

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE D'ÉLEVAGE SUR LA CROISSANCE, LE MÉTABOLISME TISSULAIRE ET LA QUALITÉ DE LA VIANDE

L. LEFAUCHEUR (1), J. LE DIVIDICH (1), D. KRAUSS (1), P. ECOLAN (1), J. MOUROT (1), G. MONIN (2)

Institut National de la Recherche Agronomique

(1) Station de Recherches Porcines, Saint-Gilles, 35590 L'HERMITAGE

(2) Station de Recherches sur la viande, Theix, 63122 CEYRAT

avec la collaboration technique de J. GAUTHIER, J. LEBOST, Anne PASQUIER, A. MOUNIER, P. PEINIAU

INTRODUCTION

Au cours des dernières années, l'accent a été mis, à l'INRA et ailleurs, sur l'étude des facteurs génétiques et des conditions d'abattage responsables de défauts importants de qualité de viande, les viandes exudatives en particulier. Sans méconnaître l'importance de ces facteurs, il est clair qu'ils n'expliquent pas tout et que les facteurs de l'environnement au cours de la croissance de l'animal peuvent jouer un rôle important. Ainsi, il est bien connu que la qualité des graisses dépend étroitement de la composition et de la quantité de l'aliment fourni. Par contre, les influences des facteurs d'élevage sur la qualité des tissus maigres sont beaucoup moins bien cernées.

L'objectif de la présente étude sera de voir si, à mêmes vitesses de croissance, la température d'élevage peut modifier la composition corporelle, les caractéristiques biochimiques des tissus musculaires et adipeux, et certains aspects de la qualité de viande.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux

L'expérience est réalisée sur 32 porcs mâles castrés de race Large White élevés en loges individuelles et placés à 12°C ou 28°C entre le sevrage à 6 kg et l'abattage à 90 kg de poids vif. Pendant la période «8-30 kg», les animaux reçoivent un aliment standard 1er et 2ème âge distribués à volonté. Lors de la période «30-90 kg», ils reçoivent un aliment croissance-finition et sont soumis à un plan d'alimentation de manière à égaliser les vitesses de croissance entre les deux lots. Tous les animaux sont abattus à même âge (160 jours) et même poids vif (90 kg).

1.2. Caractéristiques des carcasses à l'abattage

Les animaux sont abattus à la Station de Recherches Porcines de Saint Gilles dans des conditions de stress minimal la semaine où ils atteignent 90 kg. La morphologie de l'animal est appréciée à l'aide de mesures linéaires effectuées sur l'animal entier à la sortie de l'échaudoir et sur la carcasse après l'éviscération. Les poids du tube digestif plein et vide, coeur,

foie, reins, thyroïdes et surrénales sont enregistrés. La composition tissulaire des carcasses est estimée selon deux méthodes indirectes, le «Fat-o-Meater» et la découpe parisienne normalisée (DPN) (DESMOULIN et al., 1984).

1.3. Marqueurs de qualité de viande

1.3.1. Le tissu musculaire

Les caractéristiques physicochimiques ont été déterminées sur les 6 muscles suivants : le *longissimus dorsi* (LD) un muscle blanc de la longe, le *biceps femoris* (BF) un muscle blanc du jambon, le *psaos major* (PM) un muscle intermédiaire du filet, le *semi-spinalis* (SS) un muscle rouge du cou, le *trapézius* (T) un muscle rouge du thorax et le *diaphragma* (D) un muscle rouge de la respiration. Les mesures de pH sont réalisées à 45 minutes et 24 heures post-mortem respectivement sur homogénat en présence d'iodoacétate (0.05 M) et sur le muscle in situ. Le potentiel de production d'acide lactique au moment de l'abattage est estimé par la mesure du potentiel glycolytique ($PG = 2([Glycogène] + [Glucose] + [Glucose-6-Phosphate]) + [Lactate]$) (MONIN et al, 1987). L'état de dénaturation des protéines est évalué à l'aide de la fibre optique (FOP) de McDOUGAL, 45 minutes et 24 heures post-mortem. La capacité de rétention en eau (CRE) 24 heures après l'abattage est mesurée selon la méthode décrite par GOUTEFONGEA (1960). La couleur du muscle *longissimus* est déterminée par réflectométrie. L'estimation de la composition chimique se fait par dosage de la matière sèche (MS), des protéines (P) et des lipides (L).

