

La viande de lapin : valeur nutritionnelle et particularités technologiques

S. COMBES¹, A. DALLE ZOTTE²

¹ INRA Station de Recherches Cunicoles, BP BP 52627, 31326 Castanet Tolosan, France

² Department of Animal Science, Agripolis – Viale del Università, 16 – 35020 Legnaro (PD), Italie

Résumé : Cette revue a pour objectif de comparer les propriétés de la viande de lapin à celle des espèces les plus consommées par l'homme. La comparaison porte sur la composition chimique des viandes, leur composition en minéraux et en vitamines, la qualité de leurs lipides. Les conséquences des caractéristiques spécifiques de la viande de lapin sur ses qualités diététiques et sur son aptitude à la conservation et à la transformation sont discutées

Abstract: Rabbit meat : dietetic properties and processing characteristics This review aims to compare the properties of rabbit meat with those of species most common in human consumption. The comparison relates to the chemical composition of the different meats, their mineral and vitamin composition and the quality of lipids. The consequences of the specific characteristics of rabbit meat on its dietetic properties and on its conservation and processing characteristics are also discussed.

Introduction

La viande est riche en nutriments précieux. Elle apporte des acides aminés essentiels, des lipides, source d'énergie mais aussi des acides gras essentiels, des minéraux, comme le fer assimilable, et des vitamines, en particulier la vitamine B12. En France la consommation de viande est estimée à 91,5 kg/habitant (OFIVAL, 2003) celle de lapin représenterait 2,3 % (Panel SECODIP, 2003). Les freins à la consommation de viande de lapin sont multiples. Ainsi, le rôle du prix de la viande à l'achat est un facteur primordial et le lapin n'est malheureusement pas bien placé comparé aux autres viandes. Il est deux fois plus cher que le poulet et 20 à 30% supérieur au prix du porc ; cet écart important réside dans la difficulté actuelle de réduire le coût de production de l'aliment lapin. Le second facteur pouvant dissuader l'acte d'achat concerne la présentation de la viande. Les clients jeunes sont sensibles à la façon dont le produit leur est présenté. La viande de lapin qui est vendue le plus souvent en carcasse entière ou en découpes n'est pas attractive pour ce type de clientèle. Aujourd'hui, le temps consacré à la préparation des repas est de plus en plus limité. Les consommateurs privilégient les viandes prêtes à cuire. Une cuisson facile et rapide devrait donc être proposée. Si les écarts de prix entre les "viandes blanches" et le lapin restent toujours aussi grands et si sa présentation continue à être celle d'une carcasse entière, sa consommation risque de rester au stade du "traditionnel ».

Toutefois, il apparaît que la viande de lapin présente certaines caractéristiques nutritionnelles intéressantes pour l'homme. Aussi, à l'heure où le consommateur est de plus en plus soucieux de la composition et de la valeur nutritionnelle du contenu de son assiette, la viande de lapin pourrait trouver un nouveau créneau de développement. L'objectif de cette synthèse est de faire un état des lieux des connaissances relatives à la qualité nutritionnelle de la viande de lapin. Les conséquences des caractéristiques spécifiques de la

viande de lapin sur ses qualités diététiques et sur son aptitude à la conservation et à la transformation sont discutées.

1. Composition chimique et valeur énergétique

Lorsque l'on compare les valeurs des différents constituants de la viande de lapin par rapport aux recommandations (ANC 2001 : Martin, 2001), il apparaît que la viande de lapin montre un ratio protéines sur énergie intéressant dans un contexte de limitation des apports en énergie. En effet 100 g de cuisse de lapin couvrent 29 et 25% des besoins en protéines et apportent seulement 6 et 5 % des apports recommandés en énergie pour une femme et un homme respectivement.

Les teneurs en eau et en protéines de la viande fraîche de lapin destinée à la consommation sont des fractions peu variables dont les niveaux sont particulièrement bien connus (Tableau 1). Parmi les morceaux de découpe consommés, la partie comestible des arrières est la plus riche en protéines. Avec le foie, elle possède la plus faible valeur calorique (Ouhayoun et Delmas, 1989). La fraction minérale, mesurée par la quantité de cendres, connaît également une faible variation (CV = 4% pour la cuisse et 11 % pour le muscle *Longissimus lumborum*, m. LL). La composition de cette fraction sera détaillée au paragraphe 3.

A l'inverse, chez le lapin comme pour les autres espèces, la fraction lipidique de la viande et par suite la teneur en énergie sont très fortement variables. Les dépôts de lipides chez le lapin sont de 2 types : les dépôts adipeux dissécables qui correspondent à des dépôts périrénaux, sous cutanés, mésentériques et inter-musculaires et les dépôts intramusculaires qui sont non dissécables.

Lorsque l'on calcule la moyenne des teneurs en lipides des données issues de la bibliographie pour des lapins d'âge (9 à 12 semaines) et de poids commerciaux (2 à 2,5kg de poids vif) quelque soit le morceaux de découpe de viande ou de muscle, on

Tableau 1 : Apports nutritionnels conseillés quotidiens (ANC 2001) et composition chimique de la viande de lapin pour 100 g de fraction comestible fraîche.) Les moyennes et coefficients de variation (CV) résultent de l'analyse des données issues de 29 publications (n= nombre de valeurs extraites de la bibliographie) (Combes, 2004)

	Eau (g)	Energie (KJ)	Protéines (g)	Lipides (g)	Minéraux (g)
ANC 2001 (1)		9100-10700 (2)	71 -83	80 - 94	
Valeurs pour 100 g					
Moyenne générale (3)	72,5	725	21,0	5,0	1,2
cv (n)	3 % (38)	19 % (15)	7 % (37)	67 % (46)	12 % (18)
Cuisse	73,5	664	21,3	3,7	1,3
cv (n)	1 % (9)	2 % (3)	4 % (9)	13 % (11)	4 % (5)
m. <i>longissimus lumborum</i> (LL)	75,0	603	22,4	1,4	1,2
cv (n)	1 % (13)	- (1)	4 % (11)	38 % (12)	11 % (5)
Avant (4)	67,6	932	18,3	11,4	
Côtes (4)	69,9	832	20,8	9,3	
Râble (4)	66,7	961	19,7	11,4	
Arrière (4)	73,4	665	21,5	4,2	
Foie (4) (5)	71,6	664	17,4	4,2	
Carcasse (4)	70,3	815	19,6	8,8	

(1) la valeur de gauche correspond aux ANC pour une femme, la valeur de droite correspond aux ANC pour un homme. Les ANC pour les quantités de protéines et de lipides correspondent à 13% et 33 % respectivement de l'apport total en énergie quotidien.

(2)ou 2200 - 2500 kcal

(3) valeur moyenne pour les différents composants indépendamment de l'échantillon de viande dosé et toutes études confondues.

(4) (Ouhayoun et Delmas, 1989)

(5) le foie contient 5,6% de glucide

obtient une valeur de 5,0 g/100g avec un variation de 67 % (Tableau 1). Ce coefficient de variation élevé s'explique par l'origine de l'échantillon analysé (carcasse et découpe, incluant ou pas les dépôts lipidiques, et muscle) et des facteurs d'élevage. En fait, les valeurs observées sont comprises entre 1 et environ 12-14 g/100g. La teneur en lipides de la viande de lapin est ainsi comparable à celle du veau (de 1 à 7 g/100g) et du poulet (de 0,9 à 12 g/100g) ; et elle est moins grasse que celle du taurillon (de 3 à 14 g/100g) et du porc (de 3 à 22 g/100g) (Tableau 2). La cuisse contient environ 3,7 g de lipides /100g avec un CV de 13 % tandis que le m LL contient en moyenne 1,4 g/100g de lipides. Cette valeur correspond à un coefficient de variation de 38 %, avec un écart type de 0,5g/100 g de muscle. Si l'on se réfère à l'étude de Fernandez *et al.* (1999) chez le porc, il est fort probable qu'une telle variation n'est pas perceptible par le consommateur.

Tableau 2. Amplitude de variation de la composition chimique (g) et valeur énergétique (KJ) de la viande pour différentes viandes (pour 100 g de fraction comestible) (Salvini *et al.*, 1998)

	Eau	Protéines	Lipides	Energie
Porc	60-75.3	17.2-19.9	3-22.1	418-1121
Taurillon	66.3-71.5	18.1-21.3	3.1-14.6	473-854
Veau	70.1-76.9	20.3-20.7	1-7	385-602
Poulet	67.0-75.3	17.9-22.2	0.9-12.4	406-808
Lapin	66.2-75.3	18.1-23.7	0.6-14.4	427-849

Les facteurs de variation de la teneur en lipides sont multiples et comprennent l'âge, le sexe, le génotype, l'alimentation et le mode d'élevage (Dalle Zotte, 2002). Les dépôts lipidiques externes, inter- et intra-musculaires augmentent avec l'âge de l'animal. L'allométrie des dépôts externes, c'est-à-dire leur développement relatif par rapport à celui de la carcasse avec l'âge a été bien décrit (Vezinhet et Prud'hon, 1975). Le développement des différents dépôts ne suit pas une cinétique unique. Par exemple, le dépôt intra-musculaire est le plus tardif (Gondret, 1999). La recherche d'une adiposité globale limitée, associée à un rapport muscle sur os élevé et à un rendement à l'abattage satisfaisant, a conduit à recommander un abattage des lapins vers l'âge de 10 à 11 semaines. A cet âge, l'accumulation des lipides dans le tissu adipeux péri-rénal est encore limitée et celle au sein des muscles reste très faible. En fonction du type métabolique, de la localisation anatomique ou de la fonction des muscles, la teneur en lipides varie de 0,9 à 5 g/100g d'un muscle à l'autre (Alasnier *et al.*, 1996).

