

## Effets de la température ambiante et du niveau alimentaire sur le dépôt des acides gras chez le porc en croissance

Maëla KLOAREG, Laurent LE BELLEGO, Jacques MOUROT, Jean NOBLET et Jaap VAN MILGEN

INRA-UMRVP, Saint-Gilles, France

### Effets de la température ambiante et du niveau alimentaire sur le dépôt des acides gras chez le porc en croissance

Trente-six porcs provenant de 8 portées ont été élevés de 24 à 65 kg selon un dispositif factoriel comportant deux températures (23 et 30°C) et quatre niveaux de rationnement (100 %, 90 %, 80 % et 70 % du niveau *ad libitum* à chaque température). Un porcelet de chaque portée a été abattu en début d'expérience afin d'effectuer un bilan d'acides gras selon la méthode des abattages comparés. Les données obtenues ont également permis de quantifier l'importance de l'oxydation des acides gras essentiels d'origine alimentaire (estimée à 30 %) et la composition des acides gras synthétisés *de novo* (1,7, 30,3, 2,4, 19,7 et 45,9 % pour respectivement C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 et C18:1). Enfin, un modèle d'estimation des flux d'acides gras (oxydation, dépôt et transformations de la biosynthèse : désaturation, élongation et raccourcissement) a été développé. A 23°C et au niveau alimentaire *ad libitum*, 33% du C16:0 synthétisé est déposé, alors que 1,7 % du C16:0 est raccourci en C14:0, 2,8 % désaturé en C16:1 et 63 % élongé en C18:0. Pour le C18:0 synthétisé, 28 % est déposé et 72 % est désaturé. Les facteurs environnementaux étudiés influencent cette biosynthèse de façon indépendante. La température ambiante a un effet marqué sur la désaturation du C18:0 en C18:1 (diminution de 3,5 % à 30°C par rapport à la thermoneutralité). La réduction du niveau alimentaire augmente le flux d'élongation du C16:0 alors que l'augmentation de la température le diminue.

### Effect of high ambient temperature and feeding level on fatty acid deposition in growing pigs

Eight blocks of five littermate barrows were used in a comparative slaughter trial to determine the effect of feeding level and ambient temperature on fatty acid (FA) deposition. At 24 kg BW, one pig from each litter was slaughtered to determine the initial FA composition. The other littermates were assigned to one of four feeding levels (100%, 90%, 80%, and 70% of *ad libitum* intake). The temperature for each block was maintained at either 23 or 30°C. At 65 kg, pigs were slaughtered and the lipid and FA composition in the empty body was determined. The oxidation of dietary essential FA was 30%. Based on the assumption that 80% of the digestible non-essential dietary FA were deposited, the average composition of *de novo* synthesized FA corresponded to 1.7, 30.3, 2.4, 19.7 and 45.9% for C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 and C18:1, respectively. A data analysis model was developed based on the conversions between *de novo* synthesized FA. At 23°C and for *ad libitum* feeding, 33% of C16:0 was deposited, 1.7% shortened to C14:0, 63% elongated to C18:0, and 2.8% unsaturated to C16:1. Twenty-eight percent of C18:0 (synthesized from C16:0) was deposited and 72% unsaturated to C18:1. At 30°C, C18:0 desaturation was reduced by 3.5%-point. Feed intake and temperature independently affected elongation of C16:0. A reduction in feed intake increased the elongation rate whereas the increase in temperature reduced the elongation rate.

## INTRODUCTION

La teneur en lipides et la composition en acides gras ont une incidence sur les qualités technologique, organoleptique et nutritionnelle des viandes. En effet, une teneur élevée en acides gras poly-insaturés peut provoquer une oxydation accrue de la carcasse et un manque de fermeté des tissus adipeux, ce qui conduit à des difficultés d'ordre technologique. A l'inverse, une forte teneur en acides gras poly-insaturés est conseillée en alimentation humaine, en particulier en ce qui concerne la teneur en acides gras de la famille linoléique (ANC 2001).

