

Croissance compensatrice chez le porc : effets sur les performances de croissance, la composition de la carcasse et la qualité de la viande

Anke HEYER, Bénédicte LEBRET

UMR INRA-Agrocampus SENAH, 35590 Saint Gilles

Benedicte.Lebret@rennes.inra.fr

Croissance compensatrice chez le porc : effets sur les performances de croissance, la composition de la carcasse et la qualité de la viande

La croissance compensatrice influence les performances de croissance et la qualité de viande chez le porc. L'objet de ce travail était d'appliquer cette stratégie pour accroître l'âge à l'abattage des porcs et modifier les taux de dépôts de lipides et protéines corporels, afin d'améliorer la qualité sensorielle des viandes. Au poids moyen de 30 kg, 112 porcs Duroc x (Large White x Landrace) (mâles castrés et femelles) étaient placés dans le groupe T (alimentation à volonté en phases de croissance (30-70 kg) et finition (70-110 kg)) ou CC (restriction alimentaire (65 % du niveau à volonté) en croissance, puis à volonté en finition). Les porcs CC présentaient une vitesse de croissance inférieure en période de croissance (-35 %) et supérieure (+13 %) en finition (=croissance compensatrice) et étaient plus âgés (19j) à 110 kg comparativement aux T. Les porcs CC étaient plus maigres que les T à 70 kg mais pas à 110 kg pour la plupart des caractères d'adiposité considérés, et présentaient des teneurs inférieures en lipides intramusculaires à 70 et à 110 kg. Ainsi, la croissance compensatrice entre 70 et 110 kg favorise le dépôt de lipides comparativement aux protéines au niveau de la carcasse, mais pas au niveau du muscle. Le potentiel glycolytique et l'indice b* des muscles *Longissimus* et *Biceps femoris* étaient légèrement inférieurs chez les porcs CC, alors que les pH1, pHu, pertes en eau, et indices L* et a* n'étaient pas affectés. Des analyses complémentaires permettront d'évaluer les effets de la croissance compensatrice sur le taux de renouvellement des protéines musculaires et la qualité sensorielle de la viande.

Compensatory growth in pigs: effects on growth performance, carcass and muscle composition and meat quality traits

Compensatory growth in pigs affects performance and meat quality traits. The aim of our study was to produce pigs with higher final slaughter age, and modified lipid and protein deposition rates to achieve beneficial sensory meat quality, using compensatory growth. At the average live weight (LW) of 30kg, 112 Duroc x (Large White x Landrace) pigs (females and castrated males) were allocated to either group T (ad libitum feeding during growing (30 -70kg LW) and finishing (70-110kg LW)), or CC (feeding restriction (65% of ad libitum) during growing, and ad libitum during finishing). CC pigs showed decreased average daily gain (ADG) (-35%) during growing, but increased ADG (+13%) during finishing (=compensatory growth) due to higher feed intake and better feed conversion ratio, and were thus 19d older at 110kg than T pigs. Carcass measurements showed that CC pigs were leaner at 70kg, whereas most of these differences were no longer significant at 110kg. However, CC pigs had lower intramuscular fat levels than T at 70 and at 110kg. Calculations of lipid and protein deposition rates indicate that compensatory growth from 70 to 110kg LW lead to a higher deposition rate of adipose than lean tissue at the carcass level, but not at the muscular level. Glycolytic potential and yellowness of *Longissimus* and *Biceps femoris* muscles were slightly decreased with compensatory growth, whereas pH1, pHu, drip losses, meat lightness and redness remained unaffected. Subsequent analyses will be undertaken to evaluate the effects of compensatory growth on muscle protein turnover and meat sensory quality.

INTRODUCTION

Une stratégie alimentaire consistant à restreindre les apports alimentaires aux porcs en phase de croissance puis à les réalimenter à volonté en finition leur permet d'exprimer une croissance compensatrice, soit une vitesse de croissance plus élevée en finition comparativement à des animaux témoins alimentés à volonté. Sur l'ensemble de la période de croissance - finition, l'efficacité alimentaire est améliorée, alors que la vitesse de croissance est réduite, ou non affectée (Campbell et al., 1983 ; Donker et al., 1986 ; Therkildsen et al., 2002). La croissance compensatrice influence les cinétiques de dépôt des tissus maigres et gras pendant la phase de réalimentation, permettant de modifier la composition corporelle à l'abattage (Hornick et al., 2000). Au niveau des muscles, le taux de renouvellement des protéines est accru suite à l'augmentation de leur synthèse et de leur dégradation *in vivo*, pouvant accroître l'intensité de la protéolyse post-mortem et améliorer ainsi la tendreté des viandes (Kristensen et al., 2002 ; Therkildsen et al., 2002, 2004).

Dans la plupart de ces études, les durées de restriction et de réalimentation sont raisonnées sur des durées et non des stades physiologiques, les animaux étant abattus à âge constant, mais généralement à un poids inférieur à celui des témoins. Or, une augmentation de l'âge à l'abattage des porcs est souvent jugée par les consommateurs comme un critère de qualité supérieure. Nous avons donc considéré que l'expression d'une phase de croissance compensatrice après une restriction marquée pourrait 1) augmenter l'âge à l'abattage à un poids donné, 2) améliorer la tendreté des viandes suite à l'effet sur le turn-over des protéines musculaires et 3) favoriser l'accrétion des lipides corporels et intramusculaires, favorables à la qualité des viandes.