Le sexe des lapins peut influencer la valeur de la fraction lipidique visible. Ainsi, les femelles présentent des dépôts adipeux jusqu'à 10% supérieurs à celui des mâles à 14 semaines d'âge (Jehl *et al* 2000). Récemment, Dalle Zotte (2005), n'a observé aucune différence entre sexes dans les dépôts adipeux disséminés chez des lapins âgés de 12 à 17 semaines abattus à un poids vif constant de 2,8±0,11 kg, comme cela avait aussi été démontré par Cavani *et al* (2000).

Si les lapins sont abattus à l'âge commercial classique (10-12 semaines), la teneur en lipides intramusculaires est faiblement ou pas influencée par le sexe de l'animal (Gondret, 1998). Toutefois, chez les lapins âgés au-delà de cet âge Dalle Zotte et Rémignon (2005) rapportent une différence de teneur en lipides de la cuisse de 38 % en faveur des femelles. L'importance de la fraction lipidique varie en fonction du format des animaux (Ouhayoun et Poujardieu, 1978). Cependant, sur les principaux génotypes commerciaux au poids d'abattage commercial, l'adiposité et la teneur en lipides des muscles ne varient que faiblement (Chiericato *et al* 1996; Lebas *et al* 2001). Enfin, à poids d'abattage constant, la vitesse de croissance ne semble pas modifier les dépôts de gras dissécables, ni la teneur en lipides intra-musculaires du muscle *Semitendinosus proprius* (Gondret *et al.*, 2003).

L'alimentation est un des facteurs qui influe le plus sur la quantité de la fraction lipidique de la viande de lapin. A valeur énergétique constante, une augmentation de la teneur en protéines de la ration entraîne une diminution de l'adiposité des carcasses (Gondret, 1998). La quantité et la qualité des lipides de la ration influent fortement sur la quantité de la fraction lipidique qu'elle soit externe ou intramusculaire (Dalle Zotte *et al.*, 1997 ; Gondret *et al.*, 1998a). A teneur constante en lipides des régimes, l'ingestion d'un régime riche en acide gras à chaînes moyennes entraîne une diminution de 20% de la teneur en lipides du muscle LL (Gondret *et al.* 1998b). Dans cette étude l'adiposité périrénale n'est pas modifiée. La qualité de la fraction lipidique de la viande de lapin (nature des lipides et profil des acides gras) est développée au paragraphe 4.

L'élevage en parc permet à l'animal d'avoir notamment une activité physique de déplacement, de saut ou de guet. Cette activité physique, associée à d'autres facteurs (présence de litière, modification de la température d'élevage) entraîne une diminution significative de l'adiposité des carcasses et dans une moindre mesure une diminution de la teneur en lipides intra-musculaires (Combes et Lebas, 2003).

2. Valeur biologique des protéines et composition en acides aminés

Les besoins protéiques de l'homme comportent au moins 2 composantes. L'alimentation doit d'une part apporter les 9 acides aminés indispensables que l'organisme ne sait pas synthétiser et d'autre part couvrir les besoins nécessaires à la croissance et/ou au remaniement des protéines corporelles. La composition de la viande en protéine est relativement constante. La viande de lapin présente ainsi une teneur en protéine de $21,0 \pm 1,5$ % (tableau 1). Comparativement aux autres sources de protéines et notamment végétales, les protéines de viande sont particulièrement riches en acides aminés indispensables tel que la lysine et l'histidine (Paturaud-Mirand et Remond, 2001) (Tableau 3). Une

étude récente a montré qu'une supplémentation en lysine de l'aliment de lapines gestantes et allaitantes augmentait la teneur en lysine des muscles de leurs petits (Metzger *et al.*, 2005). Du fait d'un équilibre favorable en acides aminés indispensables (Figure 1) et d'une utilisation digestive très complète, la bio disponibilité des acides aminés de la viande est très élevée ce qui lui confère une forte valeur biologique (Paturaud- Mirand et Remond, 2001). Parmi les grandes classes de protéines présentes dans la viande, les protéines du tissu conjonctif présentent une faible valeur nutritionnelle. Cela provient de leur carence en pratiquement tous les acides aminés essentiels, bien que leur digestibilité soit élevée. La faible teneur en élastine (Ouhayoun et Lebas, 1987) et la grande solubilité de son collagène (Combes *et al.*, 2003), (Tableau 4) explique vraisemblablement sa grande tendreté.

Tableau 3. Composition en acides-aminoés essentiels de différentes viandes (g / 100g de fraction comestible) (Salvini *et al.*, 1998)

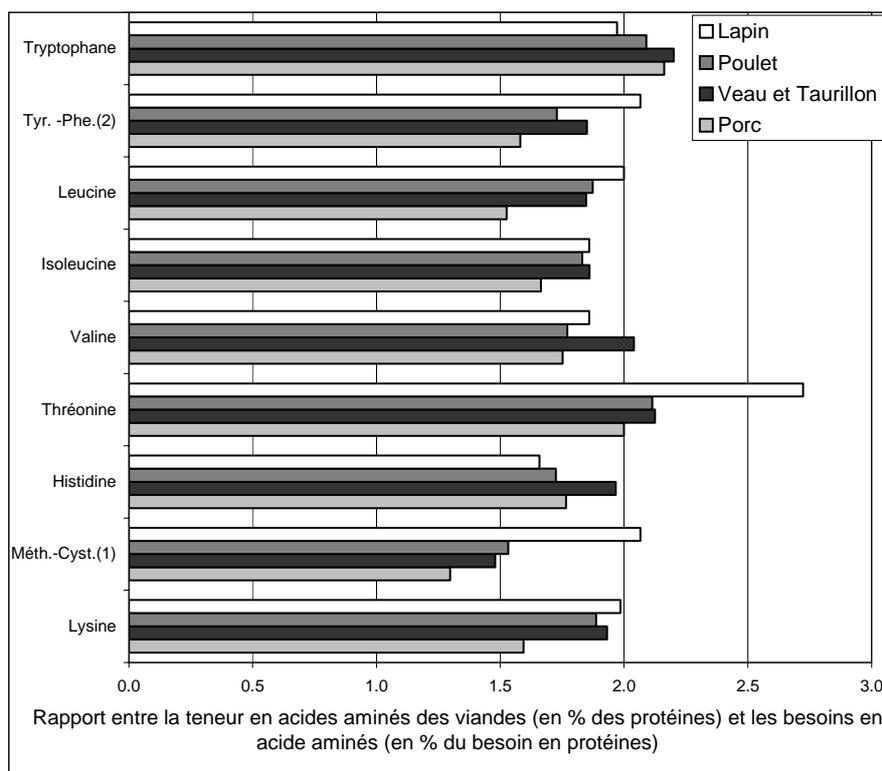
	Porc	Veau et Taurillon	Poulet	Lapin
Lysine	1.29	1.69	1.66	1.85
Méth.-Cyst.	0.60	0.74	0.77	1.10
Histidine	0.49	0.59	0.52	0.53
Thréonine	0.74	0.85	0.85	1.16
Valine	0.81	1.02	0.89	0.99
Isoleucine	0.77	0.93	0.92	0.99
Leucine	1.20	1.57	1.60	1.81
Arginine	0.97	1.23	1.22	1.23
Tyrosine	0.54	0.68	0.66	0.73
Phénylalanine	0.63	0.80	0.73	1.03
Tryptophane	0.20	0.22	0.21	0.21

3. Composition de la fraction minérale et vitaminique de la viande

3-1. Fraction minérale

Les minéraux et les oligo-éléments en particulier, connaissent un engouement excessif auprès du grand public. Les caractéristiques de la composition de la fraction minérale de la viande de lapin (Tableau 5) par rapport aux autres viandes (Tableau 6) sont : d'une part un taux particulièrement faible en sodium et en fer et d'autre part un taux élevé en phosphore (Parigi-Bini *et al.*, 1992). Ainsi pour ce dernier élément, la consommation de 100 g de viande de lapin apporte 37% des apports nutritionnels conseillés pour la journée. Les teneurs en cuivre et en sélénium de la viande de lapin n'ont à notre connaissance été déterminées que dans 2 études seulement et les résultats obtenus divergent fortement. Concernant le sélénium, il apparaît d'après la valeur moyenne que 100g de viande lapin couvre la quasi-totalité des besoins journaliers. Par ailleurs, les sources de variabilité des teneurs en minéraux sont largement inconnues, bien qu'il soit fort probable que l'alimentation, via notamment la supplémentation, soit le principal facteur de variation.

Figure 1 Equilibre des acides aminés indispensables des viandes rapporté aux besoins de l'homme. L'équilibre en acides aminés des viandes est calculé à partir de Dalle Zotte (2004). Celui des besoins de l'homme est issu des ANC (2001).