Le dépôt des acides gras est la conséquence directe de deux aspects du métabolisme : les dépôts d'origine alimentaire et la synthèse *de novo*. Les facteurs génotype, sexe, vitesse de croissance, poids vif, âge, conditions environnementales et site de dépôt des acides gras influencent la composition des lipides corporels (TIBAU et al, 2002 ; LIZARDO et al, 2002). La composition du régime et les quantités ingérées ont également une répercussion sur la composition en acides gras de la carcasse (LEBRET et MOUROT, 1998). Dans la littérature, il existe beaucoup d'informations sur la relation entre l'alimentation et la composition en acides gras de la bardière. Or, ce type de données ne permet d'établir que des relations empiriques, sans prendre en compte les mécanismes du métabolisme des acides gras à l'échelle de l'animal entier. Les données quantitatives à l'échelle de l'animal sont peu nombreuses, en particulier concernant de nombreux aspects de l'utilisation des acides gras (oxydation des lipides d'origine alimentaire pour la synthèse d'ATP, composition des acides gras synthétisés *de novo*, répartition des dépôts lipidiques entre différents tissus et turn-over des lipides, synthèse d'hormones ou autres précurseurs biologiques...). Ce manque de données expérimentales à l'échelle de l'animal entier a été souligné par LIZARDO et al. (2002) lors du développement d'un modèle nutritionnel dynamique spécifique à l'utilisation des acides gras. L'objectif de cette étude est de quantifier les effets de facteurs nutritionnels et environnementaux sur l'utilisation et la répartition des lipides et acides gras chez le porc en croissance.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Animaux et dispositif expérimental

Le dispositif expérimental de cette étude a été décrit en détail par LE BELLEGO et al. (2002). En résumé, 36 mâles castrés Piétrain x (Landrace x Large White) provenant de 8 portées ont été élevés de 24 à 65 kg selon un dispositif factoriel comportant deux températures (T ; 23 et 30°C) et quatre niveaux de rationnement (NA ; 100 %, 90 %, 80 % et 70 % du niveau *ad libitum* à chaque T). En raison de la diminution de la consommation avec l'élévation de 23 à 30°C de T, la quantité ingérée au niveau 100 % à 30°C correspond à la quantité du niveau 80 % à 23 °C. Un porcelet de chaque portée a été abattu en début d'expérience afin d'effectuer un bilan nutritionnel selon la méthode des abattages comparés. Le régime donné aux animaux est à base de blé, maïs et tourteau de soja et contient 187g/kg de matières azotées totales. Il n'y a pas d'ajout d'huile (tableau 1).

**Tableau 1** - Composition chimique et valeur nutritionnelle du régime expérimental (valeurs ajustées pour une matière sèche de 873 g/kg)

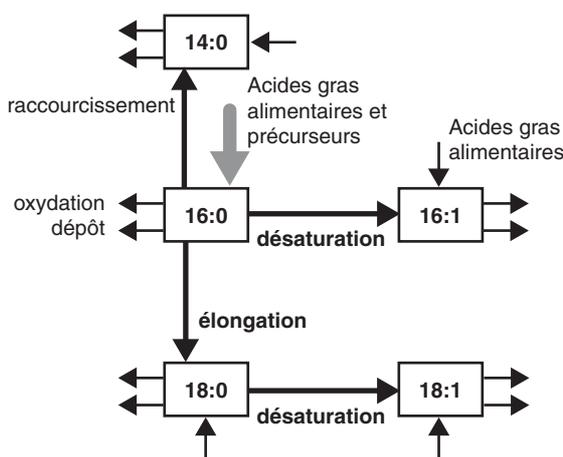
<b>Composition chimique, %</b>	
Matières minérales	5,2
Matières azotées	18,7
Amidon	45,6
Matières grasses	2,2
Cellulose brute	3,5
<b>Valeur nutritionnelle, MJ/kg *</b>	
Energie nette (NE)	9,97
<b>Composition en acides gras, mg pour 100g d'aliment</b>	
C14:0	2,2
C16:0	300,9
C16:1	3,2
C18:0	40,8
C18:1	399,6
C18:2	1101,6
C18:3	59,5
C20:0	6,4
C20:1	6,4
C20:2	1,6
C20:3	0,0
C20:4	1,1
C22:0	4,3
Total acides gras	1928

