

## Effect of carvacrol on bacterial growth *in vitro*, on zootechnical performances and carcass yield of the young rabbits in growth during hot seasons

## Effets du Carvacrol sur la croissance des bactéries *in vitro*, les paramètres zootechniques et le rendement de carcasse des lapereaux à l'engraissement pendant la période estivale

R. BEN RHOUMA <sup>1</sup>, A. JOUINI <sup>2</sup>, A. MAAROUFI <sup>2</sup>, A. BOUBAKER <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Animal Production: National Agronomy Institute- Tunis, 43 Avenue Charles Nicolle, Tunis 1082

<sup>2</sup> Pasteur Institute of Tunis, 13, place Pasteur, B.P. 74. Tunis 1002, Belvédère.

\*Corresponding author : benrhouma18@gmail.com

**Abstract** –The aim of this work is to study the effect of different doses of Carvacrol on zootechnical performance and the quality of rabbit carcass during the summer period. For this experiment, 120 rabbits (35-d-old) were divided into four homogeneous groups and were used: T: control with no carvacrol and the other three with carvacrol C1, C2 and C3 which received respectively 100, 200 and 300 g / T of the carvacrol. After determination of the antibacterial activity *in vitro*, carvacrol showed the best diameters of inhibition against the *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* strains with values ( $22.5 \pm 2.7$ ,  $23 \pm 1.14$ ,  $26.5 \pm 3.53$ , 30 and 45 mm) respectively. The incorporation of carvacrol in the diet had non-significant effect ( $p > 0.05$ ) on the average daily gain, feed conversion rate, mortality and carcass yields during the summer period.

**Keywords** : carvacrol, growth performance, rabbits

**Résumé** – L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet de différentes doses du Carvacrol sur les performances zootechniques et la qualité de carcasse du lapin pendant la période estivale. Pour cette expérience on a utilisé 120 lapereaux de 35 jours d'âge, répartis en 4 lots (5 répétitions par lots) : un lot T : témoin et trois autres lots expérimentaux C1, C2 et C3 ayant reçus respectivement 100, 200 et 300 g/T du carvacrol. Après la détermination de l'activité antibactérienne *in vitro*, le carvacrol a présenté les meilleurs diamètres d'inhibition vis-à-vis les souches *E. coli*, *Salmonella*, *Listeria*, *Bacillus*, *Staphylococcus* avec des valeurs ( $\pm$ ) respectivement. L'incorporation du carvacrol dans l'alimentation n'a pas d'effet significatif ( $p > 0.05$ ) sur l'IC, le GMQ, la mortalité et les rendements de la carcasse pendant la période estivale.

**Mots clés** : Carvacrol, performances zootechniques, lapin

### 1. Introduction

Chez le lapin, des troubles digestifs sont fréquemment observés dans les élevages rationnels après le sevrage. Ces troubles sont responsables de mortalité et de la baisse des performances conduisant à des pertes économiques entre 4 et 10 semaines d'âges (Kimsé et al., 2013). De plus l'union Européenne (UE) a interdit depuis le 1er janvier 2006, l'utilisation des antibiotiques en tant que facteurs de croissance (AFC) dans l'alimentation animale à cause de l'augmentation de l'antibiorésistance. Par conséquent, l'ensemble des filières animales est à la recherche d'alternatives aux antibiotiques, afin de maintenir la santé et les performances des animaux. Parmi ces alternatives, les extraits de plantes telle que les huiles essentielles et plus précisément leurs matières actives ont des effets antibactériens et

antioxydants. L'activité antibactérienne des huiles essentielles a été confirmée in vitro et surtout contre les bactéries pathogènes (El Bouzidi et al., 2012, Iraj et al., 2006).

Cette activité est due à la présence des principaux actifs (Carvacrol, le Thymol, le cinnamaldehyde et l'Eugénol). Plusieurs auteurs (Kamimua et al., 2014, Wang et al., 2011, Arfa et al., 2006) ont montré le pouvoir antibactérien de ces principaux actifs contre *Escherichia coli*, *Clostridium*.