(1) Methionine + Cystéine (2) Tyrosine + Phenyl alanine

Tableau 4. Teneurs (mg/g muscle sec) et solubilités (%) du collagène de différentes viandes (Dalle Zotte, 2004)

	Collagène total	Références	Solubilité du collagène	Références
Porc (<i>L. lumbrorum</i>)	17.0	Lebret <i>et al.</i> , 1998	17.0	Lebret <i>et al.</i> , 1998
Taurillon (<i>L. dorsi</i>)	15-21	Bosselmann <i>et al.</i> , 1995	11-12	Eastridge <i>et al.</i> , 2002
Poulet (<i>Pectoralis</i>)	20	Culioli <i>et al.</i> , 1990	21.8	Murphy <i>et al.</i> , 2000
Lapin (<i>L. lumbrorum</i>)	16.4	Combes <i>et al.</i> , 2003	75.3	Combes <i>et al.</i> , 2003

Tableau 5 : Apports nutritionnels quotidiens conseillés (ANC 2001), et apports journaliers recommandés (AJR) en minéraux et composition de la fraction minérale de 100 g de viande fraîche de lapin. Les moyennes et coefficients de variation (CV) résultent de l'analyse des données issues de 12 publications (Combes, 2004)

	Sodium mg	Magnésium mg	Phosphore mg	Potassium mg	Calcium mg	Fer mg	Cuivre mg	Zinc mg	Sélénium µg
ANC 2001 ⁽¹⁾	360-420		750	390-585	900	16-9	1,5-2	10-12	50-60
AJR ⁽²⁾		300	800		800	14			
moyenne ⁽³⁾	49	24	277	364	16	1,4	0,33	0,69 ⁽⁴⁾	77
CV (%)	25	28	25	21	44	52	122	-	101
Cuisse	49 ^(5,7)	29 ⁽⁵⁾	230 ⁽⁵⁾	404 ^(5,7)	9,3 ⁽⁵⁾	1,3 ⁽⁵⁾	0,088 ⁽⁶⁾		
<i>m. longissimus lumbrorum</i>	37 ⁽⁵⁾	28 ⁽⁵⁾	222 ⁽⁵⁾	431 ⁽⁵⁾	2,7 ⁽⁵⁾	1,1 ⁽⁵⁾	0,11 ⁽⁶⁾		22 ⁽⁸⁾

(1) la valeur de gauche correspond aux ANC pour une femme, la valeur de droite correspond aux ANC pour un homme, (2) Valeurs issues de l'annexe de l'arrêté du 3 décembre 1993 portant application du décret n°93-1130 du 27 septembre 1993 concernant l'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles des denrées alimentaires, (3) valeur moyenne pour les différents composants indépendamment de l'échantillon de viande dosé toutes études confondues (4)-Bentley 1991: (5) Parigi-bini et al 1992 (6) Skrivanova et al 2001 (7) Chiericato et al 1996 (8) Wiesner *et al.*, 1978

Tableau 6. Composition en minéraux (g) et en vitamines (mg) de différentes viandes (pour 100 g de fraction comestible) (Dalle Zotte, 2004)

	Porc	Taurillon	Veau	Poulet
Ca	7-8	10-11	9-14	11-19
P	158-223	168-175	170-214	180-200
K	300-370	330-360	260-360	260-330
Na	59-76	51-89	83-89	60-89
Fe assimilable	1.4-1.7	1.8-2.3	0.8-2.3	0.6 - 2.0
Vitamine B1	0.38-1.12	0.07-0.10	0.06-0.15	0.06-0.12
Vitamine B2	0.10-0.18	0.11-0.24	0.14-0.26	0.12-0.22
Vitamine PP	4.0-4.8	4.2-5.3	5.9-6.3	4.7-13.0
Vitamine B6	0.50-0.62	0.37-0.55	0.49-0.65	0.23-0.51
Ac. Folique (µg)	1	5-24	14-23	8-14
Vitamine E	0-0.11	0.09-0.20	0.17-0.26	0.13-0.17
Vitamine D (µg)	0.5-0.9	0.5-0.8	1.2-1.3	0.2-0.6

3-2. Fraction vitaminique

Les vitamines sont des constituants organiques de faible poids moléculaire que l'on subdivise en 2 grandes familles : les vitamines hydrosolubles (groupe B et C) et les vitamines liposolubles (A, D, E et K1). Notons que la consommation de 100g de viande de lapin apporte 8 % des ANC moyens en vitamine B2, 12% en vitamine B5, 21% en vitamine B6, 77% en vitamine PP et enfin près de 3 fois les recommandations en vitamine B12 (Tableau 7). Il apparaît que les viandes des différentes espèces présentent des profils de teneurs en vitamines relativement proches les unes des autres (Tableau 6). Toutefois, on peut noter que la viande de porc se distingue par sa forte teneur en vitamines B1 (de 0,38 à 1,12 mg/100g) tandis que celle de bovin présente les teneurs les plus élevées en vitamine B9 (1mg/100g) (Salvini *et al.*, 1998). La viande de lapin présente un profil de teneurs en vitamines proche de celui observé chez le poulet. Les taux vitaminiques de la viande de lapin peuvent varier en fonction des suppléments. Ainsi, une supplémentation en

vitamine E de 200 mg/kg induit une augmentation de près de 50 % de la teneur en vitamine E de la viande par comparaison à une supplémentation courante de 50 mg/kg d'aliment (Castellini *et al.*, 2000). Notons que si la vitamine A n'est détectée qu'à l'état de trace dans toutes les viandes y compris celle du lapin, cet élément est très fortement présent dans le foie qui est couramment vendu avec la carcasse (21000 UI/100g soit 6300 µg équivalent rétinol /100g ; Ismail *et al.*, 1992). Ainsi la consommation de seulement 10 g de foie de lapin suffisent à couvrir les ANC en cette vitamine. L'absence d'information sur la composition du régime et la faiblesse du nombre de résultats ne permet pas d'établir de relation précise entre les apports alimentaires et les dépôts dans la viande chez le lapin. Il apparaît nécessaire de conforter les quelques données disponibles sur la teneur en vitamines de la viande de lapin, au moins pour les composants qui représentent plus de 15 % des AJR et qui donnent droit à la mention commerciale « source de ... » ou plus de 30 % pour la mention « riche en. ».

Tableau 7 : Apports Nutritionnels Conseillés quotidiens (ANC 2001) et Apports Journaliers Recommandés (AJR) en vitamines et teneur en vitamines de la viande fraîche de lapin (pour 100 g de viande fraîche). Les moyennes et coefficients de variation (CV) résultent des données issues de 8 publications(Combes, 2004)

	A	E	B1	B2	B3 ou PP	B5	B6	B8	B9	B12
	rétinol (µg)	tocophérols (mg)	thiamine (mg)	riboflavine (mg)	niacine (mg)	acide pantothénique (mg)	pyridoxine pyridoxal pyridoxamine (mg)	biotine (µg)	acide folique (µg)	cobalamine (µg)
ANC 2001 (1)	600-800	12	1,1-1,3	1,5-1,6	11-14	5	1,5-1,8	50	300-330	2,4
AJR (2)	800	10	1,4	1,6	18	6	2	150	200	1
moyenne (3)	trace	0,186	0,082	0,125	9,6	0,60	0,34	0,7	5	6,85
CV (%)		43	37	53	34	63	69			65

- (1) la valeur de gauche correspond aux ANC pour une femme, la valeur de droite correspond aux ANC pour un homme
(2) Valeurs issues de l'annexe de l'arrêté du 3 décembre 1993 portant application du décret n°93-1130 du 27 septembre 1993 concernant l'étiquetage relatif aux qualités nutritionnelles des denrées alimentaires,
(3) Valeur moyenne pour les différents composants indépendamment de l'échantillon dosé toutes études confondues

4. Composition de la fraction lipidique : particularité et intérêt nutritionnel

4.1. Lipides de structures et lipides de réserves

La fraction lipidique des muscles se subdivise en lipides de structure (phospholipides, cholestérol) et en lipides de réserves (triglycérides). Les phospholipides, constituants des membranes cellulaires sont présents dans les muscles en quantité assez peu variable, leur teneur oscillant entre 0,5 et 1 g pour 100 g de muscle frais (Tableau 8). Cette teneur est indépendante de la teneur en lipides totaux. A l'inverse, la teneur en triglycérides varie largement entre 0,5 et 3,8 g/100 g de muscle frais. La teneur en cholestérol de la viande de lapin est égale à 59 mg /100g et présente un coefficient de variation de 20 %. Cette teneur varie en fonction de la partie considérée (muscles de la cuisse ou muscle long dorsal: Parigi-Bini *et al.*, 1992 ; Alasnier *et al.*, 1996) de la saison d'élevage, du système d'élevage, du type génétique et du sexe (Dalle Zotte, données non publiés). Elle se réduit aussi par exemple de 15% entre 63 et 81 jours d'âge (baisse de 65 à 55mg /100 g). Sa teneur en cholestérol place la viande de lapin parmi les viandes les plus pauvres en cholestérol : Porc 61 mg ; Taurillon 70 mg ; Poulet 81 mg pour 100g (Dalle Zotte, 2004).

Tableau 8 : Moyenne et coefficient de variation (cv) de la teneur en phospholipides, cholestérol et triglycérides pour 100g de viande fraîche de lapin (Combes, 2004)

	Phospholipides (g)	Cholesterol (mg)	Triglycérides (g)
moyenne (1)	0,69	59	1,3
cv (%)	26	20	100
Cuisse ⁽³⁾	-	58	-
cv (%)		10	
m, LL (2)(4)	0,56	50	0,73
cv (%)	39	12	34

(1) valeur moyenne pour les différents composants indépendamment de l'échantillon de viande

(2) LL : *longissimus lumborum*

(3) Chiericato *et al.*, 1996 Dalle Zotte, 2002 Parigi Bini *et al.*, 1992 Skrivanova *et al.*, 2001

(4) Alasnier *et al.*, 1996 ; Dal Bosco *et al.*, 2001 ; Gondret *et al.*, 1998a ; Parigi Bini *et al.*, 1992 ; Skrivanova *et al.*, 2001 ; Dal Bosco *et al.*, 2004.