### 1.2. Mesures et analyses chimiques

Les taux de matière sèche de l'aliment refusé et du régime expérimental sont déterminés de façon à calculer précisément la matière sèche ingérée. Lors de l'abattage, le sang est collecté, pesé et un échantillon est prélevé. Les viscères (tube digestif vide, reins, foie, cœur, poumons, rate), la tête et la queue composent le compartiment 1 (C1) alors que les deux demi-carcasses avec le diaphragme et la panne forment le compartiment 2 (C2). Ces deux compartiments sont stockés à -20°C puis broyés séparément. Les teneurs en matière sèche, matières minérales, matières azotées totales, lipides et énergie brute des compartiments sang, C1 et C2 des 45 animaux et de l'aliment sont mesurés (LE BELLEGO et al, 2002). Le compartiment sanguin n'est pas pris en compte dans le bilan en acides gras (AG) car les dépôts de lipides dans le sang sont inférieurs à 0,05 g/j (LE BELLEGO et al, 2002). La composition en AG des lipides a donc été déterminée uniquement pour les compartiments C1 et C2. Deux méthodes ont été utilisées pour doser la teneur en lipides : une méthode d'extraction à chaud (matières grasses) et une extraction à froid (lipides totaux selon FOLCH, 1957). La méthode de FOLCH présente l'avantage de permettre l'utilisation des lipides obtenus pour le dosage des acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG) car les AG ne sont pas dénaturés à cette température (40°C). Ils sont injectés dans une colonne en mode isotherme à 180°C (colonne phase BDS, 25 m de long et 0,25 mm de diamètre intérieur). Le gaz vecteur utilisé est l'hydrogène. Les acides gras myristique (C14:0), palmitique (C16:0), palmitoléique (C16:1), stéarique (C18:0), oléique (C18:1), linoléique (C18:2), linoléique (C18:3), arachidique (C20:0), gadoléique (C20:1), dihomolinoléique (C20:2), dihomolinoléique (C20:3), arachidoïque (C20:4) et béhénique (C22:0) sont identifiés.

### 1.3. Calculs et analyses statistiques

Pour chaque animal, la quantité d'aliment ingérée et le gain de poids vif sont calculés sur l'ensemble de la période expérimentale. Le poids vif vide à l'abattage est calculé en faisant la somme des compartiments pesés. Les quantités d'acides gras digestibles apportées par l'aliment sont obtenues en appliquant les coefficients de digestibilité iléale aux quantités ingérées. Les coefficients choisis correspondent aux moyennes des valeurs obtenues par JORGENSEN et al. (1993) pour les acides gras C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1, C18:2 et C18:3, à savoir respectivement 90,9, 90,7, 85,3, 86,0, 93,9, 96,2 et 94,4 %. Pour les AG à chaînes plus longues, on a retenu arbitrairement 95,0 %. On dispose ainsi des quantités d'AG digérées pour chaque porc ainsi que des quantités déposées par différence entre les quantités mesurées à la fin de l'expérience et celles estimées au début de l'expérience, ces dernières étant obtenues à partir des animaux abattus en début d'essai. Ces résultats ont été analysés en appliquant un modèle linéaire de covariance comprenant les facteurs T, Portée(T), et NA (procédure GLM de SAS, 1990). Les teneurs en AG étant corrélées entre elles (une faible teneur pour un AG entraîne une forte teneur pour un autre AG), un modèle statistique multivarié a été développé pour traiter les données concernant les acides gras synthétisés *de novo* par une approche plus mécaniste en prenant en compte la relation entre AG (procédure NLIN de SAS). Ainsi, la structure du modèle est basée sur les flux d'acides gras (oxydation, dépôt et transformations de la biosynthèse : désaturation, élongation et raccourcissement, figure 1). La méthode d'estimation et de choix des paramètres intègre les éventuels effets des facteurs environnementaux étudiés (T et NA) sur ces différents flux.



**Figure 1** - Représentation schématique de la synthèse, du dépôt et de l'oxydation des acides gras

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Dépôts de protéines et de lipides

Les résultats sur les effets de la température et du niveau alimentaire sur les dépôts de protéines et lipides sont rapportés par LE BELLEGO et al. (2002). En bref, l'étude a confirmé l'effet négatif d'une température ambiante élevée sur la

quantité ingérée et le gain en poids corporel. Les résultats démontrent également que la température ambiante et le niveau alimentaire affectent de façon indépendante la répartition de l'énergie entre le dépôt de protéines et le dépôt de lipides car, d'une part, le dépôt maximum de protéines est limité par le stress thermique et, d'autre part, une forte restriction alimentaire réduit le dépôt de protéines de façon plus importante à la thermoneutralité qu'une même restriction à température élevée.