Les objectifs de cette étude étaient de vérifier l'efficacité, in vitro, du carvacrol sur des bactéries pathogènes ; et l'évaluation in vivo des différentes doses du carvacrol, pendant la période estivale, sur les performances zootechniques et les rendements de la carcasse.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1. Etude in vitro

Pour évaluer l'activité antibactérienne du carvacrol, nous avons utilisé trois souches bactériennes Gram- appartenant à deux familles bactériennes *Enterobacteriaceae* et *pseudomonadaceae*, deux souches bactériennes Gram+ appartenant à deux familles *staphylococcaceae* et *Bacillaceae* (tableau 1). Ces souches bactériennes de référence sont fournies par l'Institut Pasteur.

**Tableau 1.** Les souches de référence (IPT)

Souches	Référence	Famille	Gram
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25922	<i>Enterobacteriaceae</i>	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC 25923	<i>staphylococcaceae</i>	+
<i>Salmonella typhimurium</i>	ATCC 14028	<i>Enterobacteriaceae</i>	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 27853	<i>Pseudomonadaceae</i>	-
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 11778	<i>Bacillaceae</i>	+

La sensibilité aux antibiotiques des souches est déterminée par le test d'antibiogramme selon les recommandations du comité de l'antibiogramme de la société Française de Microbiologie.

La technique utilisée est une modification de la méthode de Fauchère et Avril (2002). 0.1 ml de culture bactérienne est ensemencé sur une gélose spéciale de trypticase agar. Les boîtes de pétri sont ensuite laissées au repos pendant 30 minutes à température ambiante pour fixer la nappe bactérienne. Des disques pré-imprégnés de carvacrol ou d'antibiotique sont déposés sur la surface de gélose. La solution se diffuse donc en créant un gradient de concentration. La détermination du diamètre de la zone d'inhibition permet d'estimer l'effet inhibiteur de ces extraits. Les points d'arrêt pour les isolats sensibles, intermédiaires et résistants ont été définis comme  $\geq 19$  mm (sensible), 18-11mm (résistant intermédiaire) et  $>10$ mm ou pas de zone d'inhibition (résistant).

### 2.2. Etude in vivo

L'essai a été mis en place dans 20 cages (5 répétition par lot). Chacune contient 6 lapereaux sevrés à l'âge de 35 jours de souche Californien. Quatre traitements portant chacun sur 5 cages ont été appliqués : Témoin (T : non traité aliment de base), lot C1 (aliment de base+100g/T carvacrol), lot C2 (aliment de base+200g/T carvacrol) et un lot C3 (aliment de base +300g/T carvacrol). Tous les animaux ont reçu le même aliment de base dépourvu d'antibiotiques. La supplémentation du carvacrol dans l'alimentation a été incluse de 35-77 jours. Le tableau 2 illustre la composition chimique de l'aliment de base.

Les lapins ont été pesés individuellement chaque semaine. Les quantités d'aliment ingérées par groupe de 6 lapins ont été enregistrées quotidiennement. Les animaux morts au cours de l'expérience sont enregistrés et pesés. Les indices de consommation ont été déterminés à la fin de l'essai.

**Tableau 2.** Composition chimique de l'aliment de base

<b>Valeur nutritif (%)</b>	
Humidité	14
Cellulose Brute	16
Protéine	17
Energie métabolisable (kcal/kg)	2600
Cendre	9
Matière grasse	3
Méthionine	0.3
Cystéine	0.35
Thréonine	0.68
Tryptophane	0.25
<b>Les minéraux (mg/kg)</b>	
Manganèse	9
Fer	25
Cuivre	60
Zinc	15
Cobalt	0.2
Iode	0.2
<b>Vitamine (Kg)</b>	
Vit A	11000 UI
Vit D	2000 UI
Vit H	30 mg
<b>Les additifs</b>	
Robindine	66

### 2.3. L'index THI

Pendant le déroulement de l'expérience, on a étudié l'effet du stress thermique sur les performances zootechniques (GMQ, IC, mortalité). On a calculé l'index THI (TemperatureHumidity Index) comme indicateur de l'intensité du stress thermiques selon la formule proposée par Marai et al., (2002).

$$THI = T - [(0.31 - 0.31 * RH) * (T - 14.4)]$$

T : la température maximale journalière en °C

RH : l'humidité relative minimale quotidienne/100

L'intensité du stress thermique sur les lapins a été évaluée à partir de l'index THI (Marai et al., 2002)

THI est <27.8°C : pas de stress thermique.

27.8°C < THI < 28.9°C : stress thermique faible.

