

Le maïs est plus riche en matières grasses (37 g par kg de produit brut) que les céréales à paille, blé (15 g/kg) et orge (18 g/kg). Sa teneur en acides gras insaturés, et en particulier en acide linoléique (C18:2), est de deux à trois fois plus élevée que celles du blé (6,3 g/kg) et de l'orge (7,5 g/kg), soit 17,8 g/kg selon les tables INRA-AFZ (2002). Le C18:2 n'est pas synthétisé par l'animal et sa teneur dans les gras de dépôt est fortement corrélée à celle des aliments (Mourot et al., 1991; Courboulay et al., 1999). Une limite supérieure en C18:2 de 15 % des acides gras totaux (AGT) du tissu adipeux a été établie (Wood, 1984; Castaing et Grosjean, 1988). Au delà, les risques d'oxydation des acides gras déposés et la dégradation de la qualité des tissus gras au cours de la transformation et de la conservation augmentent fortement, en relation avec le degré d'insaturation des lipides. En rapport avec cette limite, un apport maximal en C18:2 dans l'aliment d'engraisement de 1,7 % de la matière sèche (MS) a été recommandé, soit 14,8 g/kg de produit brut à 870 g de MS. Cette recommandation est retenue en France dans la plupart des Cahiers des Charges de Production porcine de type CCP. Une formule incorporant 72 % de maïs associé au tourteau de soja se situe, sur la base de la teneur des tables, précisément à ce seuil.

## Engraissement des porcs

# Enquête sur la qualité technologique des tissus gras de porcs recevant des rations à base de maïs humide

**Le maïs humide, ensilé ou inerté, peut être utilisé comme seule céréale du régime d'engraisement des porcs charcutiers à des taux voisins de 70 %. Cette technique, valorisant la production céréalière de l'exploitation et économisant les frais de séchage, s'est développée dans de nombreuses régions. Cette étude s'applique à démontrer qu'il est possible de nourrir des porcs en engraissement avec une forte proportion de maïs sans altérer la qualité des tissus gras.**

Science et technique

ALBAR J. <sup>(1)</sup>, COQUELIN C. <sup>(1)\*</sup>, CAZAUX J.-G. <sup>(3)</sup>, ROYER E. <sup>(1)</sup>, VAUTIER A. <sup>(2)</sup>, ALIBERT L. <sup>(1)</sup>, MOUROT J. <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Ifip - Institut du porc — Pôle Techniques d'élevage, 34 Bd de la Gare, 31500 Toulouse

<sup>(2)</sup> Ifip - Institut du porc — Pôle Génétique et Qualité des produits, BP 3, 35651 Le Rheu

<sup>(3)</sup> Adæso Maiz'Europ, 21 Chemin de Pau, 64121 Montardon,

<sup>(4)</sup> Institut national de la recherche agronomique, UMR-Senah, 35590 St-Gilles

avec la collaboration technique de Bouyssière M., Guyomard F. et Loiseau D. <sup>(1,2)</sup> et de l'équipe Élaboration des tissus et qualité des viandes de St-Gilles <sup>(4)</sup>.  
adresse actuelle: Celtic Nutrition animale, 35320 Crevin.

Par rapport aux régimes à base de blé ou d'orge, le maïs est effectivement à l'origine d'une augmentation de la teneur en C18:2 des tissus gras, mais celle-ci se situe le plus souvent en deçà de la limite de 15 % des AGT (Castaing et Grosjean, 1988; Castaing et al., 1995; Castaing et Cazaux, 2000). Dans les cahiers des charges, outre la norme 14,8 g/kg d'aliment, des limites d'incorporation ont occasionnellement été ajoutées pour certaines matières premières riches en C18:2 telles que les huiles et les graines d'oléagineux, et parfois même pour le maïs (par exemple 50 % maxi-

mun). Ainsi, dans l'enquête réalisée en 2000 par le CEREOPA (Pressenda, 2001), 8 formulateurs industriels sur 38 indiquent limiter le maïs dans les aliments d'engraissement pour excès d'acides gras insaturés.

Compte tenu de cette contradiction entre des résultats expérimentaux rassurants et une méfiance persistante à l'encontre du maïs, il importait de mesurer précisément les risques encourus en terme de qualité des gras avec les aliments à forte proportion de maïs. Une étude a donc été conduite afin de mesurer l'occurrence de tissus gras à

risque obtenus avec de tels aliments, et d'apprécier si une limite d'incorporation de maïs est ou non justifiée.

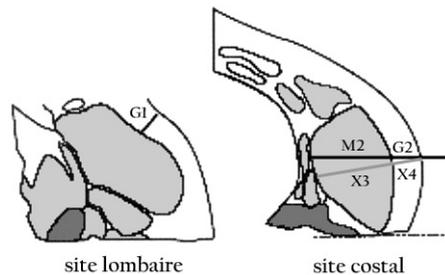
L'étude ne prend en compte que le maïs humide, ensilé ou inerté, à l'exclusion du maïs utilisé en sec, l'utilisation de maïs à taux élevé, en fabrication fermière, s'observant surtout dans cette configuration.