### 2.2. Teneur en lipides et composition en acides gras

Le compartiment « carcasse » représente 91,8 % des lipides totaux extraits (dans C1+C2) pour les animaux de 65 kg et 89,4 % pour les animaux de 24 kg (résultats non présentés). La proportion d'acides gras mesurée dans les lipides extraits (AG/L) est significativement différente selon le compartiment (C1 et C2) et selon le poids d'abattage (24 et 65 kg) alors que les facteurs environnementaux (T, NA) n'ont pas d'effets. Pour les animaux de 65 kg, cette proportion est de 76 % pour C1 et de 79 % pour C2, alors que les valeurs initiales (24 kg) sont respectivement de 70% et 75%. La composition en AG à 65 kg révèle que quantitativement, les AG principaux sont C18:1, C16:0, C18:0, C18:2 et C16:1, représentant en moyenne respectivement 41 %, 27 %, 15 %, 10 % et 2,5 % de la totalité des AG mesurés. Les profils d'AG sont globalement similaires à 24 et à 65 kg (corrélation de 99 %). Cependant, les proportions de C18:0, C18:2, C18:3 et C20:4 (acide arachidonique) sont significativement plus faibles à 65 kg.

### 2.3. Dépôt d'acides gras

Les dépôts d'acides gras observés en fonction du traitement sont présentés dans le tableau 2. Comme prévu, les dépôts augmentent avec le niveau d'alimentation. L'effet de T sur les quantités ingérées induit des dépôts nettement plus élevés à la thermoneutralité par rapport à 30°C. Pour les AG non essentiels, les quantités déposées sont en moyenne de 9 à 64 fois supérieures aux quantités d'AG alimentaires digestibles, ce qui témoigne d'une importante activité de biosynthèse. En ce qui concerne les AG essentiels, qui ne peuvent être synthétisés par les animaux, le rapport des quantités déposées sur les quantités digestibles est de 67 % pour l'acide linoléique et de 48 % pour l'acide linoléique. Une partie des AG essentiels digestibles sert à la synthèse des acides gras poly-insaturés (AGPI) à chaînes longues des familles linoléique ( $\omega 6$  ; n-6) et linoléique ( $\omega 3$  ; n-3). La fraction d'AG essentiels oxydés est donc déterminée en prenant en compte ce métabolisme : le rapport dépôt/digéré est effectué en cumulant les AGPI par famille. Pour la famille  $\omega 3$ , seul l'acide linoléique a été identifié dans cette étude : le rapport est donc calculé à partir de cet unique AG, les quantités d'acides gras à chaînes plus longues étant considérées comme négligeables chez des animaux qui ont peu ingéré d' $\omega 3$ . En ce qui concerne la famille  $\omega 6$ , on dispose des quantités des acides gras C18:2, C20:3 et C20:4. Les rapports entre les quantités d'acides gras déposés et digérés sont de 70 % en moyenne pour ce groupe d'AG. Les facteurs environnementaux étudiés n'ont pas d'effet sur ces rapports.

**Tableau 2** - Teneur lipidique finale et dépôts moyens de lipides et d'acides gras entre 24 et 65 kg

Température (°C)	23				30				Analyse statistique +	
	100	90	80	70	80	73	68	62	ETR#	Effets
Niveau alimentaire (%)	6	4	4	4	6	4	4	4		
Nombre d'animaux	6	4	4	4	6	4	4	4		
Teneur lipidique (%)*	21,7	19,0	17,8	18,2	19,0	17,6	17,0	15,8	1,48	NA*** P(T)*
Dépôt de lipides (g/j)	262	206	180	156	196	164	151	128	19	NA*** P(T)**
Dépôt total d'acides gras (g/j)	209	165	144	125	156	131	121	103	15	NA*** P(T)**
Dépôt d'acides gras (% du dépôt total)										
C14:0	1,45	1,37	1,27	1,34	1,37	1,52	1,58	1,44	0,26	
C16:0	28,3	27,1	26,1	26,1	27,9	27,7	27,6	27,3	1,21	NA** T*
C16:1	2,42	2,18	1,81	1,97	2,04	1,76	1,71	2,01	0,38	P(T)*
C18:0	15,2	15,3	16,0	16,2	16,8	17,1	17,6	16,5	1,00	P(T)* T*
C18:1	42,1	42,5	42,1	42,7	40,4	38,9	38,7	39,1	1,50	T***
C18:2	7,92	8,33	9,50	9,09	9,03	10,24	9,84	10,98	0,68	NA*** P(T)*
C18:3	0,30	0,36	0,38	0,33	0,33	0,43	0,32	0,39	0,068	P(T)*
C20:0	0,36	0,29	0,25	0,24	0,25	0,24	0,23	0,20	0,070	NA**
C20:1	1,06	1,28	1,21	1,11	1,01	1,05	1,18	0,98	0,17	
C20:2	0,47	0,65	0,78	0,58	0,54	0,61	0,68	0,65	0,16	
C20:3	0,07	0,13	0,12	0,08	0,07	0,07	0,10	0,09	0,042	
C20:4	0,26	0,21	0,36	0,20	0,19	0,27	0,25	0,30	0,098	P(T)*
C22:0	0,12	0,23	0,12	0,10	0,08	0,07	0,07	0,08	0,105	