28.9°C < THI < 30°C : stress thermique sévère.

THI > 30°C : stress thermique très sévère.

### 2.4. Rendement de la carcasse

Les animaux sont pesés juste avant l'abattage afin d'avoir le poids vif. Après dépouille, on a pesé la carcasse, le coecum et l'appareil digestif. Le lendemain de l'abattage, la découpe et les pesées ont été réalisées selon les recommandations de Blasco et Ouhayoun, 1993. Ainsi, le poids de la carcasse dépourvue des manchons, le tractus digestif et génital en gardant la tête, le foie, les reins, les organes présents dans la cage thoracique (poumons, œsophage, trachée, thymus et cœur) et les dépôts de gras

externes intacts a été mesuré après 24h de ressuyage. Les gras interscapulaire et périrénal ont été pesés séparément. Le poids de l'avant (la tête étant ôtée, et l'avant est obtenu par section entre la dernière vertèbre thoracique et la 1ère vertèbre lombaire), du râble (section entre la dernière vertèbre thoracique et la 1ère vertèbre lombaire et par section entre la 6ème et la 7ème vertèbre lombaire) et de la cuisse a été également mesuré.

## 2.5. Analyse statistique

Toutes les données ont été traitées grace au système SAS version 9.1. procédure GLM pour l'analyse de la variance. Nous avons utilisé le modèle suivant :

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

( $Y_{ij}$  : observation,  $\mu$  : moyenne générale,  $T_i$  : effet du i<sup>ème</sup> traitement,  $e_{ij}$  : erreur résiduelle). Les estimées des moindres carrés des moyennes ont été comparées en utilisant de test de SNK.

## 3. Résultats et Discussion

### 3.1. Etude in vitro

Les diamètres de l'inhibition du carvacrol et de gentamycine sont présentés dans le tableau 3. Le carvacrol a entraîné la meilleure activité antibactérienne contre les souches Gram positif *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus* en montrant les plus grands diamètres d'inhibition par rapport à la gentamycine (30mm -45mm). En outre le carvacrol pourrait inhiber la croissance des souches de Gram négatif *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* et *Pseudomonas aeruginosa* avec des valeurs de 23mm±1.14, 22.5 mm±2.7 et 26.5 mm±3.53.

**Tableau 3.** Effets antibactériens du Carvacrol

Souches	Carvacrol	Gentamicine
<i>Escherichia coli</i>	23±1.14	19±0
<i>Staphylococcus aureus</i>	26.5±3.53	14±0
<i>Salmonella typhimurium</i>	30±0	18±1.41
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22.5±2.7	8±0
<i>Bacillus cereus</i>	45±0	20.5±2.12

Ces résultats confirment ceux de Bouzouita et al.(2002) et Knowles et al., 2005.