Après pré-enquête auprès de 27 élevages, 12 élevages, codés de A à L, incorporant les plus fortes proportions de maïs (plus de 65 %) ont été sélectionnés: 4 situés en Aquitaine, 3 en Rhône-Alpes, 2 en Alsace, 1 en Poitou-Charentes, 1 en Pays de Loire, 1 en Bretagne.

Dans chaque élevage, un lot de porcs a été suivi. Le type génétique, les performances, la conduite alimentaire des porcs ont été enregistrés et figurent au tableau 1. Le profil en acides gras et les caractéristiques des maïs récoltés en 2003, ainsi que ceux des aliments correspondants (lesquels ne comportaient aucune autre matière grasse) sont présentés au tableau 4.

Les porcs ont été abattus dans 6 abattoirs. Le poids de carcasse chaud, les épaisseurs de gras (G1, G2) et de muscle (M2) (ainsi que la teneur en viande maigre (TVM) ont été relevés (voir schéma A). Les prélèvements (prél.) de tissu adipeux sur toute l'épaisseur de la bardière au niveau des 5e et 6e vertèbres lombaires ont concerné une vingtaine de femelles par lot; 12 d'entre eux ont été analysés, soit au total 144 profils en acides gras, par CPG à l'Inra-Senah à St Gilles (35). Six prélèvements concernaient les femelles les

### Schéma A SITES DES MESURES DE GRAS (G1 ET G2) ET DE MUSCLE (M2) (DAUMAS ET AL., 1999)



Variable G1 : épaisseur de gras sous-cutané (couenne incluse) entre les 3e et 4e dernières vertèbres lombaires, mesurée à 8 cm de la ligne médiane dorsale, perpendiculairement à la couenne.

Variable G2 : épaisseur de gras sous-cutané (couenne incluse) entre les 3e et 4e dernières côtes, mesurée à 6 cm de la ligne médiane dorsale, parallèlement à la fente.

Variable M2 : épaisseur du muscle long dorsal entre les 3e et 4e dernières côtes, mesurée à 6 cm de la ligne médiane dorsale, parallèlement à la fente.

Les équations de prédiction de la TVM sont les suivantes :

o Femelles :  $TVM = 61,68 - 0,142 G1 - 0,449 G2 + 0,154 M2$

o Castrats :  $TVM = 58,15 - 0,198 G1 - 0,570 G2 + 0,255 M2$

Le poids de carcasse est un poids chaud pour une présentation européenne type, c'est-à-dire sans panne, rognons ni diaphragme, mais avec langue.

**Tableau 1  
PRÉSENTATION DES ÉLEVAGES  
ET QUALITÉ DES CARCASSES ÉTUDIÉES**

Élevage			Maïs humide	Alimentation			Carcasses femelles étudiées		
Code	Lieu	Génétique*	Stockage et distribution	Séparation sexes	Conduite femelles	Plafond femelles (kg)	Poids chaud (kg)	TVM	G2 (mm)
A	29	(LW.Ld) x (LW.P)	inerté soupe	oui	rationné	2,6	93,9	61,8	14,1
B	67	(LW.Ld) x (synth. P)	inerté soupe	oui	à volonté	2,6	91,6	62,2	13,8
C	72	(LW.Ld) x (P)	inerté soupe	oui	à volonté	sans	89,4	63,5	11,8
D	64	(LW.Ld) x ((LW.D). P)	inerté soupe	non	à volonté	2,5	92,7	62,6	13,0
E	64	(LW.Ld) x ((LW.D). P)	inerté soupe	non	rationné	2,45	100,6	62,6	14,8
F	01	(LW.Ld) x (LW.P)	inerté soupe	non	rationné	2,7	92,4	63,0	13,2
G	01	(LW.Ld) x (LW.P)	inerté soupe	oui	à volonté	sans	103,1	61,5	15,8
H	67	1/8 chinois x synth	ensilé sec	oui	rationné	2,6	95,0	59,9	16,7
I	01	(LW.Ld) x (LW.P)	ensilé soupe	oui	rationné	2,7	99,1	61,2	15,3
J	16	(LW.Ld) x (P)	ensilé soupe	non	rationné	2,5	92,8	62,4	13,8
K	64	(LW.Ld) x ((LW.D). P)	inerté soupe	oui	à volonté	2,7	92,6	62,1	13,9
L	64	(LW. synth) x (synth)	ensilé soupe	oui	à volonté	2,8	87,7	61,6	13,5
Moyenne							94,2	62,0	14,1

\* synth : lignée synthétique.

plus maigres (afin de disposer systématiquement des animaux les plus "à risque"), trois celles ayant une épaisseur G2 proche de la moyenne du lot, et 3 autres des femelles ayant une valeur de G2 supérieure à la moyenne. En effet, le degré d'insaturation des lipides augmente quand le dépôt de tissu adipeux diminue et est plus élevé chez les femelles que chez les mâles castrés (Lebret et Mourot, 1998).

Les données individuelles ont été traitées par analyse de variance à un facteur, après regroupement par classe pour les différents critères. Afin de hiérarchiser ceux-ci, les coefficients de corrélation ont été calculés et des équations de régression ont pu être obtenues par modèle progressif (méthode MAXR de SAS®, 1990).