\* exprimée en pourcentage du poids de la carcasse totale (carcasse et compartiment viscères, tête, pieds et queue)

+ Analyse de covariance avec la température (T) et la portée (P(T)) en facteurs principaux et le niveau alimentaire (NA) en covariable.

# ETR : Ecart type résiduel. Effets significatifs : \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$ .

**Tableau 3** - Composition des acides gras synthétisés *de novo*, exprimée en pourcentage du total d'acides gras synthétisés *de novo*

Température (°C)	23				30				Analyse statistique +	
	100	90	80	70	80	73	68	62	ETR#	Effets
Niveau alimentaire (%)	100	90	80	70	80	73	68	62		
Dépôt total d'acides gras (g/j)	209	165	144	125	156	131	121	103	15	NA*** P(T)**
Synthèse <i>de novo</i> totale § (g/j)	175	135	117	102	129	105	98	82	14	NA*** P(T)**
C14:0	1,7	1,6	1,5	1,6	1,6	1,9	2,0	1,8	0,3	
C16:0	31,1	30,0	29,1	28,7	30,7	31,2	31,0	30,6	1,4	T* NA*
C16:1	2,9	2,6	2,2	2,4	2,4	2,1	2,1	2,5	0,5	P(T)*
C18:0	17,7	18,2	19,3	19,4	20,0	21,0	21,4	20,4	1,2	T* NA* P(T)*
C18:1	46,6	47,5	47,9	47,9	45,3	43,9	43,4	44,8	1,8	T**

+ Analyse de covariance avec la température (T) et la portée (P(T)) en facteurs principaux et le niveau alimentaire (NA) en covariable.

# ETR : Ecart type résiduel. Effets significatifs : \*  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$ .

§ Synthèse *de novo* des acides gras C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 et C18:1. La synthèse *de novo* des acides gras à chaînes longues est considérée comme négligeable.

Dans la suite de cette étude, on pose donc l'hypothèse que cette proportion d'AG essentiels digestibles directement déposée est similaire pour les AG non essentiels (70%), ce qui suggère une oxydation globale de 30 %.

#### 2.4. Composition des acides gras synthétisés *de novo*

Supposer une oxydation de tous les AG digestibles de 30 % permet de calculer la part d'AG non essentiels déposés provenant de la synthèse *de novo*. La composition des quantités synthétisées *de novo* est alors de 1,7, 30,3, 2,4, 19,7 et 45,9 % pour respectivement C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 et C18:1 en moyenne pour tous les traitements, en considérant la synthèse *de novo* des acides gras à chaînes longues comme négligeable. Cela correspond à des vitesses moyennes de synthèse des acides gras C14:0, C16:0, C16:1, C18:0 et C18:1 de respectivement 2,0, 35,8, 2,9, 22,9 et 54,2 g/j sur l'ensemble de la période. La température ambiante affecte fortement les teneurs en C16:0, C18:0 et

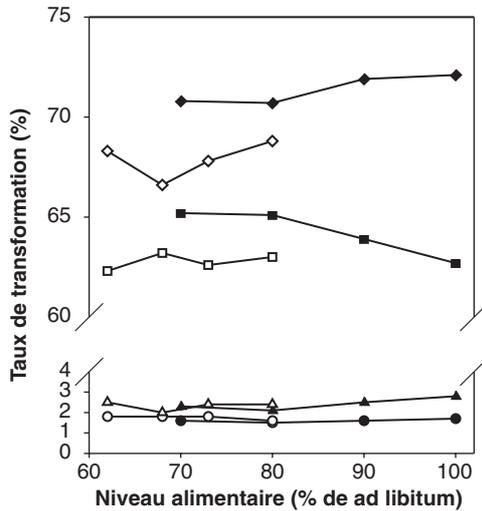
C18:1 (tableau 3). Une hausse de température de 23 à 30°C diminue la proportion de C18:1 de 3,2 % en moyenne. En contre partie, les proportions de C18:0 et de C16:0 sont accrues de respectivement 2,0 et 1,2 %. La baisse du niveau alimentaire réduit la proportion de C16:0 et augmente la proportion de C18:0. Bien que l'interaction entre T et NA ne soit pas significative, cet effet apparaît quantitativement plus important à 23°C qu'à 30°C.