4.2. Composition en acides gras

Le profil des acides gras (AG) de la viande de lapin se caractérise par sa richesse en acide palmitique, oléique et linoléique avec des proportions de plus de 20 % de la teneur totale en AG (Tableau 9). Les acides stéarique, palmitoléique, myristique, arachidonique et linoléique représentent de 7 à 2 % de la teneur totale en AG. Les AG de la viande de lapin sont composés en moyenne pour 39 % d'AGS (acides gras saturés), pour 28 % d'AGMI (acides gras mono-insaturés) et 33 % d'AGPI (acides gras poly-insaturés) et le ratio AGS/AG insaturés est égal à 0,6.

Comparativement aux autres viandes, le lapin se caractérise par une plus forte proportion d'AGPI (Tableau 10).

Les teneurs en AG sont sujettes à de fortes variations liées à la nature du régime alimentaire de l'animal (Xiccato, 1999 ; Dalle Zotte, 2002). L'influence du profil des AG de la ration semble cependant être plus prononcée sur la composition en AG des tissus adipeux dissécables que sur les lipides intramusculaires (Xiccato, 1999). Par ailleurs, les travaux de Szabò *et al.* (2004a) ont montré que la composition en acides gras des muscles est réversible en fonction du temps et de la distribution des régimes. L'exercice physique, simulé par excitation électrique du muscle, semble également modifier le profil des AG (Szabò *et al.*, 2004b) vers une diminution de la proportion des AGPI contenant plus de 3 doubles liaisons (-1,35 %). Par contre une variation de la vitesse de croissance ne modifie pas le profil en AG de la cuisse (Ramirez *et al.*, 2004). Notons que lorsque la teneur pour un AG est inférieure à 0,5 %, le coefficient de variation est très élevé, ceci correspond à la valeur limite de détection des appareils de mesure.

4.3. Acides gras d'intérêt nutritionnel : oméga 3, oméga 6 et CLA

Deux familles d'AG sont considérées comme essentielles : la famille des oméga 6 (acides linoléique et arachidonique) et la famille des oméga 3 (acides α -linoléique, acide éicosapentaénoïque : EPA et docosahexaénoïque : DHA). Les acides linoléique et α -linoléique sont de surcroît, indispensables car ni l'homme ni les animaux ne peuvent les synthétiser. La composition de la fraction lipidique de la viande de lapin couvre près de 5 et 4 % des ANC en acide α -linoléique pour une femme et un homme respectivement (tableau 10). Grâce à des réactions enzymatiques, l'organisme convertit ces AG indispensables issus de l'alimentation, en AG à chaîne plus longue et plus insaturée comme les acides arachidonique, EPA et DHA. Ces derniers suscitent un intérêt particulier pour la santé humaine. En effet, le DHA intervient sur la croissance, le développement fonctionnel du cerveau et de la vue chez l'enfant et sur le maintien des fonctions cérébrales chez l'adulte. En outre, il existe une forte corrélation négative entre la consommation de DHA et le développement de certaines pathologies comme : la thrombose, les arythmies cardiaques, l'infarctus du myocarde, l'hypertension, l'arthrite, l'athérosclérose, la dépression et quelques types de cancer (Horrocks et Yeo, 1999). Bien que l'homme soit capable de convertir l'acide α -linoléique (C18:3 n-3) en DHA, cette biosynthèse est insuffisante pour obtenir des effets biologiques efficaces, en conséquence ce dernier doit être fourni par l'alimentation. Les principales sources de DHA sont les poissons gras (entre 10 et 19 % AG totaux) et, dans une moindre mesure les oeufs et les viandes (Dalle Zotte, 2004). Le DHA est souvent indétectable dans les viandes de

Tableau 9: Moyenne et coefficient de variation (CV) des teneurs en acides gras de la viande fraîche de lapin (tout échantillon de viande confondu) et dans le muscle *longissimus lumborum* (LL). Les moyennes et coefficients de variation (CV) résultent de l'analyse des données issues de 23 publications (Combes, 2004)

Acides gras (% des acides gras totaux)	Viande		LL	
	moyenne	CV (%)	moyenne	CV (%)
C14:0 myristique	2,81	34	2,49	40
C15:0	0,56	24	0,57	23
C16:0 palmitique	27,86	16	26,18	15
C17:0 margarique	0,59	28	0,56	35
C18:0 stéarique	7,49	19	7,32	17
C20:0 arachidique	0,26	82	0,31	81
C22:0 béhénique	0,10	55	0,11	42
Acides Gras Saturés totaux (%)	39,00	14	38,06	12
C14:1 myristoléique	0,36	74	0,26	65
C15:1	0,14	103	0,10	-
C16:1 palmitoléique	3,75	56	2,90	48
C17:1	0,29	52	0,17	88
C18:1 oléique	24,22	14	23,08	12
C20:1 gadoléique	0,27	74	0,29	80
Acides Gras Monoinsaturés (%)	27,97	17	26,71	12
C18:2 n-6 linoléique	23,55	20	24,83	15
C18:3 n-3 α -linoléique	2,41	58	2,22	63
C20:2	0,48	105	0,63	100
C20:3 n-6 dihomogamma-linoléique	0,50	122	0,72	100
C20:4 n-6 arachidonique	3,31	59	4,11	37
C20:5 n-3 ecosapentaénoïque (EPA)	0,49	112	0,57	98
C21:5	0,49	68	0,49	68
C22:5 n-3 docosapentaénoïque	0,77	74	0,79	73
C22:6 n-3 docosahexaénoïque (DHA)	1,11	125	1,17	121
Total omega 3 (%)	5,77	46	5,99	46
Rapport omega 6 omega 3	5,86	47	5,47	45
Acides Gras Polyinsaturés (%)	33,75	21	36,48	17

porc, de taurillon et de veau, mais il est présent de façon significative dans la viande de lapin (1,15 % en moyenne avec des variations allant de 0,02 à 5,58 % des AG totaux en fonction du régime alimentaire) et de poulet (0,66 % des AG totaux, Tableau 10). La viande de lapin est susceptible de couvrir 33 et 28 % des ANC en DHA pour une femme et un homme respectivement. (Tableau 10).

Les acides linoléique et α -linoléique, précurseurs des 2 familles, entrent en compétition au niveau des enzymes responsables du métabolisme des AGPI à longue chaîne. Il est donc recommandé que les apports en acide linoléique soient équivalents à 5 fois ceux en acide α -linoléique (ANC, 2001 : Martin, 2001). Chez le lapin, ce rapport qui est de 9,7 est donc proche de celui recommandé par les ANC (2001) alors même que notre alimentation quotidienne avoisine un rapport de 20. Les AGPI des lipides de la

viande de lapin montrent par ailleurs un ratio oméga 6/oméga 3 de 5,9. Cependant ce ratio oméga 6/oméga3 est sujet à de fortes variations. En effet, si la teneur en oméga 6 est relativement stable dans la viande de lapin (CV= 15%), à l'inverse, le pourcentage d'oméga 3 présente de fortes variations (CV = 46% ; tableau 9). La Figure 2 illustre la variabilité des teneurs en AG ou groupe d'AG qui présentent un intérêt nutritionnel pour la santé. La viande de lapin présente ainsi une certaine plasticité pour ces constituants. Cette plasticité s'explique notamment par la composition du régime. Ainsi, parmi les ingrédients couramment incorporés dans les aliments pour lapin, la luzerne semble être la matière première la plus riche en acide α -linoléique (37 % des AG totaux soit 4,5 g/kg de matière sèche) (Sauvant *et al.*, 2002). Le lin, plus rarement utilisé en alimentation animale, est encore plus riche en acide

Tableau 10 : Teneur en acide gras (% des AG totaux) de la viande de lapin, de porc, de taurillon, de veau et de poulet, Recommandations (ANC, 2001) et contribution de 100g de viande lapin (Combes, 2004)

	Lapin ⁽¹⁾	Porc ⁽²⁾	Taurillon ⁽²⁾	Veau ⁽²⁾	Poulet ⁽²⁾	ANC 2001 ⁽³⁾	Couverture 100g de cuisson de lapin ⁽⁴⁾
AGS	39	37,0	39,5	38,9	32,0	16-19,5	7,3 - 6 %
AGMI	28	44,4	42,4	34,4	41,0	40-49	2,1 - 1,7 %
C18:2 n-6	23,5	14,3	6,3	12,4	20,1	8-10	8,8 - 7,0 %
C18:3 n-3	2,4	0,55	0,91	0,42	0,49	1,6-2	4,5 - 3,6 %
C20:4 n-6	3,3	3,63	2,36	2,29	3,64		
C20:5 n-3 (EPA)	0,49	⁽⁴⁾ -	-	-	0,17		
C22:6 n-3 (DHA)	1,11	-	-	-	0,66	0,1-0,12	33 - 28%
AGPI	33	18,5	9,5	15,2	25,1	10-12,5	9,9 - 7,9 %
AG saturés / insaturés	0,6	0,6	0,8	0,8	0,5		
C18:2 n-6 / C18:3 n-3	9,7	26	6,9	29,5	41	5	
Omega 6 /Omega 3	5,9	32,5	9,47	36,6	18,0		