1.3.2. Le tissu adipeux

Les caractéristiques qualitatives du tissu adipeux sont estimées d'après sa composition en acides gras déterminée par chromatographie en phase gazeuse.

1.4. Caractéristiques métaboliques des tissus

1.4.1. Le tissu musculaire

Des échantillons des muscles *longissimus* (dernière côte) et

semi-spinalis sont prélevés et immédiatement congelés par immersion dans l'isopentane refroidi par l'azote liquide. Sur ces échantillons sont réalisées des mesures d'activités enzymatiques et le typage des fibres musculaires

Les activités enzymatiques. Le type contractile est évalué par la mesure de l'activité ATPasique myofibrillaire mesurée sur myofibrilles isolées à partir de muscle non congelé. La caractérisation du métabolisme énergétique se fait sur les échantillons congelés en mesurant les activités de la Lactate Déshydrogénase ou LDH (métabolisme glycolytique), Citrate Synthase ou CS (métabolisme oxydatif) et Hydroxyacyl CoA Déshydrogénase ou OH-CoA-DH (-oxydation des lipides).

Le typage des fibres. Il est réalisé par histoenzymologie en révélant l'activité ATPasique myofibrillaire après une préincubation à pH 4,35 pendant 10 minutes à 4°C. Les fibres sont classées d'après la terminologie de BROOKE et KAISER (1970) en types I, IIA, IIB correspondant globalement aux types R, α R et α W décrits par ASHMORE et DOERR (1971).

1.4.2. Le tissu adipeux

Des prélèvements de tissu adipeux sont réalisés au niveau du dos (15 et 16ème côte) et de la panne. Le tissu adipeux dorsal est subdivisé en couche externe et interne. Les échantillons sont congelés par immersion dans l'azote liquide. A partir de chacun des sites, le potentiel de synthèse des acides gras est déterminé par la mesure des activités des enzymes de la lipogénèse : Acétyl CoA Carboxylase (Ac-CoA-Carb), Enzyme Malique (EM), Glucose 6 Phosphodéshydrogénase (G6PDH).

1.5. Analyse statistique

Les effets du traitement température ont été étudiés par analyse de variance à une voie. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne +/- l'écart type. Les seuils de signification retenus sont : * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

TABLEAU 1
INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE D'ÉLEVAGE SUR LES CARACTÉRISTIQUES DE CROISSANCE

	Température		Test
	12°C	28°C	
Performances			
<i>Période 8-30 kg</i>			
GMQ (g/j)	599 ± 76	593 ± 65	NS
Consommation (g/j)	1118 ± 128	947 ± 102	***
IC (kg/kg gain)	1,87 ± 0,11	1,60 ± 0,10	***
<i>Période 30-90 kg</i>			
GMQ (g/j)	716,0 ± 39	706 ± 38	NS
Consommation (g/j)	2513 ± 62	2066 ± 44	***
IC (kg/kg gain)	3,52 ± 0,21	2,93 ± 0,12	***
Morphologie			
Longueur totale (cm)	122,9 ± 3,2	129,7 ± 3,2	***
Hauteur aux épaules (cm)	64,6 ± 1,72	67,2 ± 2,1	**
Largeur aux épaules (cm)	30,6 ± 1,3	28,3 ± 1,1	***
Composition Corporelle			
<i>Rendement en carcasse</i>			
Poids net (% PVV)	81,4 ± 0,9	82,4 ± 1,3	*
Tube digestif vide (kg)	5,00 ± 0,27	4,60 ± 0,30	***
Foie (g/kg PVV)	191 ± 16	175 ± 15	**
Reins (« »)	36,5 ± 4,4	28,9 ± 3,1	***
Coeur (« »)	34,0 ± 3,5	30,6 ± 3,5	*
<i>Composition carcasse</i>			
% muscle			
DPN	51,2 ± 2,2	51,7 ± 2,9	NS
«Fat-o-Meater»	49,8 ± 2,0	50,2 ± 2,5	NS
% gras			
DPN	24,6 ± 2,3	25,9 ± 2,9	NS
«Fat-o-Meater»	25,9 ± 2,2	25,9 ± 2,8	NS
% bardière	12,0 ± 1,3	12,7 ± 1,6	NS
% panne	1,30 ± 0,25	1,60 ± 0,40	*
Longe/Bardière	2,60 ± 0,37	2,60 ± 0,44	NS
Ep. lard dorsal (mm)	19,6 ± 2,1	20,2 ± 3,1	NS
<i>Composition du jambon</i>			
Poids du jambon (kg)	7,50 ± 0,29	7,50 ± 0,32	NS
% muscle	58,3 ± 2,3	61,4 ± 3,1	**
% gras externe	20,0 ± 3,0	16,8 ± 2,5	**
% gras interne	4,44 ± 0,45	4,25 ± 0,59	NS
% os	9,08 ± 0,57	8,98 ± 0,68	NS