Le modèle multivarié a été appliqué du fait des dépendances entre ces bilans d'AG. Le niveau d'oxydation est fixé à 30 % pour tous les AG. A 23°C et pour une alimentation *ad libitum*, 33 % du C16:0 est déposé, alors que 1,7 % du C16:0 est raccourci en C14:0, 2,8% désaturé en C16:1 et 62,9 % élongé en C18:0 (voir figure 1). En ce qui concerne le C18:0, son dépôt direct est de 28 % contre une désaturation de 72 %. Les estimations de ces flux calculés pour chaque température ambiante et chaque niveau alimentaire sont représentées dans la figure 2. Elles semblent indiquer que l'élongation du C16:0 et la désaturation du C18:0 sont

**Tableau 4** - Estimation des paramètres du modèle de répartition des acides gras synthésés *de novo*

Paramètres	R §	D7 §	Eo +		deltaE +	D9 §	
Température (°C)			23	30		23	30
Estimations (%)	1,6	2,5	63,1	61,3	6,3	71,6	68,1

§ R : flux de raccourcissement du C16:0 en C14:0 ; D7 : flux de désaturation du C16:0 en C16:1 ; D9 : flux de désaturation du C18:0 en C18:1.  
 + Le flux d'élongation du C16:0 en C18:0 dépend de la température et du niveau alimentaire (NA, %).  $Elongation = Eo + \delta E \cdot (100 - NA)$ .  
 Eo : Flux d'élongation au niveau *ad libitum* ; deltaE : coefficient de l'effet du niveau alimentaire sur le flux d'élongation.



Marques ouvertes : 23°C ;  
 Marques fermées : 30°C.  
 ● : flux de raccourcissement du C16:0 en C14:0 ;  
 ▲ : flux de désaturation du C16:0 en C16:1 ;  
 ■ : flux d'élongation du C16:0 en C18:0 ;  
 ◆ : flux de désaturation du C18:0 en C18:1

**Figure 2** - Estimations des flux de répartition des acides gras synthésés *de novo* pour chaque traitement

affectées principalement par la température ambiante. On discerne par ailleurs un effet du niveau alimentaire sur le flux d'élongation à 23°C. Les effets de T et NA sont testés en simplifiant le modèle par étapes successives. Les résultats sont présentés dans le tableau 4. Ainsi, le flux de raccourcissement de C16:0 en C14:0 (1,6 %) est estimé comme un seul paramètre du modèle, quels que soient la température et le niveau alimentaire, car cela n'affecte pas la précision du modèle ( $P > 0,05$ ). Il en va de même pour le flux de désaturation du C16:0 en C16:1 (2,5 %). Par contre, la température ambiante a un effet global marqué ( $P < 0,01$ ) sur la désaturation du C18:0 en C18:1 : ce flux diminue de 3,5 % à 30°C par rapport à la thermoneutralité. Le niveau alimentaire joue sur l'élongation car à 23°C, une restriction de 10% augmente l'élongation du C16:0 de 0,7 %, la proportion déposée diminuant en contrepartie.

### 3. DISCUSSION

Les différences entre les profils des deux compartiments et entre les profils à 24 et 65 kg sont dues à la teneur plus importante en AG de structure, relativement aux AG de réserve, dans les viscères, la tête et la queue. Certains AG sont proportionnellement plus importants chez les jeunes animaux : l'acide arachidonique (C20:4), l'acide linoléique (C18:2) et l'acide linoléique (C18:3). Ceci peut être en partie dû à la composition du régime donné avant le début de

l'expérience. Cependant la diminution très forte de la proportion d'acide arachidonique s'explique également par une importance relative moindre du cerveau (tissu neuronal) chez l'animal de 65 kg, et peut-être d'une façon plus générale, une proportion plus faible de membranes. Les proportions d'acides gras essentiels (C18:2 et C18:3) diminuent également avec le poids de l'animal, car la synthèse *de novo* devient relativement plus importante, ce qui implique une importance croissante des lipides de réserve par rapport aux lipides de structure : on observe alors un phénomène de dilution de ces acides gras dans l'ensemble de la masse adipeuse.