L'objet de ce travail est donc d'évaluer les effets d'une phase de réalimentation en finition (70-110 kg) consécutivement à une restriction alimentaire de 35 % de 30 à 70 kg, sur les performances de croissance, la composition des carcasses et des muscles, les taux de dépôt de protéines et lipides corporels et musculaires, et la qualité de la viande chez le porc.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux

Au total, 125 porcs (mâles castrés et femelles) croisés Duroc X (Large White X Landrace), issus de 16 portées produites à partir de 3 verrats, ont été utilisés dans l'expérience. Au poids vif (PV) moyen de 30 kg (75j), dans chaque portée, des porcs mâles castrés (MC) et femelles (F) étaient choisis sur la base de leur poids vif à 30 kg, à la naissance et au sevrage, et placés dans un des deux lots suivants :

- Témoin (T, n=56) : alimentation à volonté pendant les périodes de croissance (30 à 70 kg PV, aliment « croissance » ; Tableau 1) puis de finition (70 à 110 kg PV, aliment « finition »).
- « Croissance compensatrice » (CC, n=55) : ces porcs subissaient une restriction alimentaire globale pendant la période de croissance (30 à 70 kg PV) et recevaient l'aliment croissance à 65 % du niveau moyen de l'ingéré des porcs

du même sexe du groupe T. Ils étaient ensuite alimentés à volonté de 70 à 110 kg PV avec l'aliment finition.

De plus, 14 porcelets (7MC et 7F) représentatifs des porcs en expérience et issus de différentes portées, étaient choisis au stade de 30 kg PV et abattus immédiatement.

Les porcs T et CC étaient équitablement répartis (intra-sexe et intra-portée) dans 2 salles différentes d'un même bâtiment et logés en case individuelle (2,25 m²/porc, sol plein non paillé).

Les plans d'alimentation des porcs CC étaient calculés chaque semaine sur la base du poids vif et de la consommation alimentaire moyenne des porcs T, par sexe, intra-salle. La ration des porcs CC était distribuée en un seul repas, le matin.

Les porcs étaient pesés chaque semaine sans mise à jeun, excepté à la mise en lot, en fin de croissance (70 kg) et de finition (110 kg). Les quantités d'aliment distribuées et les refus étaient enregistrés chaque semaine. L'eau était disponible à volonté pendant toute la durée de l'expérience.

Tableau 1 - Composition des aliments

	Aliment croissance	Aliment finition
Composition centésimale, %		
Blé	26,93	29,68
Orge	26,93	29,68
Maïs	15,00	15,00
Tourteau de soja	18,70	13,30
Huile de colza	2,00	2,00
Son de blé	4,00	4,00
Mélasses	3,00	3,00
L-lysine - HCL	0,24	0,21
D-L- méthionine	0,04	0,02
L- thréonine	0,10	0,07
L- tryptophane	0,01	-
Phosphate bicalcique	1,10	1,10
Carbonate de calcium	1,00	1,00
Sel marin	0,45	0,45
Oligo-éléments et vitamines	0,50	0,50
Composition chimique, %		
Matière sèche	87,42	87,24
Matières azotées totales	16,83	15,19
Matières grasses	3,47	3,56
Cellulose brute	3,32	3,15
Amidon	41,99	43,51
Matières minérales	5,21	5,16
Lysine ₁	0,99	0,84
Energie nette, MJ/kg ₁	9,70	9,84

¹ Valeur estimée d'après les tables INRA-AFZ (2002)

1.2. Abattage

Pour chaque salle et chaque sexe, des porcs représentatifs de chaque lot (15 porcs/lot/stade) étaient sélectionnés sur la base de leur portée d'origine, poids en début d'expérience et vitesse de croissance et abattus à 70 kg ou 110 kg PV. Le reste des animaux était abattu à 110 kg PV.

Sur tous les animaux, les poids de carcasse chaude, tube digestif vide et foie, les épaisseurs de lard dorsal (ELD) (moyenne des valeurs aux 3/4 dernières côtes et 3/4 vertèbres lombaires) et de muscle pour détermination de la teneur en viande maigre (TVM_{FOM}) (stade 110 kg), ainsi que le poids des morceaux de découpe de la demie carcasse gauche (pour calcul de la teneur en viande maigre (TVM_{CALC}) d'après Métayer et Daumas (1998)) ont été enregistrés. Sur les sélectionnés pour abattage à 30, 70 et 110 kg (15/lot), les poids du muscle *Longissimus* disséqué et des pièces du jambon après dissection partielle ont également été enregistrés.