2.1. Les caractéristiques de croissance

Les principaux résultats sont regroupés dans le tableau 1.

2.1.1. Les performances

Pendant la période de post-sevrage (8 à 30 kg), aucun effet de la température ambiante sur la vitesse de croissance des porcelets nourris à volonté n'a été observé. Toutefois, à 12°C, la consommation d'aliment et l'indice de consommation sont respectivement 18% et 17% plus élevés qu'à 28°C. Pendant la période de croissance finition (30 à 90 kg), l'abaissement de la température ambiante (12 vs 28°C) s'accompagne d'une augmentation des quantités ingérées d'aliment de 20% lorsque les vitesses de croissance sont maintenues égales (710g/j). Ces données sont en accord avec celles fournies par LE DIVIDICH et NOBLET (1982) et LE DIVIDICH et al (1985).

2.1.2. La morphologie

Les mensurations post-mortem indiquent que les porcs élevés au froid sont plus courts et plus compacts que leurs congénères de même poids vif et de même âge élevés au chaud (tableau 1). Les différences se manifestaient déjà dès 30 kg de poids vif comme l'avaient remarqué DAUNCEY et al (1983) et HERPIN (1987). Ces modifications qui s'accompagnent d'une réduction de la surface corporelle et par conséquent des pertes de chaleur sont les manifestations d'une adaptation du porc au froid.

3.1.3. La composition corporelle

Les porcs élevés à 12°C ont des rendements inférieurs à ceux placés à 28°C principalement en raison de l'augmentation de poids du tube digestif et des organes en général (tableau 1). Les résultats sont en accord avec la bibliographie (SUGAHARA et al, 1970 ; COMBERG et al, 1973).

Les résultats fournis par la découpe (DPN) et le «Fat-o-Meater» ne mettent en évidence aucun effet de la température sur le rapport longe/bardière et les pourcentages de muscle et de gras de la demi-carcasse froide en accord avec les données de LE DIVIDICH et al (1987) et VERSTEGEN et al (1982). L'absence de différence de poids de bardière et d'épaisseur de lard entre les deux lots ne confirme pas les résultats rapportés par LE DIVIDICH et al (1987). Ils avaient trouvé des valeurs plus élevées chez les animaux placés au froid. La différence peut s'expliquer par un rationnement plus sévère de nos animaux pendant la période de croissance-finition. Néanmoins, le poids de panne significativement plus élevé à 28°C corrobore les résultats de STAHLY et CROMWELL (1979) et LE DIVIDICH et al (1987). Ce résultat laisse sous-entendre un rôle particulier des lipides de la panne dans l'adaptation thermique du porc.

Bien que d'apparence plus globuleuse au froid, les jambons n'ont pas présenté de différence de poids entre les deux lots. En revanche, les résultats de dissection complète révèlent un poids de muscle plus faible et un poids de gras externe plus élevé à 12 qu'à 28°C. Aucune différence n'est observée pour la quantité de gras intermusculaire (tableau 1). Pour une même composition corporelle estimée (DPN, «Fat-o-Meater»), la composition tissulaire du jambon peut être différente.

2.2. La qualité de la viande

2.2.1. Le tissu musculaire

La vitesse de chute du pH. Le pH 45 minutes *post-mortem* est significativement plus faibles à 12°C qu'à 28°C dans les