Les AG essentiels ne pouvant être synthésés par les animaux, ils peuvent être utilisés comme des marqueurs naturels pour évaluer l'utilisation des AG ingérés entre le dépôt et l'oxydation. Le ratio de C18:2 déposé/digéré calculé dans cette étude (67 %) se situe entre la valeur choisie par LIZARDO et al. (2002) pour leur modèle spécifique aux AG (85 %) et celle de l'étude de FLANZY et al. (1970 ; 50 %), qui utilise également la méthode des abattages comparés. Ces valeurs sont bien moindres que celles calculées par CHWALIBOG et al. (1992) à partir de données calorimétriques, qui aboutissent à la conclusion que tous les AG digérés sont déposés. Le bilan des dépôts des AG essentiels calculés en tenant compte de la synthèse des AGPI est nettement supérieur pour la famille linoléique que pour la famille linoléique (70 % contre 48 %). La quantité d'AG  $\omega 3$  est bien moindre dans la carcasse que la quantité d'AG  $\omega 6$  (0,4 % de la totalité d'AG contre 10,5 %) et l'écart-type observé sur le bilan  $\omega 3$  est relativement important (10,4 %). De plus, bien que C18:3 puisse être un substrat du métabolisme d'autres AG ou d'hormones, seule la teneur en C18:3 a été mesurée dans cette étude. Par ailleurs, les ratios sont calculés comme des bilans nets pour une période de 45 jours et ne prennent pas en compte le turnover des AG. Or, la demi-vie du C18:3 mesurée chez des porcs de 8 à 12 mois et nourris avec un régime contenant beaucoup d'huile de lin est de 300 jours dans la bardière (ANDERSON et al, 1972), ce qui est plus rapide que pour les autres AG. Ceci est peut être dû à un plus fort turnover des lipides de la membrane, les AG  $\omega 3$  étant des composants privilégiés.

En faisant l'hypothèse d'un taux d'oxydation similaire pour tous les AG (30 %), les quantités d'AG non essentiels d'origine alimentaire directement déposés peuvent être calculés, ainsi que, par déduction, le bilan net des quantités synthésés *de novo* entre 24 et 65 kg. Dans cette étude, environ 92% des AG non essentiels déposés proviennent de la biosynthèse, le régime contenant peu d'AG (2 %). Les AG saturés et monoinsaturés sont largement prépondérants dans la composition finale des tissus. La composition des AG synthésés *de*

*novo* pour les porcs nourris *ad libitum* à 23°C diffère de celle utilisée par LIZARDO et al. (2002) dans leur modèle, en particulier pour le C16:0 (30 % contre 24 % pour LIZARDO et al., 2002) et le C18:1 (46 % contre 54 %). Ces estimations proviennent des données de GERFAULT et al. (2000) sur des porcs nourris avec trois régimes contenant des huiles différentes et abattus à 100 kg. Ces différences peuvent être dues, d'une part, à l'âge des animaux et, d'autre part, au régime. En effet, l'ajout d'un AG dans l'aliment réduit la lipogénèse de façon spécifique, le niveau de réduction dépendant de la longueur de la chaîne carbonée et du degré d'insaturation de l'AG ajouté (SMITH et al. 1996). On peut supposer que le profil des AG alimentaires affecte également la composition en AG de la synthèse *de novo*.

La modélisation de la répartition des AG synthétisés *de novo* montre que les transformations les plus importantes quantitativement sont l'élongation du C16:0 en C18:0 et la désaturation du C18:0 en C18:1. La part de C18:0 désaturé en C18:1 est 26 fois supérieure à la part de C16:0 désaturé en C16:1 (72 % contre 2,8 % à 23°C et nourris *ad libitum*) malgré l'implication de la même enzyme, la stearoyl-CoA-désaturase, dans ces transformations. Cela peut être dû à une affinité différente de l'enzyme pour ces deux substrats, ou à la compétition pour le substrat (C16:0) entre les voies de désaturation, d'élongation et de bêta-oxydation à des fins énergétiques.

