16. P.P 161-167.
297. 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 Engineering*, V. 1, N.1. P.P 52-58.
298. Slamova R., Trckova M., Vondruskova H., Zraly Z., Pavlik I., 2011. Clay minerals in animal nutrition. *Applied Clay Science*, V. 51. P.P 395-398.
299. Smaali S., Chemmam M., 2017. Potentiel de production laitière de brebis primipares Ouled Djellal en système extensif amélioré (reproduction, suralimentation). *Livestock Research for Rural Development*, V. 29.
300. Smeti S., Atti N., Mahouachi M., 2013. Effects of rosmary extracts incorporation on Barbarine lamb's growth and carcass characteristics. *In : Options Méditerranéenne, Série A, N. 103. P.P. 219-222.*
301. 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*, V.17, N. 3. P.P 352-362.
302. 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 Journal of Animal Science*, V. 3. P.P 1-12.
303. Spotti M., Fracchiolla M.L., Arioli F., Caloni F., Pompa G., 2005. Aflatoxin B 1 binding to sorbents in bovine ruminal fluid. *Veterinary Research Communications*, V. 29. P.P 507-515.
304. Staykova G., Penchev P., Stancheva N., 2013. Interrelationship between body condition score at different physiological statuses and some economic traits in the Caucasian sheep breed. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, V. 19, N. 5. P.P 1105-1111.
305. Stojković J., Adamović M., Lemić J., Jašović B., 2005. The effect of natural zeolite on fattening lambs production results. *Biotechnology in Animal Husbandry*, V. 21. P.P 49-52.
306. Stojković J., Ilić Z., Ćirić S., Ristanović B., Petrović M.P., Caro-Petrović V., Kurčubić V., 2012. Efficiency of zeolite basis preparation in fattening lambs diet. *Biotechnology in Animal Husbandry*, V. 28. P.P 545-552.
307. Stojšić D., Stojković M., Daković A.S., Adamović M., Tomašević-Čanović M.R., 2004. Efficacy of organozeolite to ameliorate the toxic effects of zearalenone in lambs. *Acta veterinaria*, V. 54. P.P 53-62.

308. 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*. V. 20.
309. Sulzberger S., 2016. Effects of clay supplementation on rumen environment, metabolism, inflammation, and performance in dairy cows. Mém. Master : Sciences Agronomiques. Université d'Illinois, USA. Disponible sur : https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/95393/SULZBERGER-THESIS-2016.pdf?sequence=1
310. Tabbaa M.J., 1999. Effect of breed and sex on performance of lambs fed two levels of clay minerals in the fattening rations. *Dirasat, Agricultural Sciences*, V. 26.
311. Taherti M., Kaidi R., 2017. Variations de l'état corporel et système d'élevage ovin dans la région de chlef, Algérie. *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*, V. 69, N. 3. P.P 105-109
312. Tajkarimi M.M., Ibrahim S.A., Cliver D.O., 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, V. 21, N. 9. P.P 1199-1218.
313. Tate K., Yuan B.G., Theng B., Churchman G.J., Singh J., Berben P., 2015. Can geophagy mitigate enteric methane emissions from cattle?. *Journal of preliminary researche*, V. 2. P.P 1-8.
314. Teferedegne B., 2000. New perspectives on the use of tropical plants to improve ruminant nutrition. *In* : *Proceedings of the Nutrition Society*, V. 59, N. 2. P.P 209-214.
315. Teuber M., 2001. Veterinary use and antibiotic resistance. *Current Opinion in Microbiology*, V. 4, N.5. P.P 493-499.
316. Teyssier J., Lapeyronie P., Vincent M., Molenat G., 1995. Etat corporel pendant la gestation chez la brebis Mérinos d'Arles en système transhumant. Relations avec le poids à la naissance des agneaux et les performances d'allaitement. *In* : *Options Méditerranéennes, série A*, N. 27. P.P 43-51.
317. Thao N.T., Bằng N.P., 2015. Manipulating rumen fermentation for mitigation of methane emissions from ruminants. *Journal of Science* : Part *C, Agricultural Sciences, Fisheries and Biotechnology*. V.3, N.3. P.P 60-69.
318. Theriez, M., Molenat, G., Brelurut, A., Dacheux, P., Mansart, J. M., & Maquère, M., 1975. Conduite intensive des troupeaux ovins. Effets du tarissement dès la mise bas sur la fécondité de brebis inséminées tous les 6 mois. Disponible sur : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00887511/document
319. Thilsing-Hansen T., Jørgensen R.J., Enemark J.M.D., Larsen T., 2002. The effect of zeolite A supplementation in the dry period on periparturient calcium, phosphorus, and magnesium homeostasis. *Journal of Dairy Science*, V. 85. P.P1855-1862. Disponibe sur : https://www.redalyc.org/pdf/939/93924484012.pdf
320. Thorup, V. M., Edwards, D., & Friggens, N. C. (2012). On-farm estimation of energy balance in dairy cows using only frequent body weight measurements and body condition score. *Journal of dairy science*, V. 95, N. 4. 1784-1793.
321. Tissier M., Thériez M., Molénat G., Dumont-St-Priest M., Torecillas A., 1975. Évolution des quantités d'aliment ingérées par les brebis à la fin de la gestation et au début de la lactation, Incidences sur leurs performances. I : étude de deux rations a base de foin de qualité différente. *In* : *Annales de Zootechnie*, V. 24, N. 4. P.P 711-727.