muscles *longissimus* ($P < 0,01$) et *biceps femoris* ($P < 0,05$). Aucun effet de la température sur ce caractère n'est observé dans les muscles *psaos major* et *semi-spinalis* (tableau 2). La baisse significativement plus rapide du pH chez les animaux élevés à 12°C dans les deux muscles blancs est un résultat original. La comparaison de l'évolution *post-mortem* du pH avec celle observée chez des animaux tous venants abattus à la station montre que ce sont les animaux placés à 12°C qui ont une vitesse de chute plus rapide, les animaux élevés à 28°C ne présentent pas de différence. L'accélération de la vitesse de chute du pH chez les animaux placés à 12°C peut être la conséquence d'un état hormonal différent, les poids plus élevés des glandes thyroïdes ($P < 0,001$) et surrénales ($P < 0,001$) à 12 qu'à 28°C vont dans ce sens. Plus précisément, l'effet stimulateur du froid sur la fonction thyroïdienne pourrait contribuer à expliquer le phénomène. En effet, une étude réalisée par MARPLE et al (1975) chez le porc montre que l'état hyperthyroïdien augmente la vitesse de chute du pH et la production d'acide lactique dans le muscle *longissimus*; l'état hypothyroïdien n'a pas d'effet. Enfin, il est intéressant de souligner que le pH 45 des animaux élevés à 12°C est à la limite de celui des viandes PSE (5,9).

L'amplitude de chute du pH. Le pH 24 heures est significativement plus bas à 12°C dans les deux muscles blancs (*longissimus* et *biceps femoris*), aucune différence n'est observée dans les muscles *psaos major* et *semi-spinalis* (tableau 2). La plus faible valeur du pH 24 dans le muscle *longissimus* chez les animaux élevés à 12°C s'explique, au moins en partie, par un potentiel glycolytique supérieur (tableau 2). Contrairement à la vitesse de chute, les différences d'amplitude peuvent difficilement être reliées à l'état thyroïdien. En effet, l'étude réalisée par MARPLE et al (1975) ne démontre aucun effet des états hyper et hypothyroïdiens sur le pH ultime. En revanche, compte tenu de l'importance des conditions pré-abattage sur le pH ultime (MONIN, 1983), le fait d'avoir abattu les porcs en février a pu se traduire par un stress thermique pré-abattage plus important chez les animaux élevés à 28°C entraînant une sécrétion plus forte d'adrénaline et une glycogénolyse musculaire accrue, d'où une réduction des réserves pré-abattage en glycogène et de l'amplitude de chute *post-mortem* du pH. Cette hypothèse est à vérifier. Les valeurs de potentiel glycolytique mesurées dans trois muscles rouges (*semi-spinalis*, *trapézius* et *diaphragma*) sont inférieures chez les animaux élevés à 12°C (tableau 2). La présente expérience montre donc clairement que les réserves glycogéniques des muscles rouges *in vivo* sont plus faibles chez les animaux élevés au froid.

L'état de l'eau dans la viande. Les données fournies par la fibre optique renseignent sur l'état de dénaturation des protéines : plus la valeur est élevée, plus l'eau est libre. De notre étude (tableau 2), il ressort que l'eau est moins liée aux protéines dans le muscle *longissimus* des animaux placés à 12°C qu'à 28°C. Ce résultat est cohérent avec les valeurs plus faibles de pH 45 mn et 24 h observées à 12°C. En effet, il est bien connu qu'une vitesse et/ou une amplitude de chute du pH trop élevée entraîne une dénaturation des protéines et une libération d'eau dans la viande. Là encore, ce sont les animaux élevés à 12°C qui sont différents des animaux tous venants abattus à la station (FOP 45 mn = 103 ± 13 et FOP 24 h = 147 ± 21). Aucun effet de la température d'élevage sur la CRE n'est observé dans les muscles *longissimus* et *biceps femoris*. Compte tenu des différences mises en évidence par la fibre optique, le manque de sensibilité de la méthode peut être incriminé. La CRE plus élevée du muscle *semi-spinalis* chez les animaux élevés à 12°C est sans doute due à la plus forte teneur en

lipides à 12°C qu'à 28°C (tableau 2).

La couleur. La réflectance du muscle *longissimus* mesurée 24 heures après l'abattage ne met en évidence aucun effet de la température. Il est pourtant bien établi que les basses températures provoquent une augmentation de la teneur en myoglobine, le pigment responsable de la couleur, chez les espèces de laboratoire. Une mesure fine de la couleur nécessiterait le dosage du fer hémique ou de la myoglobine.

La composition chimique. Nos résultats montrent qu'à 12°C, les teneurs en matière sèche et en lipides du muscle *semi-spinalis* sont significativement plus élevées qu'à 28°C. (tableau 2). En revanche, aucun effet de la température n'a été observé sur la composition chimique du muscle *longissimus*. D'autres auteurs (JUDGE et al, 1959) rapportent cependant un effet positif de la saison hivernale sur la teneur en lipides de ce muscle.