La diminution de la quantité de C18:1 synthétisé *de novo* à 30°C par rapport à la thermoneutralité (et l'augmentation des quantités de C16:0 et C18:0 en contrepartie) et l'absence d'effet du niveau alimentaire sur la teneur en C18:1 confirment les résultats obtenus *in vitro* par KOUBA et al. (1999) : une hausse de la température ambiante réduit l'activité de l'enzyme D9 désaturase dans la bardière, la panne et le muscle long dorsal alors que le NA n'a pas d'effet. Les mécanismes par lesquels la température influence l'activité de l'enzyme D9 désaturase ne sont pas connus (KOUBA et al. 1999). L'influence de T sur la composition des AG syn-

thétisés *de novo* est donc en partie due à un effet direct sur l'activité enzymatique. Cependant, la température ayant un effet sur la localisation des AG dans différents sites anatomiques, on peut supposer que cet effet se cumule avec l'influence des enzymes. Les connaissances sur le groupe d'enzymes « élongase » sont faibles mais l'effet du niveau alimentaire sur l'élongation du C16:0 (à 23°C une restriction de 10 % augmente l'élongation du C16:0 de 0,7 %) pourrait s'expliquer par un mode de fonctionnement limitatif de ces enzymes : une augmentation des quantités de substrat (C16:0 alimentaire et synthétisé *de novo*) pourrait réduire la proportion élongée par saturation des enzymes.

## CONCLUSION

Cette étude a permis une approche systémique à l'échelle de l'animal (mesures sur la totalité de la carcasse) et apporte des connaissances quantitatives et qualitatives sur l'utilisation des acides gras chez le porc en croissance, en particulier en ce qui concerne certains aspects du métabolisme : le dépôt, l'oxydation et la biosynthèse. L'approche mécaniste (choix des compartiments et flux du modèle multivarié) permet de mettre en évidence les facteurs influençant certains aspects du métabolisme à des endroits critiques, ce qui n'est pas possible dans le cas d'un modèle qui prédit les profils d'acides gras de manière plus empirique. La nette influence de la température sur la désaturation de l'acide oléique a été mise en évidence ainsi que, dans une moindre mesure, l'influence du niveau alimentaire sur la réaction d'élongation de l'acide palmitique en acide stéarique. Cependant, le plan d'expérience ne prend pas en compte les effets des facteurs âge/poids, régime, race et sexe. De plus, des informations quantitatives sur le métabolisme des lipides chez le porc manquent encore pour évaluer certains aspects de l'utilisation des acides gras. Ainsi, le taux d'oxydation réel des acides gras est inconnu et celui-ci peut être influencé par le « turn-over » des lipides. La répartition des acides gras par site anatomique semble également un aspect important à développer dans un modèle dynamique.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANC, 2001, Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française. AFSSA, Ed. Tec & Doc, Paris.
- ANDERSON D., KAUFFMAN R., BENEVENGA N., 1972, *Lipids* 7, 488-489.
- CHWALIBOG A., JAKOBSEN K., HENCKEL S., THORBEC G., 1992, *Journal of Animal Physiology & Animal Nutrition*, 68, 123-135.
- FLANZY J., FRANCOIS A. C., RERAT A., 1970, *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, 10, 603-620.
- GERFAULT V., ROMAO M., MOUROT J., ETIENNE M. & MOUNIER A., 2000, *Journées de la Recherche Porcine en France*, 32, 291-296.
- JORGENSEN H., JAKOBSEN K. & EGGUM B. O., 1992, *Acta Agriculturae Scandinavica*, 43, 101-106.
- KOUBA M., HERMIER D., DIVIDICH J., 1999, *Comparative Biochemistry & Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology*, 124, 7-13.
- LE BELLEGO L., VAN MILGEN J., NOBLET J., 2002, *Animal Science* 75, 85-96.
- LEBRET B., MOUROT J., 1998, *Productions Animales*, 11, 131-143.
- LIZARDO R., VAN MILGEN J., MOUROT J., NOBLET J., BONNEAU M., 2002, *Livestock production science*, 75, 167-182.
- SMITH D., KNABE D., SMITH S., 1996, *Journal of Animal Science*, 74, 975-983.
- TIBAU J., GONZALES J., SOLER J., GISPERT M., LIZARDO L., MOUROT J., 2002, *Journées de la Recherche Porcine*, 34, 121-127.