## RÉSULTATS

### Fréquence des défauts de qualité des gras et facteurs explicatifs

#### Qualité moyenne des tissus adipeux (tableau 2, figures 1 et 2)

La teneur moyenne en C18:2 des 144 tissus adipeux analysés se situe à 11,8 % des AGT. Les moyennes obtenues par élevage se situent toutes en dessous du seuil de 15 % précédemment évoqué, et varient de 8,3 (élevage E) à 13,8 % (élevage L). Parmi les 144 prélèvements, 8 seulement soit 5,6 %, sont au-dessus du seuil de 15 %, dont 4 proviennent d'un même élevage (L), utilisant la plus forte proportion de maïs (77 %) et présentant le poids moyen de carcasse le plus faible (87,7 kg de poids chaud contre 94,3 pour la moyenne des 12 élevages).

La teneur moyenne en acide stéarique (C18:0) de 14,8 % des AGT confirme la qualité satisfaisante des gras dans la présente étude. Les moyennes par élevage varient de 14,1 à 15,8 %. Parmi les 144 prélèvements, 2 seulement présentent des teneurs en C18:0 inférieures au minimum de 12 % préconisé par Girard et al. (1988).

Les autres paramètres, tels que l'indice de consistance (moyenne 1,12 avec 3 prél. > 1,32), le coefficient d'insaturation (moyenne 1,24 avec 27 prél. > 1,27), l'indice d'iode (moyenne 64,6 avec 7 prél. > 70), confirment ces bons résultats.

#### Facteurs de variation des teneurs en acide linoléique (tableau 3)

La tendance déjà mentionnée, à un accroissement de la concentration du tissu gras en C18:2 lorsque l'épaisseur

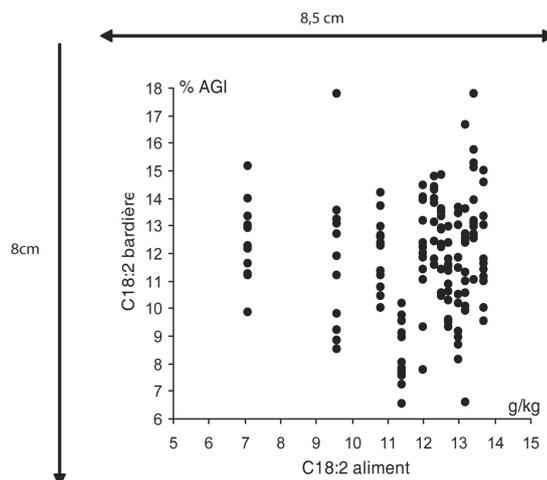
de lard diminue, est confirmée. Le G2 rentre comme premier prédicteur de la teneur en C18:2 des échantillons (corrélation,  $r = -0,40$ ,  $p < 0,0001$ ). Les prélèvements ayant un G2 inférieur à 13 mm ont une teneur moyenne en C18:2 supérieure de deux points à ceux dont le G2 est supérieur à 16 mm. Les 8 échantillons présentant une teneur en C18:2 supérieure à 15 % des AGT se répartissent à raison de 5 dans le groupe ayant les plus faibles G2, 3 dans le groupe intermédiaire et 0 dans celui des G2 les plus élevés.

L'incorporation du maïs a une incidence sur la teneur en C18:2 des tissus adi-

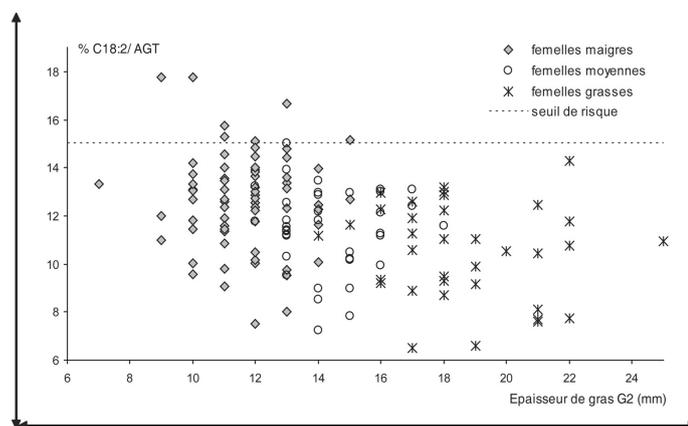
peux. Le taux de maïs dans la ration complété par la teneur en matières grasses de l'aliment sont des prédicteurs additionnels du paramètre G2. Les teneurs en C18:2 comparées de 5 élevages (60 prél.) incorporant de 65 à 69 % de maïs et de 7 élevages incorporant 70 % et plus (84 prél.), sont respectivement de 10,9 % et 12,4 %. Sept des huit échantillons présentant une teneur en C18:2 supérieure à 15 % appartient au second groupe.