1.3. Composition des muscles et qualité de la viande

Le jour de l'abattage, des échantillons des muscles *Longissimus* (L, 3/4 vertèbres lombaires, 18 min p.m.) et *Biceps femoris* (BF, 18 min p.m.) ont été prélevés et congelés immédiatement (-80°C) avant détermination du pH1 après broyage dans tampon iodoacétate (électrode Xerolyte Ingold, pH mètre portable) et du potentiel glycolytique (PG = 2 (glycogène+glucose+glucose-6-phosphate) + lactate). Le lendemain, une tranche (section transversale) des muscles L et BF a été prélevée, parée et broyée. Un sous-échantillon a été utilisé pour détermination de la matière sèche après dessiccation (24h, 103°C). Le reste a été lyophilisé, broyé et conservé sous vide à -20°C avant détermination des teneurs en protéines (= 6,25*azote total (méthode de Dumas)) et en lipides après extraction dans l'éther de pétrole. Une autre tranche de chaque muscle a été prélevée pour mesure du pHu et de la couleur (CIE L* a* b*, Chromameter CR300

Minolta). Une tranche de *Longissimus* a été prélevée pour détermination des pertes en eau (méthode sachets plastiques).

1.4. Analyses statistiques

Les données ont été soumises à une analyse de variance (procédure GLM, SAS), incluant les effets fixes de la stratégie alimentaire (A) (T ou CC), du sexe (S) (MC ou F), et des ascendants (truite(verrat)). L'interaction A x S était également incluse dans le modèle lorsque significative (P<0,05). Les moyennes des moindres carrés et les erreurs standard sont présentées dans les tableaux.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances de croissance et qualité des carcasses

Les performances de croissance des animaux et la composition des carcasses étant similaires dans les deux salles (P>0,05), les résultats ont été groupés. Durant la phase de croissance (30 - 70 kg), la consommation alimentaire moyenne des porcs CC équivaut à 65 % du niveau à volonté des porcs T, comme prévu dans notre protocole (Tableau 2). En conséquence, les porcs CC ont une vitesse de croissance moyenne réduite d'environ 35 % et sont plus âgés de 21,4 jours au poids moyen de 70 kg, comparativement aux porcs T. La restriction ne modifie pas significativement l'efficacité alimentaire, mais réduit le poids du tube digestif et du foie, et entraîne une réduction de l'adiposité des carcasses à l'abattage à 70 kg (-3,0 mm d'ELD, -1,6 point TVM_{CALC}) (Tableau 3). La composition de la carcasse est modifiée, avec une augmentation de la proportion de jambon et une réduction de la proportion de bardière des porcs CC relativement aux T. De même, la dissection partielle du jambon montre une moindre proportion de tissu gras externe chez les CC, alors que la proportion de muscle n'est pas significativement affectée. Ces effets de la restriction sur les performances et la composition corporelle chez le porc sont en

Tableau 2 - Performances de croissance (moyenne des moindres carrés ± erreur standard) des porcs abattus au poids vif de 30, 70 ou 110 kg, selon la stratégie alimentaire

Stade de croissance	30 kg	70 kg ¹				110 kg				
		Stratégie alimentaire		Valeur de P		Stratégie alimentaire		Valeur de P		
		T	CC	A	S	T	CC	A	S	A*S
Nombre d'animaux	14	56	55			41	40			
Poids vif initial, kg	29,9±0,3	29,7±0,7	29,9±0,7	0,739	0,681	29,4±0,9	29,7±0,9	0,757	0,492	
Age initial, j	75,5±0,7	75,3±0,1	75,4±0,1	0,468	0,436	75,3±0,1	75,4±0,1	0,431	0,930	
Poids vif final, kg	29,9±0,3	72,0±0,2	71,3±0,2	0,074	0,335	110,9±0,7	112,8±0,7	0,001	0,360	
Age final, j	75,5±0,7	118,3±0,8	139,8±0,8	0,001	0,016	153,7±1,2	172,5±1,2	0,001	0,014	
Durée, j		43,6±1,1	65,0±1,1	0,001	0,019	34,9±0,7	33,2±0,7	0,045	0,088	
Consom. aliment., kg/j		2,32±0,27	1,53±0,27	0,001	0,001	3,62±0,7	3,90±0,7	0,001	0,001	
Vitesse de croissance, g/j		980±7	634±7	0,001	0,001	1113±24	1257±24	0,001	0,033	
Indice de consom., kg/kg		2,37±0,02	2,41±0,02	0,131	0,979	3,27±0,05	3,10±0,05	0,001	0,001	0,044

¹ Porcs abattus aux stades de 70kg (n=30) et 110kg (n=81)

Tableau 3 - Caractéristiques des carcasses (moyenne des moindres carrés ± erreur standard) des porcs abattus au poids vif de 30, 70 ou 110 kg, selon la stratégie alimentaire