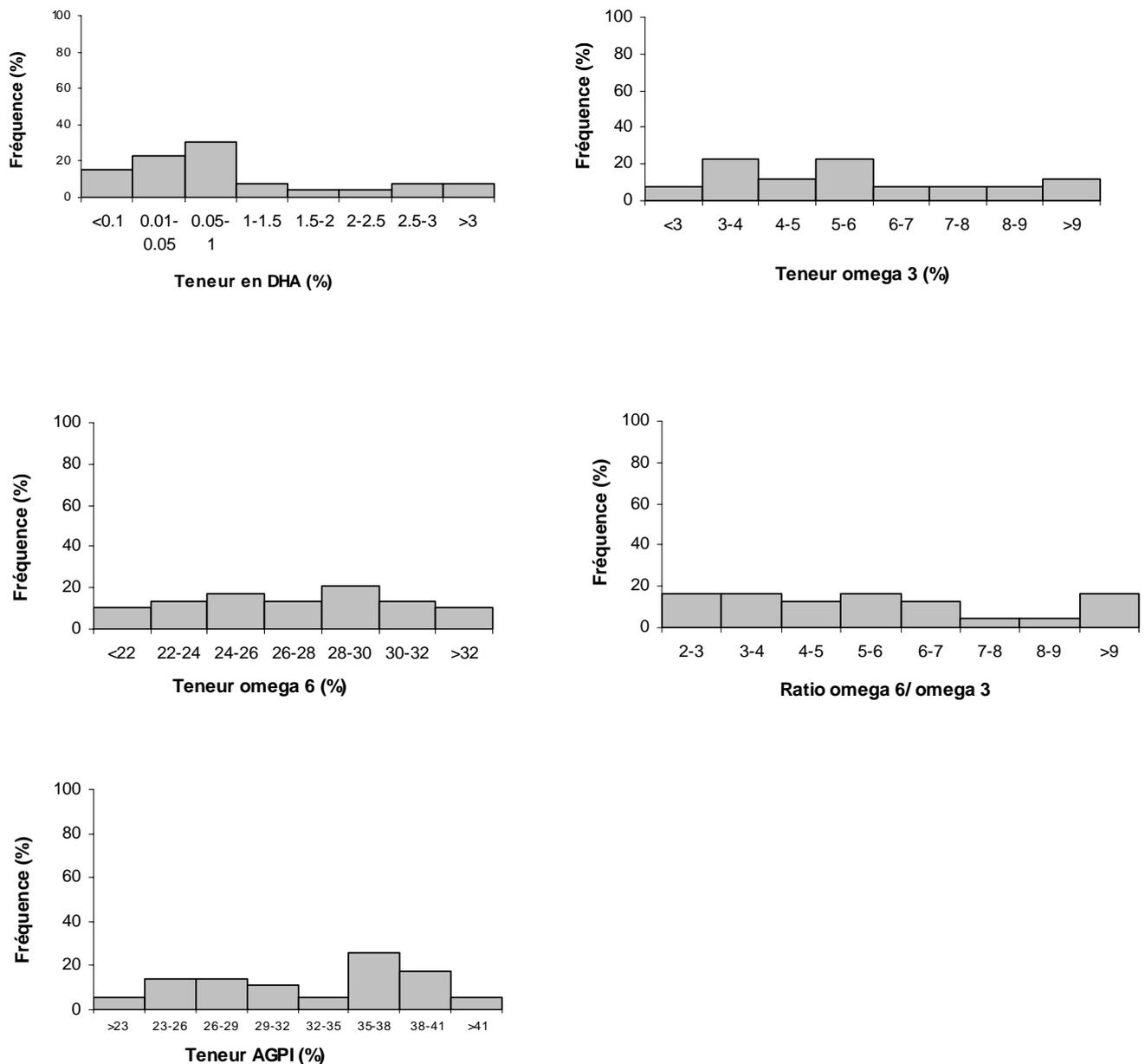
(1) Les valeurs sont issues de l'analyse des données issues de 23 publications (Combes, 2004) (2) Dalle Zotte, 2004 (2) Valeur des ANC 2001 (Martin, 2001) pour une femme et un homme respectivement (3) Couverture des ANC pour 100g de cuisson de lapin Estimation réalisée pour 100g de cuisson à teneur en lipides totaux de 3,7 % et dont la part d'acides gras totaux est estimée à 80% (4) le tiret indique que la valeur n'est pas détectable, l'absence de symbole indique que la valeur n'est pas renseignée

α -linoléique (54 % des AG totaux soit 168 g/kg de matière sèche) que la luzerne (Sauvant *et al.*, 2002). Quelques résultats indiquent une bonne liaison entre la proportion d'acide α -linoléique de la viande et celle de la ration ($R^2=0,532$; Figure 3). Ainsi, l'incorporation de 40 % de luzerne dans le régime par rapport à une ration isofibreuse, isocalorique et isoprotéique de contrôle permet de multiplier par 50 la teneur en C18:3 n-3 de la ration et par plus de 2 celle de la viande (Bernardini *et al.*, 1997; Castellini *et al.*, 1999). Ce type de liaison n'a pas été confirmé chez les lapereaux issus des mères alimentées les 8 semaines précédant leur mise bas avec rations riches en C18:3 n-3 (Dalle Zotte *et al.*, 2001). Sachant que le taux d'incorporation de luzerne dans le régime peut varier de 0 à 80%, mais est classiquement de l'ordre de 20 à 30% en France, il serait intéressant d'établir la cinétique et la relation quantitative de dépôt du C18:3n-3 dans la viande des lapins L'incorporation d'huile de poisson permet d'enrichir la ration en oméga 3 à longue chaîne (≥ 20 carbones : 13,4% et seulement 0,7% d'acide α -linoléique) (Sauvant *et al.*, 2002). Dans le but d'augmenter la part d'AGPI à longue chaîne de type DHA et EPA, Castellini et Dal Bosco (1997) ont alimenté des lapins à titre expérimental avec des quantités croissantes de farine de hareng (0 ; 7,5 ; 15 et 22 % de la ration) (Figure 4). La présence d'EPA et de DHA dans le muscle de lapin en dépit de leur absence dans la ration (lot 0% d'incorporation dans l'étude précédente) montre que le lapin effectue une biosynthèse de ces AGPI à longue chaîne. Dans ce travail, la proportion de DHA et d'AGPI à longue chaîne augmente régulièrement en

fonction du taux d'incorporation de farine de poisson. Si l'accroissement du taux de ces AGPI est bénéfique pour le consommateur, il reste à résoudre le problème d'odeur de poisson de la viande de lapin ainsi produite. Les auteurs se proposent ainsi d'étudier les possibilités d'augmenter la synthèse endogène de ces acides gras à partir de l'acide α -linoléique. Par ailleurs, d'une manière générale, les enrichissements en acides gras insaturés de la viande induisent une augmentation de la sensibilité de la viande à l'oxydation lors de sa transformation et de sa conservation. Ce processus se traduit par le développement d'une odeur de rance. Pour palier à ce défaut une supplémentation en antioxydant dans le régime alimentaire des lapins est nécessaire, par exemple de vitamine E. En effet cette dernière, lorsqu'elle est ingérée par l'animal, réduit notablement les processus d'oxydation (Corino *et al.*, 1999 ; Dalle Zotte *et al.*, 2000) et préserve ainsi la teneur en oméga 3 (Dal Bosco *et al.* 2001). Par ailleurs l'apport parallèle de vitamine C dans l'eau de boisson, à la supplémentation en vitamine E de la ration, augmente les effets antioxydants de la vitamine E dans la viande (Castellini *et al.*, 2000).

Enfin, deux études rapportent les effets d'une supplémentation du régime en acides linoléiques conjugués (CLA) sur la croissance, la qualité de la carcasse et de la viande chez le lapin. Cette incorporation reste sans effet chez les animaux aux âges et poids commerciaux d'abattage. Les dépôts éventuels de ces AG dans la viande de lapin n'ont pas été mesurés (Corino *et al.*, 2002; Corino *et al.*, 2004)..

Figure 2 :Distribution des valeurs (en %) de teneur en acide docosahexaénoïque (DHA), omega 3, omega 6, ratio omega 6/omega 3 et acides gras polyinsaturés (AGPI) exprimés en pourcentage des acides gras (AG) totaux, issues de 20 études ayant analysé la composition en acides gras de la viande fraîche de lapin (Combes, 2004)



5. Caractéristique technologique et organoleptique

L'aptitude à la conservation de la viande réfrigérée dépend de son pH. Les viandes à pH ultime (pHu) élevé (supérieur à 6) sont généralement considérées comme inaptes à la conservation car les microorganismes protéolytiques y développent rapidement de mauvaises odeurs (Gill et Newton, 1981). A l'inverse, les viandes à pHu trop bas (<5,5) se caractérisent par un moindre pouvoir de rétention de l'eau, lors de la conservation et au moment de la cuisson. Le pHu influence, à la fois, l'aspect de la viande (les viandes acides sont plus pâles), son aptitude à la conservation (les viandes acides exercent un effet bactériostatique) et la tendreté de la viande

cuite (les viandes acides sont plus dures car elles perdent plus d'eau lors de la cuisson). Les viandes dont les défauts qualitatifs sont associés à des valeurs du pHu anormalement faibles ou élevées sont décrites, chez le porc, le bovin et l'ovin (Monin, 1983, 1991), ainsi que chez le poulet et la dinde (Sams *et al.*, 1999). Chez le lapin, aucun défaut important n'a jamais été observé dans les muscles, même dans ceux qui présentent des pHu extrêmes, comme le *Longissimus lumborum*, le plus glycolytique (pHu = 5,5), ou le *Soleus*, le plus oxydatif (pHu = 6,4) (Delmas et Ouhayoun, 1990 ; Dalle Zotte *et al.*, 1996). La viande de lapin présente un fort pouvoir réfléchissant de la lumière (luminosité - L* - élevée)