322. Todorov N., Nedelkov K., 2015. The Influence of Body Condition Score on Response of Ewes to the "Ram Effect". *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, V. 21, N. 2. P.P 399-403.
323. Top A., Ülkü S., 2004. Silver, zinc, and copper exchange in a Na-clinoptilolite and resulting effect on antibacterial activity. *Applied Clay Science*, V. 27. P.P 13-19.
324. Toprak N.N., Yılmaz A., Öztürk E., Yigit O., Cedden F., 2016. Effect of micronized zeolite addition to lamb concentrate feeds on growth performance and some blood chemistry and metabolites. *South African Journal of Animal Science*, V. 46, N. 3. P.P 313-320. Disponible sur : https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/viewFile/145404/134933
325. Torres-Hernandez G., Hohenboken W., 1980. Relationships between ewe milk production and composition and preweaning lamb weight gain. *Journal of Animal Science*, V. *50, N.* 4. P.P 597-603.
326. Trckova M., Matlova L., Dvorska L., 2004. Kaolin, bentonite, and zeolites as feed supplements for animals: health advantages and risks. A review. *Veterinarni Medicina-UZPI.*
327. Uddin F., 2008. Clays, nanoclays, and montmorillonite minerals. *Metallurgical and Materials Transactions A*, V. 39. P.P 2804-2814.
328. Ultee A., Kets E.P.W., Smid E.J., 1999. Mechanisms of action of carvacrol on the food-borne pathogen Bacillus cereus. *Applied and Environmental Microbiology*, V. 65, N. 10.P.P 4606-4610.
329. Ural D.A., Ural K., 2017. Effects of short term clinoptilolite supplementation on weight gain in Holstein calves. *Revista MVZ Córdoba*, V. 22. P.P5631-5637.
330. Uyarlar C., Akkaya A.B., Gültepe E.E., 2018. Effects of yeast (Saccharomyces cerevisiae) and clinoptilolite administration on milk yield and some metabolic parameters in early lactation dairy cows. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, V. 89. P.P 3-10. Disponible sur : https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/490048
331. Vandiest P., 2010. La diarrhée infectieuse chez l'agneau. *Filière ovine et caprine*, N. 34. 3p.
332. Viñoles C., Forsberg M., Martin G.B., Cajarville C., Repetto J., Meikle A., 2005. Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicle development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction*, V. 129, N. 3. P.P 299-309.
333. Wallace R.J., Newbold C.J., 1991. Effects of bentonite on fermentation in the rumen simulation technique (Rusitec) and on rumen ciliate protozoa. *The Journal of Agricultural Science*, V. 116. P.P 163-168. Disponible sur : https://pure.aber.ac.uk/portal/files/4447609/bentonite.pdf
334. Wallace, R. J., 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. *Proceedings of the Nutrition Society*, V.63, N. 4. P.P 621-629.
335. Walz L.S., White T.W., Fernandez J.M., Gentry L.R., Blouin D.C., Froetschel M.A., Brown F., Lupton C.J., Chapa A.M., 1998. Effects of fish meal and sodium bentonite on daily gain, wool growth, carcass characteristics, and ruminal and blood characteristics of lambs fed concentrate diets. *Journal of Animal Science*, V. 76. P.P 2025-2031.