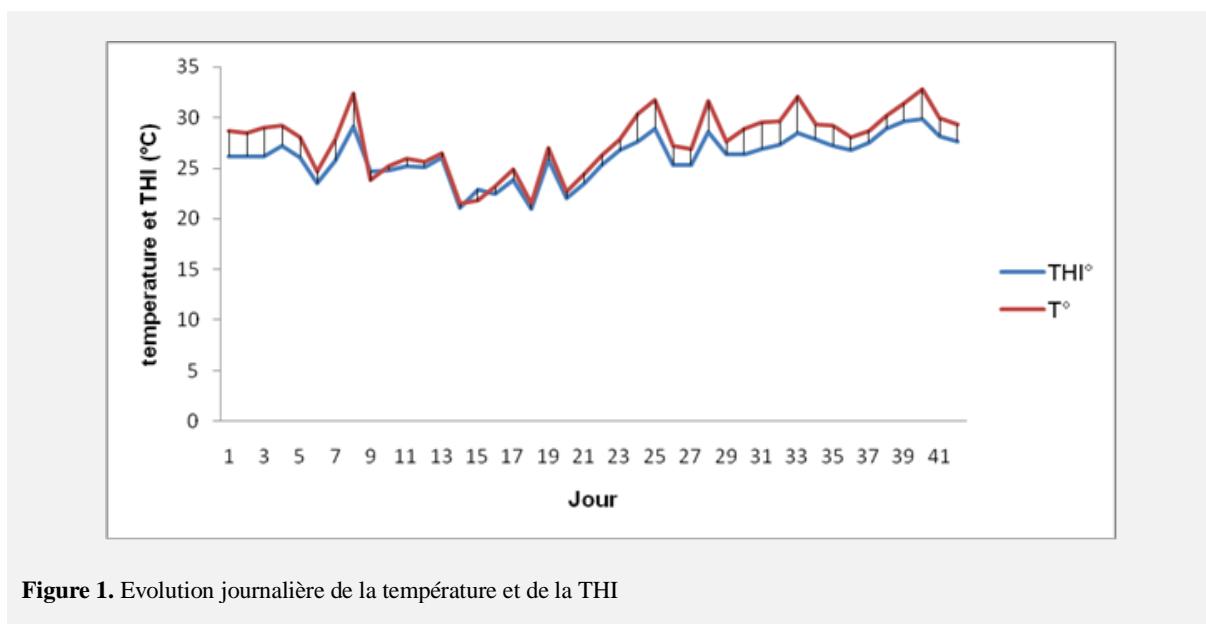
Le carvacrol est en effet connu pour ses propriétés antimicrobiennes (Ultee et al. 2000). Plusieurs auteurs ont étudié l'activité antimicrobienne de carvacrol (Curtis et al., 1996 et Kim et al., 1995), quant à son mécanisme d'action, il a été suggéré d'interagir avec la membrane cellulaire en la perturbant (Tompson., 1996 et Hollman., 2001). Le carvacrol a été considéré comme biocide, entraînant des perturbations de la membrane bactérienne qui conduisent à la fuite d'ATP intracellulaire et d'ions potassium et finalement à la destruction cellulaire des bactéries (Ultee et al., 1999)

### 3.2. Etude in vivo

#### 3.2.1. Evolution de la température et du THI

Les résultats des mesures de la température (figure 1) ont montré que la température ambiante peut atteindre 32.8°C. En effet, le THI durant le déroulement de l'expérience a été compris entre 21.01°C et 29.89°C. Une température ambiante supérieure ou égale à 27.8°C associée à une humidité relative constitue un facteur de stress pour les animaux et réduit leurs performances (Marai et al., 2002).

D'après la figue ci-dessous on a enregistré que les animaux ont été exposé à un stress thermique pendant les semaines S7 (8-14 jrs), S9 (22-28jrs), S10(29-35jrs) et S11 (36-42jrs), par contre on n'a pas détecté de stress thermique pendant les deux semaines S6 (1-7jrs) et S8 (15-21jrs).



### 3.2.2. Effets sur les performances zootechniques

L'incorporation de trois doses du carvacrol dans l'alimentation des lapereaux n'a pas eu d'effet significatif sur la mortalité, le poids initial, le poids final et le GMQ ( $P > 0.05$ ). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Koné et al., (2016) qui montrent que les extraits de plante et les huiles essentielles n'ont pas d'effet significatif sur les paramètres zootechniques. Cependant un effet significatif du carvacrol sur le GMQ a été observé à la 8<sup>ème</sup> semaine d'âge ( $P = 0.05$ ), cette différence est probablement due à l'absence de stress thermique car pendant cette période on a enregistré un  $THI < 27.8^{\circ}C$ . Hashemipour et al., 2013a et b ont montré l'effet positif de l'incorporation de carvacrol sur les performances zootechniques de volaille.

Plusieurs auteurs ont mis en évidence une baisse des performances lors de stress thermique (Lebas et al., 1986, Ayyat et Marai., 1997 ; Chiericato et al., 1992, Marai et al., 2002, Marai et al., 2004).