Figure 3 : Relation entre la proportion d'acide α -linoléique (C18:3 n-3) de la ration et celle mesurée dans le muscle *longissimus lumborum*, la cuisse (Dalle Zotte *et al.* non publié ; Ramirez *et al.*, 2004) ou la viande (morceau non précisé : Cobos *et al.*, 1993, 1995) exprimé en % des acides gras (AG) totaux (Références complètes dans Combes, 2004)

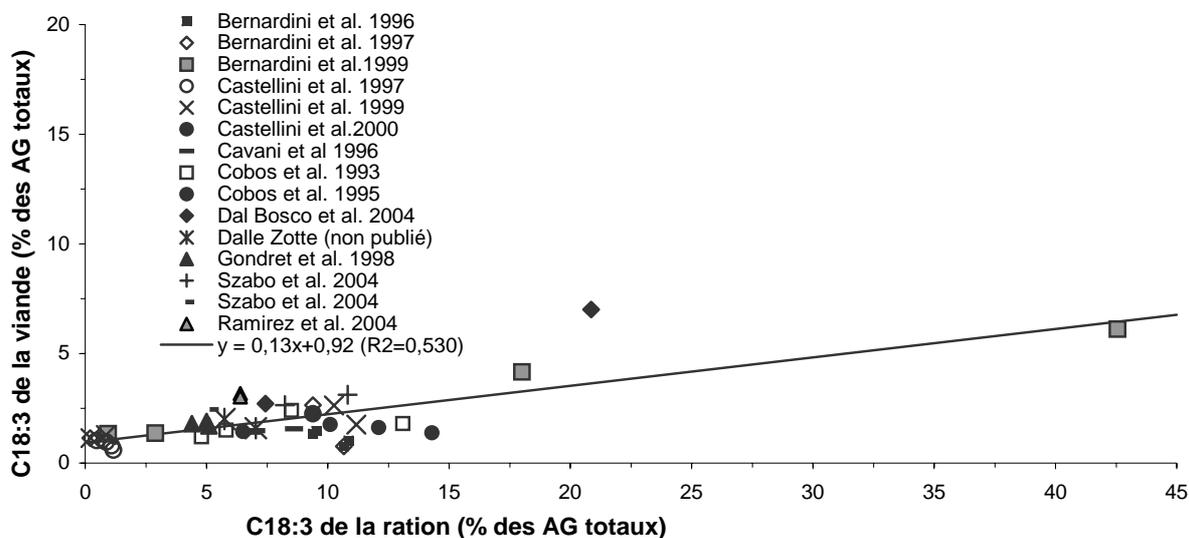


Tableau 11. pHu, couleur, dureté et pertes à la cuisson de la viande (valeurs moyennes du muscle *Longissimus dorsi* ; m. *Pectoralis major* chez le poulet) (Dalle Zotte, 2004)

	Porc	Taurillon	Veau	Poulet	Lapin
pHu	5.5-5.7	5.6	5.5-5.6	5.6-5.7	5.6-5.7
Couleur :					
L*	48-52	41-44	54-55	51-53	56-60
a*	8-11	20-21	11-12	1.3-2.5	2.6-3.4
b*	5	11	8.5-9.4	13-14	4-5
Force de cisaillement ¹ (kg/cm ²)	4-5	4-8	2.5-3.1	1.4-1.7	2.4-4.5
Pertes de poids à la cuisson (%)	29-35	27-32	29-31	20-21	20-22

¹viande cuite

et, du fait de sa faible teneur en myoglobine (faible indice de rouge a*) (Tableau 11), une évolution modérée de la couleur pendant la conservation.

Concernant la tendreté des viandes, celles du poulet et du lapin présentent les valeurs les plus faibles de force de cisaillement comparées avec la viande de porc ou de taurillon (tableau 11). La même tendance est observée pour les pertes à la cuisson, plus réduites chez le lapin et le poulet, par rapport aux autres espèces considérées (Tableau 11). Les viandes "blanches", lapin compris, sont souvent considérées comme trop sèches (manque de jutosité) par le consommateur. Ce constat est plutôt dépendant de la faiblesse en lipides intramusculaires de ce type de viandes.

Les lipides de la viande jouent un rôle primordial sur le goût, considéré dans son acception globale. Pendant la conservation et la cuisson, leur oxydation participe, dans une large mesure, au développement de la saveur typique de chaque viande. De fortes proportions d'AGI favorisent les processus

d'oxydation, tandis qu'une forte teneur en AGPI (la plupart d'eux étant constitutifs des phospholipides) limite le temps de conservation de la viande cuite. Les processus d'oxydation peuvent aussi affecter le cholestérol (formation de COPs i.e. produits d'oxydation du cholestérol). Le fer constitutif de l'hème de l'hémoglobine et de la myoglobine, ainsi que de la ferritine, accélère l'oxydation des lipides. La sensibilité à l'oxydation au cours de la conservation dépend donc de l'effet conjoint des teneurs en AGPI et en fer héminique des viandes (Dalle Zotte, 2004). La figure 5 illustre une comparaison des valeurs d'oxydation, exprimées en indice TBARS (substances réagissant à l'acide thiobarbiturique, exprimées en mg de MDA/kg viande), de la viande de taurillon et de viandes blanches. Bien que les indices de TBARS présentés en Figure 5 soient issus de publications différentes pour chaque espèce, on peut noter la plus grande sensibilité de la viande de lapin à l'oxydation par rapport aux autres espèces. Cependant, si la viande de lapin est « travaillée » dans de bonne condition l'oxydation peut être limitée. Ainsi, après 7

Figure 4 : Relation entre le taux d'incorporation de farine de hareng dans la ration et la proportion d'acide éicosapentaénoïque (EPA), d'acide docosahexaénoïque (DHA) et d'acides gras oméga 3 à longue chaîne (supérieure à 20 carbones) (ω 3 C \geq 20) mesurée dans le muscle LL d'après Castellini et Dal Bosco (1997) (AG = acides gras)

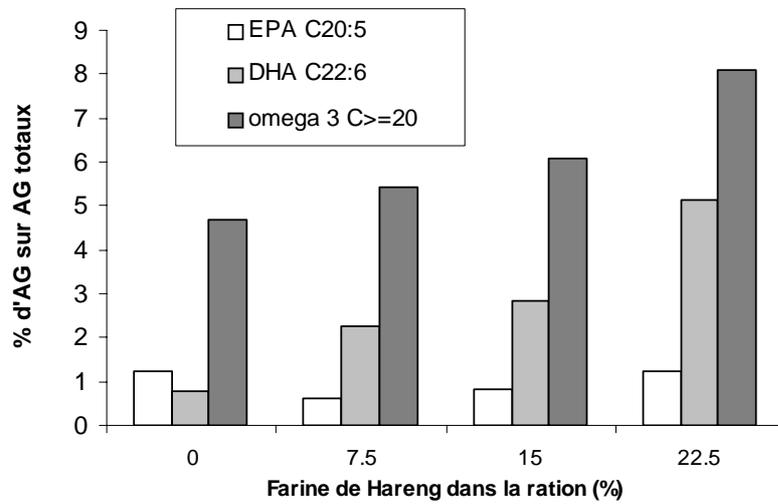
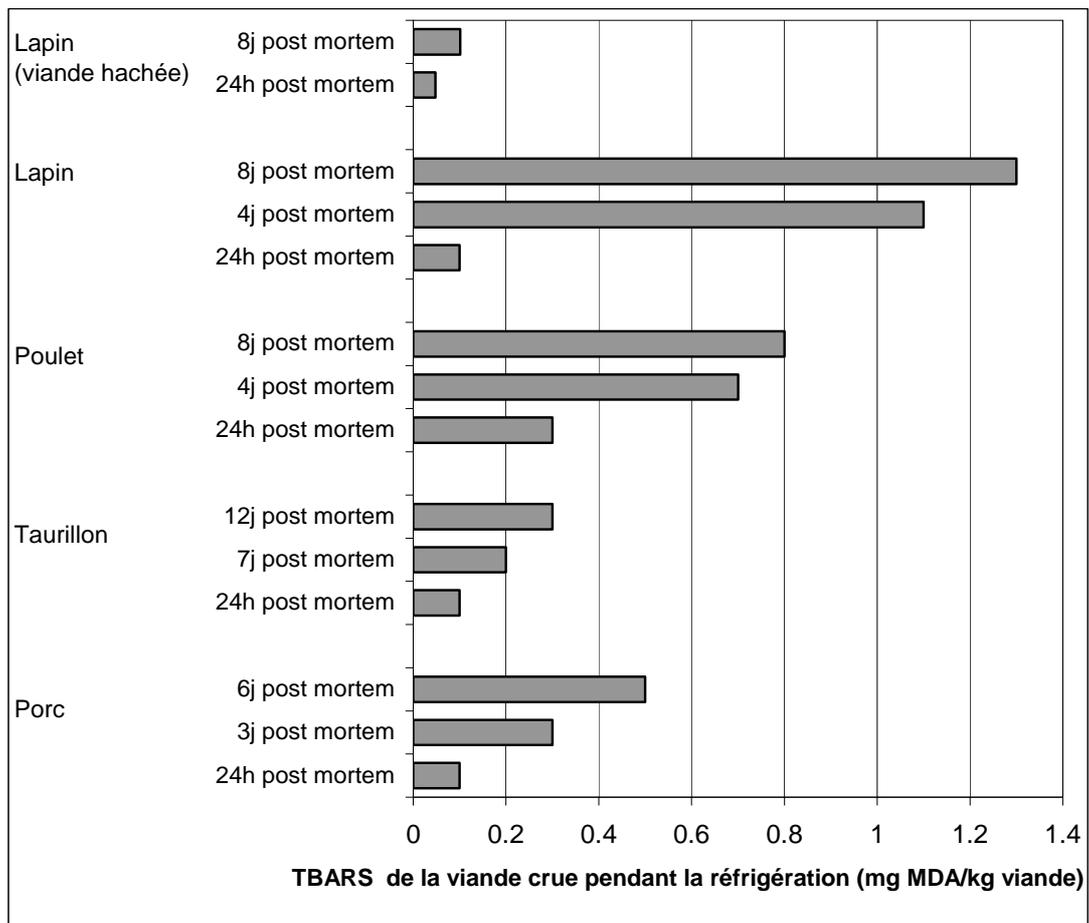