336. 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 Wisconsion, Madison. Disponibles sur : https://federated.kb.wisc.edu/images/group226/52750/1-7/de_05.fr.pdf
337. William J.B., 2000. Use of body condition score in clinical assessment of the provision of optimal nutrition. *Journal of Multivariate Analysis*, V. 217, N. 5. P.P 650-654.
338. Williams L.B., Hillier S., 2014. Kaolins and health: from first grade to first aid. *Elements*, V. 10. P.P 207-211.
339. Wilson M.J., 2003. Clay mineralogical and related characteristics of geophagic materials. *Journal of Chemical Ecology*, V. 29. P.P1525-1547.
340. Wittiaux M.A., 1995. Reproduction et nutrition. *Essentiels Laitiers*. Disponible sur : https://federated.kb.wisc.edu/images/group226/52750/8-18/de_11.fr.pdf
341. 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*, V 2013. 15p.
342. Wolter R., 1997. Alimentation de la vache laitière. 3ème édition. *France Agricole*, Paris. 263p.
343. Wu Q.J., Wang Y.Q., Zhou Y.M., Wang T., 2015. Dietary clinoptilolite influences antioxidant capability and oxidative status of broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, V. 24. P.P 99-104. Disponible sur : https://academic.oup.com/japr/article/24/2/99/774761
344. 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*, V. 88, N. 2. P.P 680-688.
345. Yenikoye A., 1984. Variations annuelles du comportement d'oestrus, du taux et des possibilités d'ovulations chez la brebis Peulh du Niger. Reproduction nutrition développement, V. 24, N.1. P.P 11-19.
346. 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*, V. 20, N. 3. P.P 399-404.
347. 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*, V. 16, N. 4. P.P 335-340.
348. Zarcula S., Tulcan C., Samanc H., Kirovski D., Cernescu H., Mircu C., 2010. Clinical Observations In Calves Fed Colostrum Supplemented With Clinoptilolite. *Lucrari Stiinlifice Medicina Veterinara*, V. 43. P.P 64-65.
349. 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*, V. 36, N. 4. P.P 1147-1161.
350. Zhong R.Z., Zhou D.W., 2013. Oxidative stress and role of natural plant derived antioxidants in animal reproduction. *Journal of Integrative Agriculture*, V. 12. P.P 1826-1838.

Annexe 1

Dynamique du poids[1] et de la NEC[1] des brebis autour de la lutte et au péripartum sous l'effet des additifs.

Période	Paramètres	Tém.	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5	*p*-valeur
Au repos	**Poids (kg)**	54,75 ± 13,72	49,0 ± 6,55	57,00 ± 9,67	59,83 ± 12,77	61,25 ± 11,18	68,20 ± 8,79	0.2890
	NEC	2,63 ± 0,63	2,17 ± 0,76	2,60 ±0,55	2,5 ± 0,5	2,63 ± 0,25	3,00 ± 0,35	0.4220
À la lutte	**Poids (kg)**	59,5 ± 14,73	49,5 ± 6,61	58,60 ± 5,94	59,83 ± 11,51	58,75 ± 10,28	71,9 ± 5,15	0.0773
	NEC	2,63 ± 0,63	2,33 ± 0,29	2,7 ± 0,27	2,83 ± 1,04	2,75 ± 0,5	3,70 ± 0,45	0.0740
1er mois de gestation	**Poids (kg)**	62,13 ± 12,98	52,67 ± 8,08	61,40 ± 5,64	65,5 ± 10,26	58,13 ± 8,00	73,0 ± 9,60	0.0962
	NEC	2,63 ± 0,95	2,67 ± 0,58	2,8 ± 0,27	2,67 ± 0,76	2,75 ± 0,289	3,30 ± 0,67	0.5730
5ème mois de gestation	**Poids (kg)**	72,0 ± 11,74	64,33 ± 9,71	73,5 ± 6,35	76,33 ± 7,29	77,25 ± 11,70	83,10 ± 8,88	0.1918
	NEC	2,5 ± 0,71	2,33 ± 0,29	2,9 ± 0,42	3,17 ± 0,29	2,75 ± 0,29	3,4 ± 0,22	0.0370

À l'agnelage	Poids (kg)	59,88 ± 8,82	54,5 ± 2,18	61,1 ± 5,65	65,17 ± 3,06	61,25 ± 7,77	69,66 ± 10,98	0.2620
	NEC	2,25 ± 0,5	2,5 ± 0,00	2,8 ± 0,57	3,00 ± 0,50	2,63 ± 0,48	3,10 ± 0,55	0.2130
1er mois d'allaite-ment	**Poids (kg)**	54,5 ± 11,74	49,5 ± 3,77	56,3 ± 4,96	62,00 ± 8,89	56,50 ± 8,27	63,60 ± 12,33	0.3674
	NEC	1,63 ± 0,25	2,00 ± 0,00	2,3 ± 0,76	2,50 ± 0,87	1,88 ± 0,25	2,50 ± 0,71	0.1810

[1]***Moyenne ± écart type.***

Résumé : Par la présente étude, nous tenterons d'apporter notre contribution dans la recherche des alternatives aux antibiotiques en testant une nouvelle gamme de substances naturelles, biologiques et saines pouvant améliorer les performances digestives des ruminants et leur productivité.