Stade de croissance	30 kg	70 kg					110 kg				
		Stratégie alimentaire		Valeur de P			Stratégie alimentaire		Valeur de P		
		T	CC	A	S	A*S	T	CC	A	S	A*S
Nombre d'animaux	14	15	15				41	40			
Poids vif final, kg	29,9±0,3	70,8±0,4	71,2±0,4	0,667	0,483		110,9±0,7	112,8±0,7	0,001	0,360	
Pds carcasse chaude, kg	22,6±2,0	55,3±0,5	56,4±0,5	0,142	0,961		90,1±0,7	90,2±0,7	0,797	0,972	
Rendement en carc., %	75,8±2,9	78,0±0,6	78,3±0,6	0,003	0,157	0,030	81,2±0,3	80,0±0,3	0,001	0,167	
Epais. de lard dorsal, mm	/	14,4±0,4	11,4±0,4	0,039	0,195		21,0±0,8	20,6±0,8	0,603	0,001	
Epais. de muscle M2, mm	/	47,0±2,2	48,6±2,1	0,460	0,796		61,8±1,0	60,1±1,0	0,183	0,327	
TVM _{FoM} , %	/	60,6±0,5	62,3±0,5	0,020	0,105		58,9±0,6	58,8±0,6	0,867	0,001	
TVM _{cal} , %	59,4±1,9	58,4±0,6	60,0±0,6	0,048	0,118		52,0±0,7	53,2±0,7	0,026	0,001	
Composition carcasse, %											
Jambon	26,6±1,0	25,4±0,3	26,1±0,3	0,050	0,022		23,5±0,2	23,9±0,2	0,041	0,001	
Longe	28,6±1,0	28,1±0,2	27,9±0,2	0,668	0,808		26,7±0,2	26,7±0,2	0,948	0,013	
Epaule	26,0±0,8	24,7±0,3	25,0±0,3	0,227	0,002		24,6±0,2	24,7±0,2	0,331	0,008	
Poitrine	12,0±0,7	12,2±0,3	12,2±0,3	0,893	0,116		13,1±0,1	13,3±0,1	0,306	0,943	
Bardière	2,1±0,3	5,88±0,3	4,7±0,3	0,001	0,275		8,73±0,3	7,93±0,3	0,001	0,001	
Nombre d'animaux	14	15	15				16	15			
Dissection jambon, %											
Muscle	74,4±1,6	75,5±0,3	76,4±0,3	0,161	0,300		71,6±0,6	72,8±0,7	0,158	0,045	
M. biceps femoris	11,9±0,6	14,7±0,2	14,2±0,2	0,114	0,118		13,6±0,3	13,8±0,3	0,587	0,098	0,040
Gras externe	6,9±1,9	10,3±0,5	8,7±0,5	0,029	0,623		15,6±0,8	14,1±0,8	0,076	0,090	
Os	13,8±0,7	10,7±0,3	11,1±0,3	0,260	0,218	0,047	9,7±0,3	10,1±0,3	0,375	0,511	
Abats blancs vides, kg	2,04±0,2	4,35±0,1	4,05±0,1	0,001	0,653		5,76±0,1	6,20±0,1	0,001	0,350	
Foie, kg	0,7±0,1	1,4±0,1	1,3±0,1	0,005	0,006	0,013	1,8±0,1	1,9±0,1	0,001	0,258	

accord avec de nombreux travaux antérieurs (Campbell et al., 1983 ; Donker et al., 1986 ; Kristensen et al., 2002 ; Lebret et al., 2004 ; Therkildsen et al., 2004).

L'âge moyen à la réalimentation des porcs CC est de 140 jours (70 kg PV). Durant cette période, les porcs CC présentent une consommation alimentaire moyenne accrue (+8 %) et un indice de consommation inférieur (-5 %) et, consécutivement, une vitesse de croissance plus élevée (+13 %) que les porcs T. La durée moyenne de la phase de finition est donc légèrement inférieure pour les CC (-1,7 j), conduisant à un âge à l'abattage à environ 110 kg de 172,5 contre 153,7 j pour les porcs CC et T, respectivement. Les animaux CC présentent donc une croissance compensatrice en phase de finition, et sont par ailleurs plus âgés au stade commercial d'abattage que les porcs témoins. Les stratégies alimentaires appliquées ont donc permis de répondre à notre objectif.

En accord avec nos résultats, plusieurs études montrent une augmentation de la consommation et généralement de l'efficacité alimentaire en phase de réalimentation. Ceci conduit à une augmentation de la vitesse de croissance, plus ou moins importante selon 1) les durée et/ou intensité et/ou période de croissance durant laquelle s'applique la restriction, et 2) les durée et/ou période de réalimentation (Campbell et al., 1983 ; Donker et al., 1986 ; Oksbjerg et al., 2002 ; Lebret et al., 2004 ; Therkildsen et al., 2002, 2004 ; Mason et al., 2005).

Malgré un poids vif au stade 110 kg légèrement supérieur des porcs CC, le poids de carcasse chaude est similaire entre les deux groupes, en raison d'un plus faible rendement en carcasse des CC. Cette différence s'explique en partie par un poids des viscères (abats blancs et foie) plus élevé dans ce groupe.

Les poids de carcasse chaude similaires entre groupes à 110 kg permettent une comparaison directe des deux lots concernant la composition de la carcasse et des muscles.

Les épaisseurs de lard dorsal et de muscle et la TVM_{FOM} ne sont pas significativement différentes entre les porcs CC et T. Par contre, les CC présentent une proportion de bardière inférieure (-0,8 point), et une proportion de jambon et une TVM_{CALC} légèrement supérieures (+1,2 point) comparative-ment aux T. Toutefois, ces différences sont nettement réduites par rapport aux écarts rapportés entre les groupes en fin de restriction. Entre 70 et 110 kg, les porcs CC déposent une plus grande quantité de tissu adipeux que les porcs T : en moyenne, +9,2 contre +6,6 mm d'ELD, respectivement. La croissance compensatrice modifie donc la composition du gain de poids au niveau corporel en accroissant le dépôt lipidique aux dépens du tissu maigre, en accord avec Skiba et al. (2004).