Figure 5 Comparaison des valeurs d'oxydation, exprimées en indice TBARS (substances réagissant à l'acide thiobarbiturique, exprimées en mg de MDA/kg muscle), de la viande de porc (muscle *longissimus lumborum* : Hoving-Bolink *et al.*, 1998), de taurillon (muscle *longissimus thoracis*, Settineri *et al.*, 1999), de poulet (muscle *pectoralis major* : Ki-Taeg Nam *et al.*, 1997) et de lapin (muscle *longissimus dorsi* : Lopez Bote *et al.*, 1998 ; viande hachée : Dalle Zotte *et al.*, 2000).



jours de conservation à +4°C dans de bonne condition, la valeur de l'indice TBARS reste faible et passe de 0,048 à 0,101 mg MDA/kg de viande (Dalle Zotte *et al.*, 2000).

L'oxydation des lipides influence donc la qualité technologique et organoleptique de la viande mais aussi sa valeur nutritionnelle. Au cours de la cuisson, les phospholipides, en particulier, exercent un grand rôle dans le développement de l'arôme de la viande. Les mécanismes biochimiques en sont les suivants : 1- formation de composés carbonylés, provenant de l'oxydation des acides gras, ce qui ajoute des notes "grasses" à l'arôme de la viande ; 2- réactions entre les lipides (ou leurs produits d'oxydation) et les produits de la réaction de Maillard, qui diminuent la concentration des hétérocycles soufrés, ce qui a pour effet de renforcer la note "viande" de l'arôme (Meynier et Gandemer, 1994). La cuisson détermine une oxydation partielle des AGPI des phospholipides. Leur oxydation est plus élevée dans les muscles oxydatifs que dans les muscles glycolytiques; elle est d'autant plus forte que l'insaturation des AGPI est plus forte (Gandemer, 1998). Les diverses méthodes de cuisson (milieu humide ou sec, chaleur intense ou modérée) ont chacune un rôle spécifique sur la formation de la saveur de la viande. Lorsqu'elle est pratiquée à température élevée, la cuisson des viandes riches en AGS entraîne la formation d'amines hétérocycliques, qui sont carcinogènes (cancer du colon et de la prostate).

Conclusion

La viande de lapin possède un intérêt nutritionnel certain. En effet, la viande de lapin présente un ratio protéine/énergie intéressant dans un contexte de limitation des apports caloriques. Elle est par ailleurs pauvre en sodium mais riche en phosphore. Concernant la composition de la fraction lipidique, cette synthèse permet de montrer la remarquable plasticité de la viande de lapin qui permet, en fonction essentiellement de l'alimentation, de moduler fortement les teneurs en un AG ou groupe d'AG qui présentent un intérêt nutritionnel pour la santé. Ainsi, en fonction de l'équilibre en AG de l'alimentation des lapins, la viande pourrait contribuer à l'apport de plus de 4 % des besoins en acide α -linoléique pour un adulte et présenter un ratio entre la teneur en acides gras oméga 6 et oméga 3 avantageux de 5,9. Des lacunes dans la connaissance de la qualité nutritionnelle de la viande de lapin persistent. Ces lacunes concernent les données de teneurs en minéraux et vitamines dont il conviendrait de mieux déterminer les teneurs, voire de les établir dans certains cas.

Comme pour les autres viandes, la consommation de lapin est influencée par les évolutions de nos sociétés. Alors que la consommation en viande de lapin des personnes âgées reste relativement stable, les habitudes alimentaires des jeunes évoluent très rapidement. Aujourd'hui, la consommation est plutôt

influencée par les aspects marketing des produits proposés, tel que l'aspect visuel de la viande, sa "praticité" culinaire car les structures sociales ont évolué et les temps réservés à la préparation des repas ont diminué. Par ailleurs, les consommateurs sont à la recherche d'une alimentation aussi saine que possible. Les aliments ont ainsi acquis depuis peu un « capital santé / bien-être ». Devant cet engouement pour la qualité diététique des aliments, les entreprises agroalimentaires mettent en avant les vertus de différents composants dont les acides gras oméga 3 et le sélénium. A l'heure actuelle il serait souhaitable de disposer de références supplémentaires pour asseoir sur des bases solides la communication autour de ces caractéristiques de la viande de lapin.

Références

- ALASNIER C., REMIGNON H., GANDEMER G., 1996. Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Sci.*, 43, 213-224.
- BERNARDINI M., CASTELLINI C., DAL BOSCO A., 1997. -3 level of rabbit meat with respect to the diet content. XII cong. ASPA Pisa, Italie. 23-26 juin.
- BENTLEY P.J., GRUBB B.R., 1991. Effects of a zinc deficient diet on tissue zinc concentrations in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 69(12), 4876-4882.
- BOSELTMANN A., MOLLER C., STEINHART H., KIRCHGESSNER M., SCHWARZ F.J. 1995. Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. *J. of Food Science*, 60, 953-958.
- CASTELLINI C., DAL BOSCO A., 1997. Effect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acids content of rabbit meat. *Food and Health: Role of Animals Products*, 67-71.
- CASTELLINI C., DAL BOSCO A., BERNARDINI BATTAGLINI M., 1999. Effect of dietary supplementation of polyunsaturated fatty acids of n-3 series on rabbit meat and its oxidative stability. *Zoot Nutr Anim*, 25, 63-70.
- CASTELLINI C., DAL BOSCO A., BERNARDINI M., 2000. Improvement of lipid stability of rabbit meat by vitamin E and C administration. *J. Sci. Food Agric.*, 51, 46-53.
- CAVANI C., BIANCHI M., LAZZARONI C., LUZI F., MINELLI G., PETRACCI M., 2000. Influence of type of rearing, slaughter age and sex on fattening rabbit : II. Meat quality. 7th World Rabbit Congress Valencia (Spain). 4-7 Juillet. A, pp:567-572.
- CHIERICATO G.M., RIZZI C., ROSTELLATO V., 1996. Meat quality of rabbits of different genotypes reared in different environmental conditions. 6th World Rabbit Congress Toulouse. July 9-12. 3, pp:141-146.
- COMBES S., 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRA Prod. Anim.*, 15, 373-384
- COMBES S., LEBAS S., 2003. Les modes du logement du lapin en engraissement : Influence sur la qualité des carcasses et des viandes. 10èmes Journ. Rech. Cunicole Paris (France). 19-20 novembre, pp:185-200.
- COMBES S., LEPETIT J., DARCHE B., LEBAS F., 2003. Effect of cooking temperature and cooking time on Warner-Bratzler tenderness measurement and collagen content in rabbit meat. *Meat Sci.*, 66(1)11-96.
- CORINO C., PASTORELLI G., PANTALEO L., ORIANI G., SALVATORI G., 1999. Improvement of color and lipid stability of rabbit meat by dietary supplementation with vitamin E. *Meat Sci.*, 52, 285-289.
- CORINO C., MOUROT J., MAGNI S., PASTORELLI G., ROSI F., 2002. Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, meat quality, lipogenesis, plasma leptin and physiological variables of lipid metabolism in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 80, 1020-1028.