À cet égard, nous avons alloté 36 brebis adultes de la race Ouled-Djellal, cliniquement saines, pesant en moyenne 60 (±11,23)kg avec une NEC moyenne de 2,67 (±0,48) réparties équitablement dans 6 lots expérimentaux afin de visualiser l'effet de l'incorporation de l'argile naturelle, de la poudre de l'ail et de cumin séparément ou combinés sur leur état corporel ainsi que leurs performances productives et reproductives. Les brebis de chaque lot reçoivent la même quantité d'une ration de base constituée du foin de luzerne ou d'avoine pouvant théoriquement couvrir leur besoins nutritionnels quotidiens en fonction de stade physiologique avec la distribution limitée de la paille comme aliment de leste. Elles reçoivent également une complémentation énergétique à raison de 500g/tête/jour autour de la lutte (flushing) et autour de l'agnelage (steaming) dans le lot témoin et additionné avec : 5% d'argile (lot1), 2% de la poudre de l'ail (lot 2), 2% de la poudre du cumin (lot3), 5% d'argile + 2% d'ail (lot 4), 5% d'argile + 2% de cumin (lot5). L'analyse statistique a été effectuée avec le logiciel STATISTICA V.6. Il a été observé que ces additifs n'ont apporté aucun changement dans l'allure du poids et de la NEC des brebis durant les deux périodes expérimentales (flushing et steaming), il parait également que ces derniers sont loin d'avoir un effet direct sur les performances de reproduction. Il a été décelé que les brebis recevant l'argile et l'ail produisaient plus du lait ($p<0,05$) durant les deux premiers mois d'allaitement +29%, 37+% par rapport au témoin respectivement, bien que les brebis des autres lots produisaient relativement la même quantité du lait comparativement avec celles du témoin. La qualité du lait a également été indépendante vis-à-vis des additifs dans tous les lots expérimentaux. Les agneaux maternés issus des brebis recevant l'argile ont été trouvées plus lourds ($p<0,05$) à 4 semaines d'âge (+42%) et à 70jrs d'âge (+28%) sachant qu'ils avaient une vitesse de croissance plus rapide (+75%, $p<0,05$) comparativement à ceux du témoin. On peut conclure que l'argile et l'ail ont un pouvoir promoteur de croissance potentiel, hormis, il n'est visible que sur peu de paramètres dans cette étude vraisemblablement dû à la faible dose employée. De ce fait, il est préférable de procéder notre expérimentation avec d'autres études *in-vitro* en testant des doses croissantes de ces additifs afin de trouver la dose optimale permettant une bonne dynamique de l'écosystème ruminal suivies par d'autres *in-vivo* pour visualiser leurs effets sur le métabolisme de l'animal et permettant d'extérioriser la meilleure réponse possible.

Mots clés : Additifs, argile, brebis, phytobiotiques, productivité, reproduction.

Abstract : By this study, we aim to try to make our contribution in the search for antibiotics alternatives by testing a new range of natural, biological and healthy substances that can improve the digestive performance of ruminants and their productivity.

In this regard, we have allotted 36 adult ewes clinically healthy of the Ouled-Djellal breed, weighing on average 60 (±11.23)kg with an average BCS (body condition score) of 2.67 (±0.48) evenly distributed in 6 experimental lots in order to visualize the effect of the incorporation of natural clay, garlic and cumin powder separately or combined on their body condition as well as their productive and reproductive performance. The ewes of each boxe receive the same amount of a basic ration consisting of alfalfa or oat hay which can theoretically cover their daily nutritional needs according to the physiological stage with a limited distribution of straw as a ballast feed. They also receive an energy supplement at the rate of 500g/head/day around joining period (flushing) and around lambing (steaming) in the control boxe and added with: 5% clay (lot 1), 2% of garlic powder (lot 2), 2% of cumin powder (lot 3), 5% clay + 2% garlic (lot 4), 5% clay+ 2% cumin (lot 5). Statistical analysis was performed with STATISTICA V.6 software. It was observed that these additives did not

bring any change in ewes weight or BCS curve during the two experimental periods (flushing and steaming), it also appears that they are far from having a direct effect on reproductive performance. The ewes given clay and garlic were found highly milk-producing ($p<0.05$) during the first two months of lactation +29%, +37% compared to the control ones respectively, although the ewes from the other lots produced relatively the same amount of milk compared to the control ones. Moreover, milk quality was also independent with respect to the additives in all experimental boxes. Lambs maternized from ewes receiving clay were found to be heavier ($p<0.05$) at 4 weeks of age (+42%) and at 70days of age (+28%) knowing that they had a faster growth rate (+75%, $p<0.05$) compared to the control ones. It can be concluded that clay and garlic have potential growth-promoting effect, except, it is only visible on a few parameters in this study, probably due to the low dose employed. Therefore, it is preferable to proceed our experiment with other in-vitro studies by testing increasing doses of these additives in order to find the optimal dose allowing a good dynamics of the ruminal ecosystem followed by others in-vivo to visualize their effects on the metabolism of the animal and to externalize the best possible response.