TABLEAU 2
CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES DU TISSU MUSCULAIRE

		Température		Test
		12°C	28°C	
Qualité de la viande pH 45 mn	LD	6,04 ± 0,20	6,32 ± 0,26	**
	BF	5,92 ± 0,29	6,19 ± 0,28	*
	PM	5,92 ± 0,14	5,95 ± 0,27	NS
	SS	6,31 ± 0,13	6,27 ± 0,15	NS
pH 24 h	LD	5,58 ± 0,06	5,70 ± 0,09	**
	BF	5,67 ± 0,10	5,76 ± 0,10	*
	PM	5,66 ± 0,09	5,69 ± 0,10	NS
	SS	5,92 ± 0,19	5,90 ± 0,08	NS
PG (µm/g sec)	LD	549 ± 90	494 ± 51	*
	BF	438 ± 79	426 ± 53	NS
	PM	440 ± 70	430 ± 58	NS
	SS	352 ± 96	437 ± 119	*
	T	371 ± 83	434 ± 79	*
	D	518 ± 118	603 ± 66	*
FOP 45 mn	LD	128 ± 31	103 ± 14	**
FOP 24 h	LD	167 ± 15	156 ± 16	NS
CRE (% pertes)	LD	23,4 ± 1,7	24,1 ± 2,1	NS
	BF	24,3 ± 2,2	23,7 ± 1,8	NS
	SS	17,8 ± 2,0	19,1 ± 2,0	*
Réflectance	LD	72,9 ± 6,2	74,8 ± 5,4	NS
Composition chimique LD :	% MS	25,9 ± 0,5	25,7 ± 0,5	NS
	% P (/frais)	23,5 ± 0,8	23,6 ± 0,6	NS
	% L (/frais)	1,21 ± 0,37	1,06 ± 0,24	NS
SS :	% MS	27,8 ± 1,7	26,8 ± 1,1	*
	% P (/frais)	18,2 ± 0,9	18,6 ± 0,7	NS
	% L (/frais)	8,21 ± 1,98	6,66 ± 1,22	**

LD : Longissimus ; BF : Biceps Femoris ; PM : Psoas Major
SS : Semi-Spinalis ; T : Trapézius ; D : Diaphragma.

PG : Potentiel Glycolytique ; FOP : Fibre Optique ; CRE : Capacité de Rétention en Eau ; MS : Matière Sèche ; P : Protéines ; L : Lipides.

2.2.2. Le tissu adipeux

Le pourcentage total d'acides gras insaturés du tissu adipeux sous-cutané dorsal est supérieur chez les animaux élevés à 12°C (tableau 3). Aucune différence n'est observée au niveau de la panne. L'augmentation du degré d'insaturation des acides gras de la bardière avec la diminution de la température ambiante confirme les résultats de FULLER et al. (1974) et de LE DIVIDICH et al (1985). Une faible température ambiante a donc un effet défavorable sur la consistance du lard, son aptitude à la conservation et à certaines transformations technologiques.

2.3. Le métabolisme des tissus

2.3.1. Le tissu musculaire

Les activités enzymatiques. Les activités ATPasiques myofibrillaires des muscles *longissimus* et *biceps femoris* ne sont pas significativement différentes entre les deux lots d'animaux (tableau 4). En revanche, elles sont plus faibles à 12°C qu'à 28°C dans les muscles *semi-spinalis* ($P < 0,05$) et *psaos major* ($P < 0,10$). Bien que non significative, la plus forte activité de

TABLEAU 3
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES TISSUS ADIPEUX
(en % des acides gras totaux)

ACIDES GRAS	DOS EXT.		DOS INT.		PANNE	
	12°C	28°C	12°C	28°C	12°C	28°C
C 14:0	1,8	1,9	1,5	1,9	1,9	2
C 16:0	26,1	27,9	26,5	29,5	30,2	30,8
C 16:1	2,5	2,8	2,3	2,4	2,4	2,5
C 18:0	13,2	15,7	15,8	16,9	20,1	19,8
C 18:1	41,9	34,7	39,6	34,7	32,9	32,5
C 18:2	11,7	13,2	11,7	12,5	0,6	10,8
C 18:3	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6
C 20:0	1,4	0,8	1,3	0,8	0,7	0,6
C 20:1	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3
Total						
Saturés	42,6 ***	46,3	45,1 ***	49,2	52,5	53,3
(sd)	3,2	2,8	2,3	2,8	2,8	3,8
Insaturés	57,4 ***	53,6	54,9 ***	51,0	46,9	46,8
(sd)	3,2	2,8	2,3	2,9	2,8	4,1