L'absence d'effet marqué de la restriction suivie de croissance compensatrice sur la composition corporelle est en accord avec Donker et al. (1986), Oksbjerg et al. (2002) et

Therkildsen et al. (2004). Par contre, une restriction très sévère (-65 %) ou longue et, consécutivement, une réalimentation courte (<27 j) ne permettent pas aux animaux de rattraper leur écart d'adiposité par rapport aux porcs nourris à volonté (Campbell et al., 1983 ; Lebret et al., 2004 ; Mason et al., 2005). La sévérité de la restriction et la durée de la réalimentation sont donc des facteurs majeurs dans la détermination de l'effet de la croissance compensatrice sur la composition corporelle (Therkildsen et al., 2002).

2.2. Composition du tissu musculaire

A 70 kg, les teneurs en matière sèche des muscles L et BF et protéines du L sont équivalentes entre les deux groupes, alors que la teneur en protéines du BF est légèrement réduite (-3 %) chez les porcs CC comparativement aux T (Tableau 4). Les porcs CC présentent une réduction de 20 % du taux de lipides intramusculaires (LIM) comparativement aux T dans les deux muscles, toutefois cet effet n'atteint pas le seuil de signification dans le muscle L. La réduction de la teneur en LIM consécutivement à la restriction est en accord avec la bibliographie (Candek-Potokar et al., 1998 ; Lebret et al., 2001). A 110 kg, les teneurs en protéines ne sont pas différentes entre les groupes dans les deux muscles. Les teneurs en matières sèches sont inférieures chez les porcs CC comparativement aux T (-2 %). Les teneurs en LIM, en moyenne nettement plus élevées comparativement au stade 70 kg, sont également inférieures chez les CC dans les 2 muscles, toutefois l'écart entre groupes tend à se réduire, surtout dans le L (-13 %, et -17 % dans le BF des porcs CC par rapport aux T). Ainsi entre 70 et 110 kg, le taux de LIM augmente de 77 % chez les CC et 69 % chez les T, dans le Longissimus. Therkildsen et al. (2002) et Mason et al. (2005) ne montrent pas non plus d'effet de cette stratégie alimentaire sur cette composante à âge d'abattage constant.

La croissance compensatrice réduit significativement le potentiel glycolytique des muscles L et BF, en raison d'une teneur en glycogène musculaire à l'abattage inférieure, notamment dans le Longissimus. Aucun effet de la croissance compensatrice sur le potentiel glycolytique musculaire n'a été rapporté dans la littérature.

2.3. Dépôts des tissus maigre et gras (jambon) et des protéines et lipides dans les muscles

Les dépôts en tissus maigres et gras (jambon) et protéines et lipides intramusculaires ont été calculées à partir de mesures complémentaires (dissection partielle du jambon, poids du muscle L) réalisées à 30, 70 et 110 kg sur un sous effectif représentatif (en terme de croissance et de composition corporelle) de l'ensemble des animaux de l'expérience (13 porcs/lot/stade) (Tableau 5).

La restriction (30-70 kg) conduit à une diminution du dépôt de tissu musculaire (muscles du jambon, BF et L individuels) et de protéines dans le L et le BF d'environ 30 %, et une réduction de 45 à 50 % du dépôt de lipides (jambon et LIM). De 70 à 110 kg, le dépôt de tissu maigre et de protéines musculaires est équivalent ou tend à être réduit (muscle L) chez les porcs CC relativement aux T. Sur cette période, le dépôt de lipides est accru de 28 % dans le jambon, mais n'est pas modifié au niveau intramusculaire.

Ces résultats étant obtenus sur un nombre inférieur d'animaux comparativement aux données de composition corporelle et musculaires, il faut plutôt considérer les tendances qu'ils indiquent plutôt que les valeurs brutes. Toutefois, ceci permet de confirmer les résultats décrits en 2.1 et 2.2 : la restriction affecte plus fortement la croissance des tissus adipeux que des tissus musculaires (ou dépôts lipidiques vs.

Tableau 4 - Composition des muscles *Longissimus* et *Biceps femoris* (moyenne des moindres carrés ± erreur standard) des porcs abattus au poids vif de 30, 70 ou 110 kg, selon la stratégie alimentaire