Keywords : Additives, clay, ewes, phytobiotics, productivity, reproduction.

الملخص : من خلال هذه الدراسة ، سنحاول المساهمة في البحث عن بدائل للمضادات الحيوية من خلال اختبار مجموعة جديدة من المواد الطبيعية، البيولوجية والصحية التي يمكن أن تحسن الأداء الهضمي للحيوانات المجترة وإنتاجيتها.

في هذا الصدد، خصصنا 36 نعجة بالغة من سلالة أولاد جلال، بصحة جيدة سريريًا، تزن في المتوسط 60 (±11.23)كغ بمتوسط علامة الحالة الجسمانية 2.67 (± 0.48) موزعة بالتساوي على 6 أقسام إختبارية لمعرفة تأثير دمج الطين الطبيعي ومسحوق الثوم والكمون بشكل منفصل أو مختلطة على حالة أجسامهم بالإضافة إلى أدائهم الإنتاجي والإنجابي. تتلقى النعاج في كل قسم نفس الكمية من الحصة الغذائية الأساسية المكونة من علف البرسيم أو الشوفان التي يمكن أن تغطي نظريًا احتياجاتها الغذائية اليومية اعتمادًا على مرحلتها الفيزيولوجية مع التوزيع المحدود للقش. تحصل هذه الأخيرة أيضًا على مكمل للطاقة بمعدل 500غ/رأس/يوم في مرحلة التحضير للتكاثر(flushing) و مرحلة الولادة (steaming) بالنسبة للشاهد أو مخلوط مع : 5٪ طين (قسم 1)، 2٪ من مسحوق الثوم (قسم 2) ، 2٪ من مسحوق الكمون (قسم 3)، 5٪ طين + 2٪ ثوم (قسم 4) ، 5٪ طين + 2٪ كمون (قسم 5). تم إجراء التحليل الإحصائي باستخدام برنامج STATISTICA V.6 وقد لوحظ أن هذه المواد المضافة لم تحدث أي تغيير في منحنى تطور الوزن و العلامة الجسمانية للنعاج خلال فترتي التجربة ، كما يبدو أن المضافات بعيدة كل البعد عن التأثير المباشر على الأداء الإنجابي للنعاج. وجد أيضا أن النعاج المعطاة طينا (قسم 1) وثوما (قسم 2) تنتج كمية أكبر من الحليب ($P<0.05$) خلال الشهرين الأولين من الرضاعة 29+٪، 37+٪ مقارنة بالشاهد على التوالي. ننوه أيضا أن نعاج الأقسام الأخرى أنتجت نسبيا نفس كمية الحليب مقارنةً بالشاهد. جودة الحليب كانت هي الأخرى مستقلة عن تأثير المضافات في جميع الأقسام التجريبية. تم ملاحظة أن الحملان التي تولد من النعاج التي تتلقى الطين تكون أثقل ($P<0.05$) في الأسبوع الرابع من العمر (+42٪) وفي عمر 70 يومًا (+28٪) مع العلم أنها تنمو أسرع (+75٪ ، $p<0.05$) مقارنة بالشاهد. يمكن أن نستنتج أن الصلصال والثوم لهما قوة محفزة للنمو، إلا أنه لوحظ فقط في بعض المعايير في هذه الدراسة، ربما بسبب الجرعة المنخفضة المستخدمة. لذلك، من الأفضل المضي قدمًا في تجربتنا وتدعيمها بدراسات أخرى في المختبر عن طريق اختبار جرعات متزايدة من هذه المواد المضافة من أجل العثور على الجرعة المثلى التي تسمح بديناميكيات جيدة للنظام الميكروبيولوجي للمجترات متبوعة بأخرى على حيوانات حية لمعرفة آثارها على الفعالية الغذائية للحيوان وإخراج أفضل استجابة ممكنة.

كلمات مفتاحية : إنتاجية، تكاثر، طين، مضادات نباتية، مضافات، نعاج.