TABLEAU 4
CARACTÉRISTIQUES MÉTABOLIQUES DU TISSU MUSCULAIRE

	Muscle	Température		Test
		12°C	28°C	
Activités Enzymatiques				
ATPase myofibrillaire (nmole KOH/mn/mg prot)	LD	515 ± 48	476 ± 98	NS
	BF	376 ± 81	333 ± 61	NS
	PM	337 ± 78	397 ± 94	NS
	SS	173 ± 43	223 ± 61	*
LDH (mmole/mn/g muscle)	LD	441 ± 94	386 ± 673	*
	SS	88 ± 21	100 ± 25	NS
CS (mmole/mn/g muscle)	LD	3,3 ± 0,8	2,8 ± 0,7	NS
	SS	10,5 ± 1,2	7,9 ± 1,1	***
-OH-CoA-DH (mmole/mn/g muscle)	LD	3,8 ± 0,4	3,3 ± 0,6	*
	SS	12,6 ± 1,3	9,7 ± 1,3	***
Histoenzymologie				
Pourcentage	I	10,1 ± 2,8	9,7 ± 3,9	NS
	IIA	7,9 ± 2,4	7,5 ± 2,4	NS
	IIB	81,9 ± 2,6	82,9 ± 4,4	NS
Surface (µm ²)	I	2470 ± 332	2538 ± 489	NS
	IIA	2258 ± 414	2221 ± 469	NS
	IIB	4781 ± 904	4321 ± 881	NS
	<i>Moyenne</i>	4341 ± 769	3987 ± 753	NS
Surface relative	I	5,8 ± 1,5	6,2 ± 2,7	NS
	IIA	4,2 ± 1,4	4,2 ± 1,7	NS
	IIB	90,1 ± 2,1	89,5 ± 3,6	NS
Pourcentage	I	58,4 ± 10,0	42,6 ± 7,6	***
	IIA	29,4 ± 9,1	36,7 ± 8,6	*
	IIB	12,2 ± 5,7	20,8 ± 8,7	**
Surface (µm ²)	I	3125 ± 500	3532 ± 571	*
	IIA	3504 ± 656	4099 ± 694	*
	IIB	3614 ± 1029	4354 ± 1049	*
	<i>Moyenne</i>	3295 ± 537	3909 ± 625	**
Surface relative	I	55,4 ± 9,5	38,6 ± 7,6	***
	IIA	31,0 ± 9,2	38,6 ± 9,9	*
	IIB	13,7 ± 7,5	22,8 ± 9,7	**
Surface Transversale du Muscle LD (cm²)		33,7 ± 4,2	32,7 ± 6,3	NS

cette enzyme à 12°C dans les muscles LD et BF contribue à expliquer la vitesse de chute plus rapide du pH dans ces muscles chez les animaux placés à 12°C (tableau 2). Concernant le métabolisme glycolytique, l'activité de la LDH est plus forte à 12°C dans le muscle *longissimus*. Cela contribue également à expliquer une vitesse de chute plus rapide du pH. La température ambiante est sans effet sur l'activité LDH du muscle rouge *semi-spinalis*. Pour le métabolisme oxydatif (tableau 4), nos résultats montrent que les activités CS et -OH-CoA-DH du muscle *semi-spinalis* sont respectivement 32% ($p < 0,001$) et 30% ($P < 0,001$) plus élevées à 12 qu'à 28°C (tableau 4). A des degrés moindres, les effets vont dans le même sens dans le muscle *longissimus*. Les données témoignent d'un métabolisme oxydatif stimulé et d'une utilisation accrue des lipides à des fins énergétiques chez les porcs élevés à 12°C. Ces résultats sont en accord avec ceux de CHEAH et al (1985) et HERPIN (1988) obtenus sur des porcs de 10 à 20 kg. La stimulation générale des métabolismes, glycolytique et oxydatif, à 12°C par rapport à 28°C serait cohérente avec une activité thyroïdienne plus active à 12 qu'à 28°C.