L'alourdissement des carcasses entraîne une diminution de la teneur en C18:2 du tissu gras, pouvant être expliquée par une augmentation du tissu gras déposé, elle-même à l'origine d'une dilution de

**Figure 1**  
**RELATION ENTRE LA TENEUR EN C18:2 DES GRAS DE BARDIÈRE ET CELLE DE L'ALIMENT DISTRIBUÉ À 12 FEMELLES (MAIGRES, MOYENNES OU GRASSES DU LOT ABATTU) DANS 12 ÉLEVAGES**



**Figure 2**  
**TENEUR EN C18:2 (EN % DES ACIDES GRAS TOTAUX) DU GRAS DE BARDIÈRE DE 12 FEMELLES DISPOSANT DES NOTES DE G2 LES PLUS FAIBLES (N = 6), MOYENNES (N = 3) OU SUPÉRIEURES À LA MOYENNE DE CHAQUE LOT (N = 3), POUR 12 ÉLEVAGES**



**Tableau 2**  
**QUALITÉ DES GRAS DE BARDIÈRE**  
**(EN POURCENTAGE DE LA SOMME DES ACIDES GRAS IDENTIFIÉS) <sup>(1)</sup>**

Élevage	Ensemble des 12 élevages <sup>(2)</sup>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Effet élevage
C14:0	1,34 (0,27)	1,28	1,81	1,29	1,37	1,33	1,36	1,25	1,19	1,40	1,33	1,35	1,18	*
C16:0	24,60 (1,54)	24,91	24,27	23,99	24,66	25,73	24,68	24,00	24,26	25,06	23,73	25,30	24,63	0,05
C18:0	14,83 (1,29)	14,61	14,23	14,50	14,49	15,77	15,40	14,50	14,05	15,76	14,62	15,69	14,34	< 0,001
C20:0	0,22 (0,11)	0,26	0,18	0,21	0,20	0,28	0,20	0,21	0,22	0,21	0,26	0,18	0,28	*
Somme des AGS	41,00 (2,17)	41,06	40,49	40,00	40,72	43,10	41,64	39,96	39,72	42,43	39,94	42,53	40,42	< 0,001
C16:1 (n7)	2,40 (0,63)	2,39	2,61	2,71	2,32	2,61	2,28	2,05	2,58	2,19	2,44	2,33	2,27	*
C18:1 (n9)	42,60 (2,15)	43,75	41,83	42,92	44,30	43,8	42,48	43,05	42,73	40,44	42,76	41,14	41,96	< 0,001
C20:1 (n9)	0,59 (0,48)	0,50	0,90	0,77	0,26	1,00	0,15	1,00	0,34	0,24	1,09	0,83	0,05	*
Somme des AGMI	45,59 (2,29)	46,64	45,35	46,39	46,88	47,43	44,91	46,09	45,65	42,87	46,3	44,3	44,27	< 0,001
C18:2 (n6)	11,81 (2,12)	10,77	12,53	12,13	10,98	8,33	11,81	11,64	13,18	12,48	12,04	11,96	13,83	< 0,001
C18:3 (n3)	0,73 (0,21)	0,72	0,84	0,73	0,83	0,51	1,05	0,71	0,77	0,66	0,53	0,58	0,89	*
C20:2	0,16 (0,22)	0,05	0,11	0,22	0,10	0,20	0,04	0,28	0,04	0,22	0,50	0,13	0,07	*
C20:4 (n6)	0,15 (0,15)	0,14	0,18	0,16	0,09	0,17	0,08	0,14	0,16	0,14	0,26	0,23	0,08	*
Somme des AGPI	12,86 (2,22)	11,68	13,66	13,24	12,01	9,20	12,98	12,78	14,15	13,50	13,32	12,90	14,88	< 0,001
Part C18:2/AGPI	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,90	0,91	0,91	0,93	0,92	0,90	0,93	0,93	*
Indice consistance	1,12 (0,10)	1,14	1,12	1,16	1,16	1,10	1,08	1,16	1,15	1,01	1,17	1,04	1,10	< 0,001
Indice d'iode	64,60 (3,51)	63,6	66,0	65,9	64,5	59,3	64,9	64,6	67,3	63,2	65,1	63,3	67,5	< 0,001
Coefficient d'insaturation	1,24 (0,04)	1,22	1,25	1,24	1,22	1,18	1,24	1,23	1,25	1,26	1,24	1,24	1,27	< 0,001
Nbre prél. <sup>(3)</sup> > 15 %	8	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	4	
Nbre prél. > 12 %	72	3	9	5	2	0	5	6	9	8	7	7	11	

<sup>(1)</sup> Valeurs moyennes des prélèvements de bardièrre de 12 femelles dont 6 maigres, 3 moyennes et 3 grasses par élevage.

<sup>(2)</sup> Valeur moyenne des 144 échantillons, <sup>(3)</sup> écart-type.

\* Nombre de prélèvements de teneur en C18:2 supérieure à 15 % (12 %) des AGI.  
Conditions de l'analyse statistique non réunies.