Stade de croissance	30 kg	70 kg				110 kg			
		Stratégie alimentaire		Valeur de P		Stratégie alimentaire		Valeur de P	
		T	CC	A	S	T	CC	A	S
Nombre d'animaux	14	15	15			41	40		
<i>m. longissimus</i>									
Matière sèche, %	22,6±0,5	24,9±0,3	24,9±0,3	0,985	0,567	26,9±0,2	26,4±0,2	0,001	0,003
Protéines, %	20,4±1,0	22,4±0,1	22,1±0,1	0,115	0,382	22,8±0,1	22,6±0,1	0,094	0,149
Lipides, %	0,88±0,21	1,50±0,18	1,24±0,18	0,074	0,583	2,5±0,25	2,20±0,24	0,032	0,001
Potentiel glyco ¹ , µmol/g						149±5	142±5	0,027	0,796
Glycogène, µmol/g						42,3±2,3	38,5±2,2	0,041	0,215
Glucose+G6P, µmol/g						4,80±0,2	5,20±0,2	0,138	0,060
Lactate, µmol/g						55,2±1,9	55,0±1,9	0,960	0,085
<i>m. biceps femoris</i>									
Matière sèche, %	21,6±0,5	24,2±0,3	24,1±0,3	0,319	0,339	25,8±0,2	25,3±0,20	0,016	0,886
Protéines, %	19,4±0,6	22,0±0,2	21,3±0,2	0,005	0,091	21,7±0,1	21,7±0,1	0,808	0,800
Lipides, %	1,24±0,33	1,54±0,16	1,23±0,16	0,004	0,615	2,66±0,2	2,20±0,21	0,001	0,008
Potentiel glyco ¹ , µmol/g						151±5	143±5	0,034	0,207
Glycogène ² , µmol/g						42,0±2,1	38,9±2,1	0,107	0,700
Glucose+G6P, µmol/g						6,01±0,28	5,60±0,27	0,165	0,055
Lactate, µmol/g						55,0±2,8	53,5±2,7	0,591	0,387

¹ µmole équivalent lactate

² µmole de glucose issu de l'hydrolyse du glycogène

Tableau 5 - Composition et taux de dépôt de protéines et lipides¹ dans le jambon et les muscles *Longissimus* et *Biceps femoris* (moyenne des moindres carrés ± erreur standard) des porcs abattus au poids vif de 30, 70 ou 110 kg, selon la stratégie alimentaire

Stade de croissance	30 kg	70 kg				110 kg				
		Stratégie alimentaire		Valeur de P		Stratégie alimentaire		Valeur de P		
		T	CC	A	S	T	CC	A	S	A*S
Nombre d'animaux	14	13	13			13	13			
TVM _{calc.} %		58,0±0,5	60,1±0,5	0,024	0,129	52,9±1,2	52,6±1,2	0,717	0,022	
<i>Jambon</i>										
Muscle, g/j		66,3±2,3	48,7±2,4	0,001	0,567	65,3±4,0	60,8±4,2	0,414	0,298	
Gras externe, g/j		11,6±0,5	6,5±0,5	0,001	0,603	20,9±2,3	26,6±2,3	0,033	0,417	
Os, g/j		7,1±0,6	5,9±0,6	0,055	0,412	7,8±1,0	8,4±1,1	0,713	0,433	
<i>m. longissimus</i>										
Poids, kg	0,59±0,07	1,66±0,03	1,74±0,04	0,240	0,284	2,50±0,09	2,39±0,09	0,171	0,025	
Protéine, %	20,4±1,0	22,5±0,2	22,3±0,2	0,378	0,328	23,1±0,2	22,6±0,2	0,060	0,245	
Lipides, %	0,88±0,21	1,55±0,14	1,21±0,15	0,010	0,594	2,52±0,22	2,06±0,23	0,138	0,690	
Dépôt de muscle, g/j		24,8±1,0	17,3±1,1	0,001	0,691	23,9±2,4	19,9±2,5	0,100	0,055	
Dépôt de protéines, g/j		5,84±0,22	4,04±0,23	0,001	0,549	5,82±0,61	4,75±0,63	0,054	0,027	
Dépôt de lipides, g/j		0,46±0,04	0,24±0,04	0,001	0,689	1,09±0,16	0,92±0,17	0,547	0,907	
<i>m. biceps femoris</i>										
Poids, kg	0,31±0,04	0,93±0,02	0,96±0,02	0,251	0,052	1,35±0,04	1,33±0,04	0,174	0,164	0,013
Protéine, %	19,4±0,6	22,0±0,2	21,3±0,2	0,022	0,172	21,9±0,2	21,6±0,2	0,179	0,641	
Lipides, %	1,24±0,33	1,59±0,14	1,19±0,14	0,001	0,752	2,60±0,34	2,01±0,35	0,017	0,515	
Dépôt de muscle, g/j		14,6±0,8	9,7±0,8	0,001	0,552	11,9±1,2	12,1±1,3	0,931	0,419	
Dépôt de protéines, g/j		3,39±0,18	2,17±0,18	0,001	0,306	2,58±0,32	2,73±0,33	0,780	0,425	
Dépôt de lipides, g/j		0,25±0,02	0,11±0,02	0,001	0,926	0,56±0,12	0,50±0,12	0,344	0,914	

¹ Les taux de dépôt sont calculés à partir des données individuelles à un stade donné et la moyenne du lot au stade précédent, intra groupe

protéiques) et surtout, la réalimentation (>33 j) modifie la composition du gain de poids en accroissant les dépôts lipidiques relativement aux dépôts musculaires, au moins au niveau corporel. Ces résultats sont en accord avec Bikker et al. (1996) et Skiba et al. (2004), qui montrent que la vitesse de croissance supérieure des porcs en phase de réalimentation est liée à un accroissement des dépôts lipidiques (au niveau corporel) et du poids des organes internes, compartiments fortement affectés par la restriction, alors que le dépôt de protéines corporelles n'est pas significativement modifié.