**Tableau 4.** Performances zootechniques en fonction des doses du Carvacrol

Doses	T	C1	C2	C3	P
Mortalité	54.17 <sup>a</sup>	23.33 <sup>b</sup>	36.67 <sup>ab</sup>	36.67 <sup>ab</sup>	0.196
Poids initial	677.71±86.33 <sup>a</sup>	697±118.23 <sup>a</sup>	702.83±121.29 <sup>a</sup>	672.59±82.88 <sup>a</sup>	0.642
Poids final	1953±139.15 <sup>a</sup>	1880±181.17 <sup>a</sup>	1829.67±201.85 <sup>a</sup>	1820.71±253.39 <sup>a</sup>	0.37
GMQ 6	29.625±4.63 <sup>a</sup>	31.388±6.65 <sup>a</sup>	27.357±5.11 <sup>a</sup>	28.986±5.12 <sup>a</sup>	0.71
GMQ 7	27.827±8.59 <sup>a</sup>	32.688±3.96 <sup>a</sup>	28.905±11.09 <sup>a</sup>	30.255±7.16 <sup>a</sup>	0.816
GMQ 8	27.202±3.39 <sup>ab</sup>	32.238±3.71 <sup>a</sup>	23.179±7.75 <sup>b</sup>	30.520±3.49 <sup>a</sup>	0.05
GMQ 9	32.634±5.08 <sup>a</sup>	27.202±2.47 <sup>a</sup>	28.214±9.08 <sup>a</sup>	30.381±5.04 <sup>a</sup>	0.55
GMQ 10	31.735±6.64 <sup>a</sup>	29.686±3.73 <sup>a</sup>	30.521±7.475 <sup>a</sup>	30.357±2.89 <sup>a</sup>	0.954
GMQ 11	33.548±8.01 <sup>a</sup>	23.695±9.88 <sup>a</sup>	28.264±11.46 <sup>a</sup>	26.048±3.05 <sup>a</sup>	0.415

a, b : sur une même ligne : deux valeurs ayant la même lettre en indice ne sont pas différentes au seuil  $\alpha = 0.05$

**Tableau 5.** L'indice de consommation en fonction des doses du carvacrol

Doses	T	C1	C2	C3	P
IC 6	1.99±0.39 <sup>a</sup>	2.702±0.75 <sup>a</sup>	2.934±0.91 <sup>a</sup>	2.798±1.43 <sup>a</sup>	0.522
IC 7	2.352±0.54 <sup>a</sup>	2.674±0.55 <sup>a</sup>	2.95±1.46 <sup>a</sup>	2.36±0.76 <sup>a</sup>	0.721
IC 8	3.745±0.76 <sup>a</sup>	2.908±0.81 <sup>a</sup>	6.576±6.51 <sup>a</sup>	3.802±1.50 <sup>a</sup>	0.403
IC 9	3.56±0.44 <sup>a</sup>	4.882±1.38 <sup>a</sup>	4.398±1.06 <sup>a</sup>	5.838±1.63 <sup>a</sup>	0.089
IC 10	4.238±0.95 <sup>a</sup>	5.596±2.21 <sup>a</sup>	4.934±1.24 <sup>a</sup>	6.292±1.96 <sup>a</sup>	0.343
IC 11	3.993±0.62 <sup>a</sup>	8.372±5.91 <sup>a</sup>	5.504±1.21 <sup>a</sup>	7.192±1.72 <sup>a</sup>	0.238

a, b : sur une même ligne : deux valeurs ayant la même lettre en indice ne sont pas différentes au seuil  $\alpha=0.05$

L'analyse statistique de l'IC aux différents âges prouve qu'il n'y a pas une différence significative entre les différents traitements.

D'après le tableau 5, on constate une évolution de l'IC en fonction de l'âge des lapereaux pour les différents traitements. En effet nous avons enregistré, au début de l'expérience, une évolution des valeurs de l'IC de 1.99, 2.7, 2.93 et 2.79 correspondant aux lots T, C1, C2 et C3 contre 3.99, 8.37, 5.5 et 7.19 à la 11ème semaine.

### 3.2.3. Rendement des carcasses

Le tableau 6 montre les moyennes des rendements en carcasse chaude, en carcasse froide et en carcasse de référence.

**Tableau 6.** Rendements en carcasse à 77 jours (en % du poids vif)

Paramètre	T	C1	C2	C3	P
Rendement de carcasse chaude (%)	56.89±0.51	57.22±1.27	56.14±1.91	54.759±4.1	0.3501
Rendement de carcasse froide (%)	53.71±0.73	54.18±1.67	52.25±1.88	51.481±4.2	0.2765
Rendement de carcasse de référence (%)	47.106±0.74	47.896±1.05	45.071±0.47	46.288±0.95	0.4286

Le tableau 6 illustre les pourcentages de rendement des carcasses des différents lots. Il s'est avéré que l'incorporation de carvacrol dans l'alimentation des lapins n'a pas affecté ces paramètres ( $p>0.05$ ). En effet, on a enregistré un pourcentage de carcasse chaude à l'ordre de 57.22% pour le lot C1 qui légèrement supérieur à celui du lot témoin 56.89%. Gondret (2005) et Pascual et al. (2004) confirment qu'il n'y a pas de différence de rendement entre une lignée à forte vitesse de croissance et son témoin.