- CORINO C., FILETTI F., GAMBACORTA M., MANCHISI A., MAGNI S., PASTORELLI G., ROSSI R., MAIORANO G., 2004. Influence of dietary conjugated linoleic acids (CLA) and age at slaughtering on meat quality and intramuscular collagen in rabbits. *Meat Sci.*, 66, 97-103.
- CULIOLI J., TOURAILLE C., BORDES P., GIRARD J.P. 1990. Caractéristiques des carcasses et de la viande du poulet "label fermier". *Archiv für Geflügelkunde*, 54, 237-245.
- DAL BOSCO A., CASTELLINI C., BERNARDINI M., 2001. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *J. Food Sci.*, 66, 1047-1051.
- DALLE ZOTTE A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing rabbit carcass and meat quality. "Livestock Production Science", vol. 75/1, pp. 11-32.
- DALLE ZOTTE A., 2004. Le lapin doit apprivoiser le consommateur : Avantages diététiques. *Viandes Prod. Carnés*, 23, 161-167.
- DALLE ZOTTE A., 2005. Influence of the genetic origin and sex on live performance and carcass traits in the rabbit. Preliminary results. "13th International Symposium Animal Science Days". 12-16 September 2005. Italian Journal of Animal Science (IJAS). Vol. 4 - Supplement 3, 175-177.
- DALLE ZOTTE A., REMIGNON H. 2005. Meat quality and muscle fibre traits in rabbits of different genetic origin and sex. Proc. "51st International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST)". August, 7-12 2005, Baltimore, Maryland, USA, Th42, 109.
- DALLE ZOTTE A., COSSU M.E., PARIGI BINI R. 2000. Effect of the dietary enrichment with animal fat and vitamin E on rabbit meat shelf-life and sensory properties. Proc. "46th I.Co.M.S.T.", Buenos Aires (AR), August 27 - September 1, 4.II - P8.
- DALLE ZOTTE A., CHIERICATO G.M., RIZZI C., ZAKARIA H. 2001. Effet de la restriction alimentaire de la lapine nullipare sur le profile en acides gras des lipides des muscles des lapins issus de la première mise bas. "9èmes Journées de la Recherche Cunicole", Paris. 28-29 novembre. (pp. 23-26).
- DALLE ZOTTE A., OUHAYOUN J., PARIGI BINI R., XICCATO G. 1996. Effect of age, diet and sex on muscle energy metabolism and on related physicochemical traits in the rabbit. *Meat Science*, 43, 15-24.
- DALLE ZOTTE A., PARIGI BINI R., XICCATO G., COSSU M.E., 1997. Effetto della dieta e della durata del post-svezzamento sulla qualità della carcassa e della carne di coniglio. XII Congresso Nazionale A.S.P.A.", Pisa, 23-26 giugno, 383-384.
- DELMAS D., OUHAYOUN J. 1990. Technologie de l'abattage du lapin. 1. Etude descriptive de la musculature. *Viandes Prod. Carnés*, Vol. 11(1), 11-14.
- EASTRIDGE J.S., SOLOMON M.B., PIERRE J.L., PAROCZAY E.W., CALLAHAN J.A. 2002. Collagene solubility in hydrodynamic pressure process-treated beef Longissimus muscle. Institute of Food Technologists. Annual Meeting and Food Expo, Anaheim, California, June 15-19, Abstract 88-10.
- FERNANDEZ X., MONIN G., TALMANT A., MOUROT J., LEBRET B., 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. *Meat Sci.*, 53, 59-65.
- GANDEMER G. 1998. Lipids and meat quality – Lypolysis – Oxidation and flavour. In *Proc. 44th I.Co.M.S.T.*, L10, 106-119.
- GILL C.O., NEWTON K.G. 1981. Microbiology of DFD beef. *Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci.*, 10, 305-321
- GONDRET F., 1998. Lipides intramusculaires et qualité de la viande de lapin. 7èmes Journées de la Recherche Cunicole . 13-14 mai, pp:101-109.
- GONDRET F., 1999. La lipogénèse chez le lapin. Importance pour le contrôle de la teneur en lipides de la viande. *INRA Prod. Anim.*, 12, 301-309.
- GONDRET F., MOUROT J., LEBAS F., BONNEAU M., 1998a. Effects of dietary fatty acids on lipogenesis and lipid traits in muscle, adipose tissue and liver of growing rabbits. *Anim. Sci.*, 66, 483-489.
- GONDRET F., MOUROT J., LEBAS F., BONNEAU M., 1998b. Effects of dietary fatty acids on lipogenesis and lipid traits in muscle, adipose tissue and liver of growing rabbits. *Anim. Sci.*, 66, 483-489.
- GONDRET F., COMBES S., Larzul C., 2003. Sélection divergente sur le poids à 63 jours : conséquences sur les caractéristiques musculaires à même âge ou à même poids. 10èmes Journ. Rech. Cunicole Paris, France. 19-20 novembre, pp:153-156.
- HORROCKS L.A., YEO Y.K., 1999. Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). *Pharmacological RESEARCH*, 40, 211-225.
- HOVING-BOLINK A.H., EIKELENBOOM G., VAN DIEPEN TH.M., JONGBLOED A.W., HOUBEN J.H. 1998. Effect of dietary vitamin E supplementation on pork quality. *Meat Science*, 49(2), 205-212.
- ISMAIL A.M., SHALASH S.M., KOTBY E.A., CHEEKE P.R., PATTON N.M. (1992) Hypervitaminosis A in rabbits. I. Dose response. *J. appl. Rabbit Res.*, 15-985-994
- JEHL N., DELMAS D., LEBAS F., 2000. Influence of male rabbit castration on meat quality.1/. Performances during fattening period and carcass quality. 7th World Rabbit Congress Valencia (Spain). 4-7 July. A, pp:607-612.
- KI-TAEG NAM., HUI-AE LEE, BANG-SIK MIN, CHANG-WON KANG 1997. Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids, α -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. *Animal Feed Science Technology*, 66, 149-158.
- LEBAS F., RETAILLEAU B., HURTAUD J., 2001. Evolution de quelques caractéristiques bouchères et de la composition corporelle de 2 lignées de lapins entre 6 et 20 semaines d'âge. 9èmes Journ Rech Cunicole Paris, France. 28-29 novembre, pp:55-58.
- LEBRET B., LISTRAT A., CLOCHEFERT N. 1998. Age-related changes in collagen characteristics of porcine loin and ham muscles. In *Proceedings 44th I.Co.M.S.T.*, Vol. II pp. 718-719, 30 august-4 september 1998. Barcelona, Spain.
- LOPEZ-BOTE C.J., SANZ M., REY A., CASTAÑO A., THOS J. 1998. Lower lipid oxidation in the muscle of rabbits fed diets containing oats. *Animal Feed Science Technology*. 70, 1-9.
- MARTIN A., 2001. Apport nutritionnel conseillé pour la population française, 3ème Edition. Technique et Documentation Technique et Documentation, pp:650.
- METZGER SZ., DALLE ZOTTE A., BIRO-NEMETH E., RADNAI I., SZENDRO, ZS. 2005. Effect of maternal lysine supplementation on the performance of growing rabbits (preliminary results). "13th International Symposium Animal Science Days". 12-16 September 2005. Italian Journal of Animal Science (IJAS). Vol. 4 - Supplement 3, 39-42
- MEYNIER A., GANDEMER G. 1994. Revue : La flaveur des viandes cuites : relations avec l'oxydation des phospholipides. *Viandes Prod. Carnés*, 15(6), 179-182.
- MONIN G. 1983. Influence des conditions de production et d'abattage sur les qualités technologiques et organoleptiques des viandes de porc. In *Proc. Journées Rech. Porcine en France*. 15, 151-176.
- MONIN G. 1991. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.*, 4(2), 151-160.
- MURPHY R.Y., MARKS B.P. 2000. Effect of meat temperature on proteins, texture, and cook loss for ground chicken breast patties. *Poultry Science*, 79, 99-104.

- OUHAYOUN J., POUJARDIEU B., 1978. Etude comparative de races de lapins en croisement. Relations interraciales et intraraciales entre caractères des produits terminaux. 2èmes Journ Rech Cunicole Fr Toulouse. 4-5 avril, pp:communication 24.
- OUHAYOUN J., LEBAS F. 1987. Composition chimique de la viande de lapin. *Cuniculture*, 73, 14(1), 33-35
- OUHAYOUN J., DELMAS D., 1989. La viande de lapin : composition de la fraction comestible de la carcasse et des morceaux de découpe. *Cuni-Sciences*, 5, 1-6.
- PARIGI BINI R., XICCATO G., CINETTO M., DALLE ZOTTE A., 1992. Effect of slaughter age, slaughter weight and sex on carcass and meat quality in rabbit. 2. Chemical composition and meat quality. *Zoot Nutr Anim*, 18, 173-190.
- PATUREAU-MIRAND P., REMOND D., 2001. Viande et nutrition protéique : Une place confortée par les nouvelles connaissances. *Viandes Prod. Carnés*, 22, 103-107.
- RAMIREZ J.A., DIAZ I., PLA M., GIL M., BLASCO A., ANGELS OLIVER M., 2004. Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *Food Chemistry*, In Press, Corrected Proof.
- SAMS A.R., OWENS C.M., WOELFEL R.L., HIRSCHLER E.M. 1999. The incidence, characterization, and impact of pale, exudative turkey and chicken meat in commercial processing plants. *Proc. XIV European Symposium on the Quality of Poultry Meat*, Bologna (I), 19-23 September, Vol. 1, 49-54.
- SALVINI S., PARPINEL M., GNAGNARELLA P., MAISONNEUVE P., TURRINI A. 1998. Banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologici in Italia. Ed. Istituto Superiore di Oncologia.
- SAUVANT D., PEREZ J., TRAN G., 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage INRA, AFZ, Paris (France), pp:301.
- SETTINERI D., IACURTO M., GIGLI S., MORMILE M. 1999. Use of modified atmosphere packaging to extend the shelf life of meat. *Proc. XIII ASPA Congress*, Piacenza (I), June 21-24, 680-682.
- SKRIVANOVA V., SKRIVAN M., MAROUNEK M., BARAN M., 2001. Effect of feeding supplemental copper on performance, fatty acid profile and on cholesterol contents and oxidative stability of meat of rabbits. *Archives of Animal Nutrition - Archiv Fur Tierernahrung*, 54, 329-339.
- SZABO A., FEBEL H., DALLE ZOTTE A., MEZES M., SZENDRO Z., ROMVARI R., 2004a. Reversibility of the changes of rabbit acid profile. *Ital J Food Sci*, 16, 69-77.
- SZABO A., MEZES M., DALLE ZOTTE A., SZENDRO Z., ROMVARI R., 2004b. Changes of the fatty acid composition and malondialdehyde concentration in rabbit Longissimus dorsi muscle after regular electrical stimulation. *Meat Sci.*, 67, 427-432
- VEZINHET A., PRUD'HON M., 1975. Evolution of various adipose deposits in growing rabbits and sheep. *Anim. Prod.*, 20, 363-370.
- WIESNER E., BERSCHNEIDER F., WILLER H., WILLER S., 1978. Distribution types statistical measures and correlations of the selenium content in 'Selenium Indicating' organs of the rabbit. *Arch. exp. vet. Med.*, 32(1), 81-92
- XICCATO G., 1999. Feeding and meat quality in rabbits : a review. *World Rabbit Sci*, 7, 75-86.