Plus de 80 % des lipides musculaires étant stockés dans des adipocytes dont le nombre s'accroît avec l'âge de l'animal indépendamment du taux de LIM (Essén-Gustavsson et al., 1994 ; Gondret et Lebret, 2002), nous avons émis l'hypothèse qu'une restriction sévère suivie d'une réalimentation permettrait de 1) accroître l'âge des animaux au poids commercial d'abattage comparativement aux témoins et ainsi augmenter le nombre d'adipocytes intramusculaires, et 2) augmenter l'accrétion de lipides dans ces adipocytes pendant la phase de réalimentation, conduisant au final à une teneur supérieure en LIM, composante favorable pour la qualité sensorielle des viandes. Cependant, si nous observons bien une augmentation de l'âge à 110 kg et un dépôt de lipides corporels en période de finition accru chez les CC relativement aux T, l'augmentation du dépôt de lipides dans les muscles des CC est peu marquée et donc insuffisante pour conduire à une teneur supérieure à 110 kg. On peut cependant supposer qu'un abattage à un stade plus tardif associé à une durée de réalimentation plus longue aurait

permis d'accroître de façon plus marquée le dépôt de lipides intramusculaires chez les CC.

Au sein d'un tissu ou organe, la teneur des différents constituants correspond au bilan entre les activités de synthèse et de dégradation. Si le dépôt de protéines musculaires ne semble pas modifié par la croissance compensatrice dans notre étude, les taux de synthèse comme de dégradation peuvent être affectés. En effet, une augmentation de la synthèse (évaluée par la teneur en ARN) et de la dégradation (estimée par l'activité des μ -calpaines et l'index de fragmentation myofibrillaire) des protéines musculaires avec la croissance compensatrice a déjà été rapportée (Oksbjerg et al., 2002 ; Kristensen et al., 2002), cet effet augmentant avec la durée de réalimentation (Therkildsen et al., 2002). Or, l'accroissement du taux de renouvellement des protéines musculaires *in vivo* améliorerait la tendreté de la viande, en favorisant la protéolyse post-mortem (Kristensen et al., 2002 ; Therkildsen et al., 2002). Dans notre étude, l'analyse des teneurs en ARN et taux d'ARN/ADN musculaires et l'évaluation de la tendreté de la viande par des méthodes mécaniques (force de cisaillement, Warner-Bratzler) et sensorielles, en cours, permettront d'évaluer l'effet de la croissance compensatrice sur le taux de synthèse des protéines musculaires et la tendreté ultérieure de la viande.

2.4. Qualité technologique de la viande

La croissance compensatrice n'influence pas les valeurs de pH1 et pH_u dans les deux muscles (Tableau 6). Les pertes en

Tableau 6 - Qualité technologique de la viande (moyenne des moindres carrés \pm erreur standard) des porcs abattus au poids vif de 110 kg, selon la stratégie alimentaire

	Stratégie alimentaire		Valeur de P	
	T	CC	A	S
Nombre d'animaux	41	40		
<i>m. longissimus</i>				
pH ₁	6,13 \pm 0,03	6,11 \pm 0,03	0,707	0,655
pH _u	5,55 \pm 0,02	5,56 \pm 0,02	0,664	0,748
Pertes en eau _{4jours} %	5,2 \pm 0,6	5,3 \pm 0,6	0,074	0,005
Couleur				
L*	53,5 \pm 0,8	52,9 \pm 0,8	0,381	0,037
a*	8,8 \pm 0,3	8,5 \pm 0,3	0,339	0,241
b*	7,4 \pm 0,3	6,4 \pm 0,3	0,001	0,800
<i>m. biceps femoris</i>				
pH ₁	6,12 \pm 0,05	6,06 \pm 0,05	0,450	0,819
pH _u	5,63 \pm 0,03	5,63 \pm 0,03	0,994	0,775
Couleur				
L*	50,7 \pm 0,7	50,8 \pm 0,7	0,830	0,083
a*	13,8 \pm 0,3	13,3 \pm 0,3	0,145	0,079
b*	9,4 \pm 0,4	8,88 \pm 0,4	0,096	0,610

eau du L ne sont significativement modifiées. La couleur de la viande est peu affectée, avec seulement une réduction de l'indice de jaune (b*) du L, cet effet n'étant pas significatif dans le BF. Les résultats de pH₁ sont en accord avec les teneurs similaires en lactate observées chez les porcs CC et T. La réduction limitée du potentiel glycolytique des CC n'a pas affecté significativement le pH_u. Ces résultats sont en accord avec la littérature (Oksbjerg et al., 2002 ; Kristensen et al., 2002 ; Therkildsen et al., 2002 ; Lebreton et al., 2004 ; Mason et al., 2005). La légère réduction de la valeur b* observée chez les CC peut s'expliquer par leur moindre potentiel glycolytique, ces deux paramètres étant positivement corrélés (Meadus et Mac Innis, 2000).

CONCLUSION

L'objectif de notre étude : produire des porcs exprimant une phase de croissance compensatrice et plus âgés à l'abattage que des témoins, a été atteint. A 110 kg, les carcasses des porcs CC sont de composition équivalente (ou légèrement plus maigres, selon les critères retenus) que celles des porcs T, en raison d'un dépôt de lipides corporels plus important en phase de finition (réalimentation) chez les premiers.