L'histoenzymologie. Dans le muscle *longissimus* (LD), aucun effet significatif de la température ambiante n'a été mis en évidence sur les pourcentages numériques, les surfaces moyennes et les surfaces relatives des fibres de chacun des types (tableau 4). Ces résultats ne confirment pas ceux de DAUNCEY et al (1986) mettant en évidence un pourcentage plus élevé de fibres de type I dans ce muscle chez des porcelets élevés au froid (10 vs 35°C) entre 2 et 8 semaines d'âge. L'absence d'effet de la température sur l'aire de section des fibres du muscle LD est cohérente avec l'absence d'effet

sur la surface transversale du muscle. En revanche, la température ambiante affecte fortement les caractéristiques histoenzymatiques du muscle *semi-spinalis* (SS) (tableau 4). Par rapport au chaud, le froid provoque une augmentation du pourcentage et de la surface relative occupée par les fibres I au détriment des fibres IIA et surtout IIB. Le plus fort pourcentage de fibres de type I à 12°C est cohérent avec l'observation d'une activité ATPasique myofibrillaire plus faible, d'un métabolisme oxydatif stimulé et d'une utilisation accrue des lipides.

2.3.2. Le tissu adipeux

Aux deux températures, l'activité de l'acétyl CoA carboxylase augmente des dépôts les plus externes vers les plus internes (dos externe < dos interne < panne). L'activité des enzymes marqueurs de la lipogénèse est supérieure à 12°C dans le tissu adipeux sous-cutané dorsal. Les effets ne sont cependant significatifs que pour l'enzyme malique ($P < 0,001$) et la G6PDH ($P < 0,001$) (tableau 5). L'augmentation des activités lipogéniques observées dans la bardière des animaux élevés à 12°C confirme donc les résultats obtenus chez le jeune porc (HERPIN et al, 1987). Elle traduit une synthèse accrue d'acides gras au froid, sans doute en raison d'une consommation supérieure d'aliment (RINALDO et al, 1988, communication personnelle). Cette observation et l'absence d'effet de la température ambiante sur la masse de la bardière suggère également une lipolyse stimulée au froid et un turnover des lipides accru. Aucun effet de la température ambiante ne se manifeste au niveau des activités de la panne. Les différences de poids de panne entre les deux lots (chaud > froid) ne semblent donc pas pouvoir s'expliquer par des différences d'activité lipogénique. Là encore, une lipolyse plus importante au froid permettrait d'expliquer les différences.

TABLEAU 5
CARACTÉRISTIQUES MÉTABOLIQUES DU TISSU ADIPEUX

		Température		Test
		12°C	28°C	
Acétyl-CoA-Carboxylase (nmole HCO ₃ ⁻ /mn/g tissu)	Dos Ext	9,95 ± 2,66	8,86 ± 2,75	NS
	Dos Int	12,60 ± 3,35	10,62 ± 2,96	NS
	Panne	16,96 ± 5,58	15,99 ± 6,2	NS
Enz Malique (nmole PDH/mn/g tissu)	Dos Ext	640 ± 169	430 ± 117	***
	Dos Int	708 ± 176	489 ± 124	***
	Panne	632 ± 196	561 ± 147	NS
G6PDH (nmole PDH/mn/g tissu)	Dos Ext	606 ± 115	492 ± 101	**
	Dos Int	689 ± 107	542 ± 74	***
	Panne	737 ± 97	744 ± 96	NS

CONCLUSION

L'ensemble de nos résultats montrent qu'à vitesse de croissance égalisée, la température d'élevage peut modifier certains paramètres de la croissance, de la qualité de viande et du métabolisme tissulaire. Dans nos conditions d'élevage en loges individuelles et sur caillebotis en béton intégral, une température ambiante de 28°C s'est traduite par une économie de 40 kg d'aliment par porc produit entre 8 et 90 kg de poids vif, sans modification apparente de la composition corporelle estimée. L'étude montre également que des animaux de la

même race ayant la même composition corporelle estimée, donc un prix de vente identique, peuvent avoir une morphologie variable et des jambons de composition tissulaire différente : les animaux élevés à 28°C sont plus longs et possèdent des jambons plus riches en muscle et moins gras. Au plan de la qualité de la viande, notre étude met en évidence une accélération de la vitesse de chute *post-mortem* du pH dans les muscles blancs et une augmentation du degré d'insaturation des acides gras de la bardière chez les animaux élevés à 12°C. En conséquence, une faible température d'élevage semble