**Tableau 3**  
**FACTEURS DE VARIATION DE LA TENEUR DES BARDIÈRES EN C18:2 (144 PRÉLÈVEMENTS)**

Analyse par paramètre		Nombre par classe	C18:2 %/ acides gras identifiés	Nombre prél. C18:2 > 15 %	Signification statistique <sup>(1)</sup>
Taux d'incorporation maïs (%)	65 à 70 %	60	10,95a	1	***
	> 70 %	84	12,42b	7	
Epaisseur G2 (mm)	< 13	57	12,66a	5	***
	13 à 16	43	11,77b	3	
	> 16	44	10,74c	0	
Note TVM	< à 61	40	10,95a	0	***
	61 à 63	46	11,63a	3	
	> 63	58	12,54b	5	
Poids carcasse chaud (kg)	< 89	43	12,98a	5	***
	89 à 97	49	11,66b	0	
	> 97	52	10,97b	3	
Equations de régression entre le C18:2 et les caractéristiques des carcasses et des aliments			R2	Cp <sup>(2)</sup>	ETR <sup>(2)</sup>
C18:2 = f (G2)			0,155	35,1	1,95
C18:2 = f (G2, taux maïs)			0,229	21,8	1,87
C18:2 = f (G2, taux maïs, MG ali)			0,286	11,9	1,81
C18:2 = f (G2, taux maïs, MG ali, poids)			0,330	4,9	1,76
C18:2 = f (G2, taux maïs, MG ali, poids, C18:2 ali)			0,334	6,0	1,76

<sup>(1)</sup> Rejet de l'hypothèse Ho d'égalité des moyennes entre classes d'un même paramètre au seuil \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$ . Les moyennes affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de risque d'erreur de 5 %.

<sup>(2)</sup> MG ou C18:2 ali: teneurs en matières grasses ou C18:2 de l'aliment; Cp: statistique de Mallows, ETR: écart-type résiduel.



**Tableau 4**  
**CARACTÉRISTIQUES DES MAÏS ET DES ALIMENTS PAR ÉLEVAGE**

En g par kg brut <sup>(1)</sup> sauf mention		Caractéristiques des maïs			Composition aliment calculée <sup>(4)</sup>				Composition aliment d'après analyse	
Code élevage	Lieu	Variétés utilisées <sup>(2)</sup>	MG <sup>(3)</sup>	C18:2 <sup>(3)</sup>	Taux maïs (%)	MG	C18:2	VitE (mg/kg)	MG	C18:2
A	29	c.-d., d.	37	16,2	65	30	14,0	7	30	13,0
B	67	c.-d., c.-d. à d., d.	34	15,2	65	30	14,1	3	28	12,5
C	72	c. à c.-d., c.-d., d.	33	14,6	65	31	15,8	23	28	13,7
D	64	d.	32	14,6	68	31	14,8	36	28	12,7
E	64	c.-d. à d., d.	31	14,1	69	32	13,9	39	27	11,4
F	01	c.-d. à d., d.	27	9,1	70	31	14,3	12	28	9,6
G	01	c.-d. à d., d.	37	16,1	70	31	14,3	12	31	13,2
H	67	c. à c.-d., d.	34	13,5	70	34	15,3	60	32	12,3
I	01	c.-d. à d., d.	30	7,6	72	32	14,5	11	27	7,1
J	16		37	12,2	74	32	14,9	30	32	10,8
K	64	d.	31	13,8	74	32	14,9	10	27	12,0
L	64	d.	33	15,2	77	33	15,3	10	29	13,4
<b>Moyenne</b>			<b>33</b>	<b>13,5</b>	<b>70</b>	<b>31</b>	<b>14,7</b>	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>11,8</b>

<sup>(1)</sup> Sur la base d'une teneur en matière sèche de 860 g/kg pour le maïs et de 870 g/kg pour l'aliment.

<sup>(2)</sup> Classement des variétés en 6 groupes de texture du grain : corné, corné à c.-d., corné-denté, c.-d. à denté, denté.

<sup>(3)</sup> MG : matière grasse, C18:2 : acide linoléique.

<sup>(4)</sup> Composition calculée sur la base des valeurs des tables.

la quantité totale de C18:2 déposé. Les teneurs moyennes en C18:2 des prélèvements répartis en 3 classes de poids de carcasse : — de 89 kg, de 89 à 97 kg, et + de 97 kg sont respectivement de 13,0, 11,7, et 11,0 %. La corrélation entre poids de carcasse et teneur en C18:2 est par ailleurs égale à  $r = -0,38$  ( $p < 0,001$ ).

Les autres paramètres n'améliorent pas la prédiction et les écart-types résiduels obtenus restent élevés. En relation avec les critères précédents, les carcasses à TVM élevée présentent une plus forte concentration en C18:2 (corrélation significative entre TVM et C18:2,  $r = 0,30$ ,  $p < 0,001$ ).

#### Caractéristiques des maïs et des aliments (tableau 4)

Les 12 maïs présentent une teneur moyenne en C18:2 de 13,5 g/kg brut. Les lots analysés, tous inférieurs à la valeur de 17,8 g/kg des tables, varient de 7,6 à 16,2 g/kg, soit du simple au double. L'origine régionale des lots comme la texture des maïs utilisés n'apparaissent pas clairement reliées au taux de C18:2.

La teneur moyenne des aliments en C18:2, estimée par calcul à partir des valeurs de composition des tables, s'établit à 14,7 g/kg, soit une valeur proche de la recommandation maximale de 14,8 g/kg. Six aliments sur douze se situent au-dessus de cette borne : trois aliments renfermant plus de 72 % de maïs et deux ayant des teneurs élevées en acide linoléique dans les complé-

mentaires utilisés.