Cependant, cet effet ne se retrouve pas au niveau musculaire, conduisant à des teneurs en lipides intramusculaires légèrement inférieures chez les CC au stade commercial d'abattage. Il est vraisemblable qu'une durée de réalimentation plus longue permettrait aux porcs CC de déposer plus de lipides dans les muscles, et d'accroître ainsi la teneur en lipides des viandes, composante favorable pour leur qualité sensorielle. La qualité technologique de la viande n'est pas affectée par la croissance compensatrice. Des analyses en cours permettront d'évaluer l'effet de la croissance compensatrice sur le taux de renouvellement des protéines musculaires et la qualité sensorielle (tendreté, jutosité, flaveur) de la viande.

REMERCIEMENTS

Ce projet bénéficie du soutien financier de la Région Bretagne, du Département PHASE INRA et du programme INRA-INAO.

Les auteurs remercient R. Delaunay, B. Duteil, M. Alix, J. Liger, J.F. Rouaud et N. Bonhomme (INRA-SENAH) pour leur excellente contribution, ainsi que J. Noblet pour la formulation des régimes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bikker P., Verstegen M.W.A., Campbell R.G., 1996. Performance and body composition of finishing gilts (45 to 84 kg) as affected by energy intake and nutrition in earlier life: II. Protein and lipid accretion in body components. *J. Anim. Sci.*, 74, 817-826.
- Campbell R., Taverner M., Curic D., 1983. Effects of feeding level from 20 to 45 kg on the performance and carcass composition of pigs grown to 90 kg live weight. *Livest. Prod. Sci.*, 10, 265-272.
- Candek-Potokar M., Zlender B., Lefaucheur L., Bonneau M., 1998. Effects of age and/or weight at slaughter on *longissimus dorsi* muscle : Biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Sci.*, 48, 287-300.
- Donker R., Hartog L., Brascamp E., Merks J., Noordewier G., Buiting G., 1986. Restriction of feed intake to optimize the overall performance and composition of pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 15, 353-365.
- Essén-Gustavsson B., Karlsson A., Lundström K., Enfält A. C., 1994. Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane-gene-free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. *Meat Sci.*, 38, 269-277.
- Gondret F., Lebreton B., 2002. Feeding intensity and dietary protein level affect adipocyte cellularity and lipogenic capacity of muscle homogenates in growing pigs, without modification of the expression of sterol regulatory element binding protein. *J. Anim. Sci.*, 80, 3184-3193.
- Hornick J.K., Van Eenaele C., Gerard O., Dufresne I., Istasse L., 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Anim. Endocrinol.*, 19, 121-132.
- INRA-AFZ, 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Sauvant D., Pérez J.M., Tran G., Coord., INRA Eds, Paris, 291 p.
- Kristensen L., Therkildsen M., Riis B., Sorensen M.T., Oksbjerg N., Purslow P.P., Ertbjerg P., 2002. Dietary-induced changes of muscle growth rate in pigs: Effects on in vivo and post-mortem muscle proteolysis and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 80, 2862-2871.
- Lebreton B., Juin H., Noblet J., Bonneau M., 2001. The effects of two methods of increasing age at slaughter on carcass and muscle traits and meat sensory quality in pigs. *Anim. Sci.*, 72, 87-94.
- Lebreton B., Louveau I., Gondret F., 2004. Dietary induced changes in pig growth rate: consequences on carcass, muscle and meat quality traits at slaughter at 110 kg LW. Proc. Conference "Sustainable pork production: Welfare, nutrition and consumer attitudes", Copenhagen, Denmark, pp. 64-65.
- Mason L.M., Hogan S.A., Lynch A., O'Sullivan K., Lawlor P.G., Kerry J.P., 2005. Effects of restricted feeding and antioxidant supplementation on pig performance and quality characteristics of longissimus dorsi muscle from Landrace and Duroc pigs. *Meat Sci.*, 70, 307-317.
- Meadus W.J., MacInnis R., 2000. Testing for the RN- gene in retail pork chops. *Meat Sci.*, 54, 231-237.
- Métayer A., Daumas G., 1998. Estimation, par découpe, de la teneur en viande maigre des carcasses de porcs. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 7-11.
- Oksbjerg N., Sorensen M.T., Vestergaard M., 2002. Compensatory growth and its effect on muscularity and technological meat quality in growing pigs. *Acta Agric. Scand. Section A-Anim. Sci.*, 52, 85-90.
- Skiba G., Fandrejowski H., Raj S., Weremko D., 2004. Compensatory response of pigs kept in different feeding strategies. Proc. Conference "Sustainable pork production: Welfare, nutrition and consumer attitudes", Copenhagen, Denmark, pp 68-79.
- Therkildsen M., Riis B., Karlsson A., Kristensen L., Ertbjerg P., Purslow P.P., Aaslyng M.D., Oksbjerg N., 2002. Compensatory growth response in pigs, muscle protein turn-over and meat texture: effects of restriction/realimentation period. *Anim. Sci.*, 75, 367-377.
- Therkildsen M., Vestergaard M., Busk H., Jensen M., Riis B., Karlsson A., Kristensen L., Ertbjerg P., Oksbjerg N., 2004. Compensatory growth in slaughter pigs - *in vitro* muscle protein turnover at slaughter, circulating IGF-I, performance and carcass quality. *Livest. Prod. Sci.*, 88, 63-75.