avoir une action défavorable sur la qualité technologique des muscles blancs, ce que les données fournies par la fibre optique confirment, et du gras sous-cutané. Un des seuls effets favorables du froid sur la qualité du tissu maigre pourrait concerner la qualité organoleptique par le biais de l'augmentation de la teneur en lipides intramusculaires, une hypothèse à confirmer. Au plan biochimique, nos résultats démontrent un effet de la température sur les tissus. Pour le muscle, le froid agit surtout sur les muscles rouges en augmentant fortement le pourcentage de fibres lentes et en stimulant le métabolisme

oxydatif ($P < 0,001$). La réponse est beaucoup moins marquée dans les muscles blancs où nous avons seulement observé une stimulation modérée ($P < 0,05$) des métabolismes oxydatifs et glycolytiques. Pour le tissu adipeux, le froid stimule la lipogénèse et augmente le degré d'insaturation des acides gras de la bardière, aucune modification n'est mise en évidence au niveau de la panne. D'autres expériences seraient nécessaires pour déterminer les parts respectives du froid et du chaud dans les phénomènes observés. Dans ce cas, il serait important d'aller jusqu'aux mesures directes des qualités organoleptiques et technologiques des viandes.

BIBLIOGRAPHIE

- ASHMORE C.R., DOERR L., 1971. *Exp. Neurol.*, **30**, 431.
- BROOKE M.H., KAISER K.K., 1970. *Arch. Neurol.*, **23**, 369.
- CHEAH K.S., DAUNCEY M.J., CHEAH A.N., INGRAM D.L., 1985. *Comp. Biochem. Physiol.*, **82 B**, 287.
- COMBERG G., WEGNER W., STEPHAN E., PLISCHKE R., FEDER H., REETZ I., 1973. *Züchtungsk.*, **42**, 102.
- DAUNCEY M.J., GREENWOOD C.A., INGRAM D.L., MUNN E.A., 1986. *J. Physiol.*, **371**, 220.
- DAUNCEY M.J., INGRAM D.L., WALTERS D.L., LEGGE K.F., 1983. *J. Agric. Sci. Camb.*, **101**, 291.
- DESMOULIN B., ECOLAN P., PEINIAU P., MELANI C., 1984. *J. Rech. Porcine en France*, **16**, 37.
- FULLER M.F., DUNCAN W.R.H., BOYNE A.W., 1974. *J. Sci. Food Agric.*, **25**, 205.
- GOUTEFONGEA R., 1960. *Vlth Conf. Meat Res. Workers, Utrecht*.
- HERPIN P., 1988. In : *Mécanismes et régulation de la thermogénèse chez le jeune porc exposé au froid*. Thèse INA Paris-Grignon.
- HERPIN P., BERTIN R., LE DIVIDICH J., PORTET R., 1987. *Comp. Biochem. Physiol.*, **87 A**, 1073.
- JUDGE M.D., CAHILL V.R., KUNKLE L.E., BRUNER W.H., 1959. *J. Anim. Sci.*, **18**, 448.
- LE DIVIDICH J., DESMOULIN B., DOURMAD J.Y., 1985. *J. Rech. Porcine en France*, **17**, 275.
- LE DIVIDICH J., NOBLET J., 1982. *Livest. Prod. Sci.*, **9**, 731.
- LE DIVIDICH J., NOBLET J., BIKAWA T., 1987. *Livest. Prod. Sci.*, **17**, 235.
- MARPLE D.M., NACHREINER R.F., MAGGUIRE J.A., SQUIRES C.D., 1975. *J. Anim. Sci.*, **41**, 799.
- MONIN G., 1983. *Journées Rech. Porcine en France*, **15**, 151.
- MONIN G., MEJENES-QUIJANO A., TALMANT A., 1987. *Meat Sci.*, **20**, 149.
- STAHLY T.S., CROMWELL G.L., 1979. *J. Anim. Sci.*, **49**, 1478.
- SUGAHARA M., BADER D.M., HARMON B.G., JENSEN A.H., 1970. *J. Nutr.*, **98**, 344.
- VERSTEGEN M.W.A., BRANDSMA H.A., MATEMAN G., 1982. *J. Anim. Sci.*, **55**, 88.