Par contre, sur la base des teneurs effectivement mesurées dans les maïs étudiés, la teneur moyenne des 12 aliments en C18:2 ne représente plus que 11,8 g/kg. Les aliments, tous inférieurs au seuil, ont alors une teneur réelle comprise entre 7,1 et 13,7 g/kg

Les apports en vitamine E par l'aliment minéral ou le complémentaire, très variables, sont compris entre 3 et 60 mg/kg, soit en moyenne 21 mg/kg d'aliment, l'apport par le maïs n'étant pas pris en compte. Une correction des apports adaptée à la forte proportion de maïs dans la formule ne paraît avoir été retenue que dans 4 élevages sur 12.

#### DISCUSSION

La teneur moyenne en acide linoléique de 11,8 % des AGT obtenue pour les 144 échantillons est supérieure à la référence de 10,1 % pour les femelles rapportée dans la synthèse de Lebret et Mourot (1998). Elle est proche de la valeur constatée (11,5 % des AGT) par Castaing et al. (1995) pour des porcs (LWxLD) x (LWxP) des deux sexes recevant un régime à base de maïs sec, mais inférieure à la teneur (13,7 %) constatée plus récemment dans les mêmes conditions (Castaing et Cazaux, 2000). Une synthèse des profils d'acides gras de bardières de porcs mâles et femelles (LWxLD) x (LWxP) effectués à la station de Pau-Montardon lors d'expérimentations entre 1994 et 2000 confirme ces résultats avec une teneur

moyenne en C18:2 de 13,1 % des AGT ( $n = 108$ ) dans le cas de régimes contenant 70 à 72 % de maïs sec et de 10,6 % ( $n = 123$ ) dans le cas de 72 à 77 % de maïs humide (Adæso, 2000).

La proportion de tissus adipeux à teneur élevée en C18:2 est faible dans notre étude en comparaison de celle (au moins un tiers) observée dans les élevages commerciaux lors d'états des lieux effectués en 1988 et 1992 (Rampon et al., 1994); ceci malgré un mode de choix des échantillons dans notre enquête accroissant la part d'animaux à risque, en comparaison des travaux précités concernant les deux sexes et tous les modes d'alimentation.

La teneur moyenne en acide stéarique (14,8 %) est également satisfaisante par rapport aux valeurs mesurées en 1988 et 1992 (respectivement 11,6 et 11,3 %), et proche de celles obtenues par l'Adæso (2000) avec des régimes à base de maïs sec ou humide (respectivement 14,3 et 15,0 %).

Les relations entre la teneur des tissus gras en C18:2, l'épaisseur de lard, et la teneur en viande maigre, rejoignent les conclusions des études antérieures (Courboulay et Massabie, 1994; Rampon et al., 1994; Courboulay et al., 1999). L'effet du poids et de l'âge à l'abattage a également été mis en évidence (synthèses de Lebret et Mourot, 1998; Ellis et Bertol, 2001). L'évolution du poids moyen de carcasse dans la zone Uniporc-Ouest, de 82 kg en 1988, à 85 kg en 1992, puis 88 kg en 2003, est

favorable à une meilleure qualité des gras contrairement à l'augmentation de la teneur en muscle (TVM de 60,1 en 1998 contre 61,0 en 2004).

La relation entre la quantité de C18:2 dans les aliments d'engraissement des élevages enquêtés et la composition en acides gras des bardières est en accord avec les études précédentes (Mourot et al., 1991; Castaing et al., 1995; Courboulay et al., 1999; Castaing et Cazaux, 2000), et confirme qu'avec 15 g/kg brut d'acide linoléique alimentaire, le dépôt dans la bardière reste inférieur à 15 % des AGT. Le site de prélèvement de l'échantillon de bardière, le type génétique, en rapport avec le rationnement appliqué, et le dépôt musculaire peuvent expliquer les différences entre études, en particulier avec les résultats de Courboulay et Massabie (1994; 1996) et Kouba et al. (1998). À cet égard, López Bote et al. (1999) soulignent, avec des régimes contenant des huiles végétales, une probable utilisation du C18:2 à des fins métaboliques, préférentiellement aux acides gras plus saturés avec en conséquence un moindre dépôt de C18:2 relativement aux apports.

La moindre teneur moyenne en C18:2 des maïs de l'étude par rapport aux références ainsi que leur variabilité méritent attention. Elles sont à rapprocher de teneurs plus faibles en matière grasse: 33 g/kg brut en moyenne contre 37 g/kg pour les tables. Cependant, les enquêtes annuelles sur la qualité des maïs réalisées par l'ONIC et l'AGPM n'indiquent qu'une légère baisse de la teneur moyenne en matière grasse de la récolte 2003 (34 g/kg brut) par rapport aux années précédentes (35 g/kg) ou à la récolte 2004 (36 g/kg). Par contre, selon la même source, les groupes de variétés cultivées selon les régions sont à l'origine de différences: les variétés précoces cultivées dans la partie nord de la France, de type corné et corné-denté, sont plus riches en matières grasses (37 g/kg) et en protéines (78 g/kg), mais moins riches en amidon (638 g/kg), que les types dentés tardifs cultivés au sud (respectivement 33, 75 et 643 g/kg brut).