**Tableau 7.** Effets de l'utilisation du Carvacrol sur la composition corporelle et la proportion des organes

Paramètre /traitement	T	C1	C2	C3	P
Tube digestif (%)	16.99±0.53	17.31±1.35	17.85±2.71	18.99±4.32	0.662
<b>En % carcasse froide</b>					
Tête	10.29±0.2	10.42±0.86	10.48±0.47	10.62±0.95	0.942
Foie	5.11±0.37	4.50±0.42	5.04±0.53	4.96±0.88	0.339
<b>En carcasse de référence (%)</b>					
Partie antérieure	34.40±2.13	34.89±0.83	34.82±1.28	35.55±1.13	0.722
Râble	26.71±1.38	27.37±1.35	26.67±0.73	26.09±0.96	0.486
Partie postérieure	38.87±1.13	37.72±0.78	38.50±0.6	38.34±0.25	0.247
Gras scapulaire	0.31±0.15	0.47±0.28	0.32±0.13	0.23±0.05	0.367
Gras périnéal	0.55±0.07	0.64±0.38	0.74±0.42	0.42±0.15	0.501

Le tableau 7 indique que la supplémentation par le carvacrol n'a pas affecté ni la composition corporelle ni la proportion des organes des lapins. Aucune différence significative ( $p>0.05$ ) n'a été enregistrée pour ces paramètres, ces résultats sont attendus puisqu'on n'a pas observé de différence significative pour le rendement des carcasses et le poids vifs.

#### 4. Conclusion

Dans cette étude on a désiré utiliser le carvacrol comme alternative naturelle aux antibiotiques dans l'alimentation animale et son effet sur la lutte contre le stress thermique. Avant l'application in vivo un essai in vitro a été mené afin de déterminer l'efficacité du carvacrol et le comparer à l'antibiotique et il s'est révélé que le carvacrol possède une activité antimicrobienne importante.

Les résultats trouvés sur les paramètres zootechniques n'ont pas mis en évidence des effets significatifs sauf que pendant la 8ème semaine. Aussi bien pour les rendements des carcasses et des organes on n'a pas enregistré des effets significatifs de la supplémentation. Des travaux poussés peuvent être réalisés afin de révéler l'effet de carvacrol tels que la détermination de la flore caecal ou l'utilisation des doses plus importantes.