Parallèlement, une part de la variabilité du C18:2 exprimé en % des acides gras (moyenne = 59,5; écart-type = 3,4) indiquée par la banque de données io-7 (AFZ, 2005), pourrait s'expliquer par cette incidence du type variétal (variétés cornées-dentées: 56,6 %; variétés dentées: 60,8 %), selon des mesures réalisées lors des campagnes 1993 à

1997 (AGPM, 2000, non publié).

La conservation sous forme humide du maïs paraît aussi être à l'origine d'une modification de sa composition en acides gras. Confirmant les observations déjà mentionnées sur les tissus adipeux, trois expérimentations récentes de l'Adæso montrent à l'issue d'un stockage par inertage ou par ensilage, comparativement à un séchage lors de la récolte, une teneur en matière grasse plus faible, une réduction de la teneur en C18:2 et consécutivement une baisse du dépôt de C18:2 et une hausse de la proportion d'acides gras saturés dans le gras de bardière (Adæso, 2001-2004, non publié). Cet effet pourrait expliquer les teneurs modérées en C18:2 dans notre étude; il justifie par contre des investigations complémentaires avant d'en extrapoler les conclusions à une utilisation en sec.

Le rôle de la vitamine E vis-à-vis de l'oxydation des tissus gras conduit Mourot et al. (1991) à préconiser une correction des apports en vitamine E. Les mêmes auteurs constatent que, pour un taux d'acide linoléique élevé et des apports de 10, 20 et 30 mg/kg d'aliment, le taux d'oxydation des acides gras est en relation inverse avec la teneur du régime en vitamine E (Mourot et al., 1992). Il serait utile d'ajuster les apports de vitamine E à la teneur de l'aliment en acide linoléique et de déterminer si la teneur du maïs (17 mg/kg) peut être prise en compte.

Une appréciation de l'apport de chaque lot de maïs en acide linoléique, plus précise que l'emploi de valeurs moyennes, apparaît utile au respect de la contrainte de 14,8 g par kg. La teneur en C18:2 peut être déduite de la teneur en matière grasse, selon la proposition de Morand-Fehr et Tran (2001), à partir des taux AGT/MG et C18:2/AGT (respectivement dans les tables françaises, 85 et 56,5 %). Compte tenu de l'incidence du type de variété, des rapports C18:2/AGT différents, respectivement de 54,5 et 61,3 %, pourraient être appliqués aux maïs cornés-dentés ou dentés (F.Bénétrix, AG SEPRONA, Pau 2002).

La mise en cause du maïs en matière de risque de mauvaise qualité des tissus gras apparaît donc excessive et l'insertion dans les cahiers des charges de limites d'incorporation pour le maïs n'est pas justifiée. Bien que des taux maximums de 40 % pour l'engraissement soient mentionnés au Danemark (Landsudvalget for svin, 1998), en Espagne (FEDNA, 2003) et en

Allemagne (Landwirtschaftskammer Hannover, 2002), toujours en rapport avec la qualité des tissus gras, aucune limitation du maïs n'est retenue par les instituts agricoles français dans les tables d'alimentation pour les porcs (ITP et al., 2002). En effet, la contrainte de formulation relative à la teneur maximale en acide linoléique dans l'aliment de 14,8 g par kg de produit brut suffit à la gestion de ce risque, le taux de maïs devant être raisonné en tenant compte des apports en acide linoléique des autres matières premières (notamment les huiles et les graines d'oléagineux).

## CONCLUSION

Cette étude confirme qu'il est possible de nourrir des porcs en engraissement avec une forte proportion de maïs humide sans affecter la qualité technologique des tissus adipeux.

Ainsi, l'introduction de 65 à 72 % de maïs humide dans le régime permet d'obtenir des tissus adipeux respectant la recommandation maximale en acide linoléique de 15 % des acides gras totaux.

Toutefois, les résultats de cette étude, concernant le maïs humide, ne peuvent être étendus sans précaution au maïs sec, le mode de conservation du maïs semblant avoir une incidence sur les teneurs des tissus adipeux en acides gras (les mécanismes restant à préciser).

Par ailleurs, la prise en compte de la teneur en acide linoléique des maïs dans les enquêtes régionales annuelles réalisées par l'ONIC et Arvalis permettrait de préciser les valeurs de formulation. Un classement des variétés ou des groupes variétaux de maïs selon la teneur en matières grasses ou en acide linoléique constituerait une perspective intéressante.

La comparaison des résultats obtenus à ceux des enquêtes antérieures de 1988 et 1992 tend à montrer une amélioration de la qualité des gras au cours de la dernière décennie. Cette évolution serait à confirmer avec un protocole prenant en compte les deux sexes et tous types d'aliments. L'alourdissement des carcasses, une alimentation plus libérale des femelles, et l'exigence par certains cahiers des charges d'une épaisseur de lard minimale apparaissent des facteurs favorables à une réduction du risque de dégradation de la qualité des gras. Enfin, la modulation des apports en vitamine E dans l'aliment selon sa teneur en acide linoléique est à considérer.