#### 5. Références

- Arfa, A. B., Combes, S., Peziosi-Belloy, Gontard, N., et Chalier, P., (2006).** Antimicrobial activity of carvacrol related to its chemical structure. *Letters in applied Microbiology*, 43(2), 149-154.
- Ayyat, M.S., Marai, I.F.M., (1997).** Effects of heat stress on growth, carcass traits and blood components of New Zealand White rabbits fed various dietary energy-fibre levels, under Egyptian conditions. *J. Arid Environ.* 37, 557–568.
- Blasco, A. and J. Ouhayoun.(1993).** Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research.Revised proposal. *World Rabbit Sci.* 4.93-99.
- Bouzouita, N., Kachouri, F., Hamdi, M., Chaabouni, MM. (2003).** Antimicrobial activity of essential oils from Tunisian aromatic plants. *Flavour and fragr.j*, 18, 380-383.
- Chiericato, G.M., Bailoni, L., Rizzi, C., (1992).**The effects environmental temperature on the performance of growing 1977. rabbits. *J. Appl. RabbitRes.* 15, 723–731.
- Comité de l'Antibiogramme de la Société Française de Microbiologie(2007).**Recommandations. *Soc Fr Microbiologie*, 4-37
- Curtis OF, Shetty K, Cassagnol G, Pleg M., (1996).** Comparison of synthetic and lethal effects of synthetic versions of plant metabolites (anethole eugenol, carvacrol, thymol) on food spoilage yeast (*Debaromycesd hanenei*). *Food Biotechnol.* 10, 55–73
- El Bouzidi, L., Abbad, A., Hassani, L., Fattarsi, K., Leach, D., Markouk, M., Legendre, L., Bekkouche., K., (2012).** Essential oil composition and antimicrobial activity of wild and cultivated Moroccan *Achillea ageratum* L: A rare and threatened medicinal species. *Chem. Biodivers*, 9, 598-604.
- Fauchère JL, Avril JL (2002)** *Bactériologie générale et médicale.* Ellipses Editions Paris, 365.
- Gondret F., Lazul C., (2005)** Aspects génétique de la croissance sur la qualité de la viande. *INRA, Prod. Anim ;* 18(2), 119-129
- Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., Raji, A., Van Krimpen, M.M., (2013a).** Effect of thymol+carvacrol by Next enhance 150<sup>®</sup> on intestinal development of broiler chickens fed CMN containing diet. *Iran.J.Appl.Anim.Sci.* 3, 567-576.
- Hashemipour, H., Kermanshahi, H., Golian, A., Veldkamp, T., (2013b).** Effect of thymol and carvacrolfeed supplementation on performance, antioxidant enzyme activities, fatty acid composition, digestive enzyme activities, and immune response in broiler chickens.*Poult..Sci.* 92, 2059-2069.
- Hollman P.C.H., (2001).** Evidence for health benefits of plants phenols: local or systemic effects. *J sci, food Agric*, 81, 842-852.
- Iraj. R., Mohammad Bagher. R., Abdolamir. A. (2006).** Ultrastructural studies on antimicrobial efficacy of thyme essential oils on *Listeria monocytogenes*. *International journal of infectious Diseases*, 10, 236-241.
- Juliane A. Kamimura, Emerson H. Santos, Laura E. Hill et Carmen L.Gomes (2014).** Antimicrobial and antioxidant activities of carvacrol microencapsulated in hydroxypropyl-beta-cyclodextrin. *Food Science and Technology* 57, 701-709.
- Kim JM, Marshall MR, Wie CI.,(1995).** Antibacterial activity of some essential oil components against five foodborne pathogens *J. Agric. Food Chem.*, 1995; 43: 2839–2845

- Kimsé, M., Soro, D., Bléyé, N. M., Yapi, J. N., et Fantodji, A. (2013).** Apport d'un fourrage vert tropical, *Centrosema pubescens*, en complément au granulé : effet sur les performances de croissance et sanitaire du lapin (*Oryctolagus cuniculus*). *International journal of biological and chemical sciences*, 7(3), 1234-1242.
- Knowles, J.R., Roller, S., Murray, D.B., and Naidu, A.S. (2005).** Antimicrobial action of carvacrol at different stage of dual-species biofilm development by *staphylococcus aureus* and *salmonella enterica* serovar typhimurium. *Applied and environmental Microbiology*, 71, 797-803.
- Koné A.P., Cinq-Mars D. Desjardins Y., Guay K., Gosselin A., Saucier (2016).** Effects of plant extracts and essential oils as feed supplements on quality and microbial traits of rabbit meat. *World Rabbit Sci.*, 24, 107-119
- Lebas F., Coudert P., Rouvier R., De Rochambeau, H (1986).** The Rabbit Husbandry, Health and Production. FAO, Animal Production and Health Series.
- Marai I.F.M., Habeeb A.A.M., et Gad A.E. (2002).** Rabbit's productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress: a review. *Livestock Production Science*, 78, 71-90.
- Marai I.F.M., Habeeb A.A.M., et Gad A.E. (2004).** Growth performance traits and the physiological background of young doe rabbits as affected by climatic conditions and lighting regime, under sub-tropical conditions of Egypt. *Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexique*, 288-297
- Marai I.F.M. et Habeeb A.A.M., (2010)** Buffalo's biological function by heat stress: a review. *Livestock Production Science*, 127, 89-109.
- Pascual M., Aliaga S., Pla M., (2004).** Effect of selection for growth rate on carcass and meat composition in rabbits. *Proc. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexique*, 1435-1440
- SAS 2004.** Statistical analysis software. Guide for personal computers. Release 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Thompson D.P. (1996).** Inhibition of growth of mycotoxigenic *Fusarium* species by Butylated hydroxyanisole and/or carvacrol, *J. food prot.*, 59, 412-415.
- Ultee, A., Kets, E.P.W., Smid, E.J. (1999).** Mechanisme of action of carvacrol on the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 4606-4610.
- Ultee, A., Slump, R.A., Steging, G., Smid, E.J. (2000).** Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on Rice, *J. food prot.*, 63, 620-624.