## B I B L I O G R A P H I E

- AFZ, 2005.** io-7, La banque de données de l'alimentation animale, Ed. AFZ, Paris.
- ADÆSO, 2000.** Le maïs dans l'alimentation des porcs charcutiers : incidence sur la qualité des gras et sur la transformation en salaisonnerie du jambon de Bayonne. Compte-rendu Adæso-AGPM, Montardon, 27 p.
- CASTAING J., GROSJEAN F., 1988.** Influence de la céréale (maïs, blé, orge) sur la composition du gras de bardière et les qualités organoleptiques du jambon sec. Journées Rech. Porcine, 20, 285-290.
- CASTAING J., CAZETTE J.P., COUDURE R., PEYHORGUE A., 1995.** Influence du taux d'incorporation de maïs sur les performances des porcs charcutiers et incidence sur la transformation en produits secs, saucissons et jambons de Bayonne. Journées Rech. Porcine, 27, 297-306.
- CASTAING J., CAZAUX J.G., 2000.** Incidence du poids d'abattage et de la céréale sur les performances des porcs charcutiers et la qualité des produits de salaisonnerie. Journées Rech. Porcine, 32, 319-327.
- COURBOULAY V., MASSABIE P., 1994.** Utilisation de la graine de tournesol dans l'alimentation du porc charcutier : répercussion sur les performances zootechniques et la composition des gras de bardière. Journées Rech. Porcine, 26, 207-212.
- COURBOULAY V., MASSABIE P., 1996.** Répercussion de la durée d'utilisation d'un aliment riche en acide linoléique sur la qualité des gras du porc. Journées Rech. Porcine, 28, 157-162.
- COURBOULAY V., RIAUBLANC A., GANDEMER G., DAVENEL A., GRANIER R., BOUYSSIÈRE M., 1999.** Acides gras alimentaires et TVM : quel impact sur la qualité de la bardière du porc. Journées Rech. Porcine, 31, 287-294.
- DAUMAS G., BOUTHIÈRE M., DHORNE T., 1999.** Conséquences sur les variables de composition corporelle des carcasses de porc du changement de méthodes de pesée et classement introduit en France en 1997. Journées Rech. Porcine, 31, 323-329.
- ELLIS M., BERTOL T.M., 2001.** Effects of slaughter weight on pork and fat quality. In: Second International Virtual Conference on Pork Quality, November to December 2001 via Internet. Ed. Embrapa, Bra, [http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2\\_ber-tol\\_en.pdf](http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_ber-tol_en.pdf)
- FEDNA, 2003.** Tablas FEDNA para la formulación de piensos completos (2ª ed.). C. de Blas, G.G. Mateos y P.G. Rebollar (Eds). FEDNA, Madrid, E, 423 pp.
- GIRARD J.P., BOUT J., SALORT D., 1988.** Lipides et qualités du tissu adipeux, facteurs de variation. Journées Rech. Porcine, 20, 257-270.
- KOUBA M., MOUROT J., BONNEAU M., MOUNIER A., 1998.** Effet d'un régime riche en acide linoléique sur la qualité diététique des tissus musculaires et adipeux du porc charcutier. Journées Rech. Porcine, 30, 297-301.
- INRA, AFZ, 2002.** Tables de composition et de valeurs nutritives des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. Sauvart D., Perez J.M. et Tran G. (Eds), INRA Editions, Versailles, 304 p.
- ITP, ITCF, ADAESO, UNIP, CETIOM, 2002.** Tables d'alimentation pour les porcs. Ed. ITP, Paris, 40 p.
- LANDSUDVALGET FOR SVIN, 1998.** Beskrivelse af foderstoffer, 1.27. In: Foderstoffer til svin, Ed. Danske Slagterier, Copenhagen, DK.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER HANNOVER, 2002.** Futtermittel, 2.2-19, In: Handbuch Futter und Fütterung — Schweine, Ed. Landwirtschaftskammer, Hannover, D.
- LEBRET B., MOUROT J., 1998.** Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. INRA Prod. Anim., 11 (2), 131-143.
- LÓPEZ BOTE C., ISABEL B., REY A.I., 1999.** Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de la grasa en el cerdo. In: P.G. Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos (Eds), XV Curso Avances en Nutrición y Alimentación Animal, 223-252. FEDNA, Madrid, E.
- MORAND-FEHR P., TRAN G., 2001.** La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. INRA Prod. Anim., 14 (5), 285-302.
- MOUROT J., CHAUVEL J., LE DENMAT M., MOUNIER A., PEINIAU P., 1991.** Variations de taux d'acide linoléique dans le régime du porc : effets sur les dépôts adipeux et sur l'oxydation du C18:2 au cours de la conservation de la viande. Journées Rech. Porcine, 23, 357-364.
- MOUROT J., AUMAITRE A., MOUNIER A., 1992.** Interaction entre vitamine E et acide linoléique alimentaires : effet sur la composition de la carcasse, la qualité et la conservation des lipides de la viande de porc. Science des aliments, 12, 743-755.
- PRESSEDA F., 2001.** Utilisation des matières premières domestiques en alimentation animale. Panorama des pratiques de formulation. In: "Valoriscop", Ed. AFTAA, Paris, 53-66.
- RAMPON V., GANDEMER G., LE JOSSEC P., BOULARD J., 1994.** Qualité des tissus adipeux chez le porc : situation en Bretagne. Journées Rech. Porcine, 26, 157-162.
- WOOD J.D., 1984.** Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. In: J.Wiseman (Ed), fats in animal nutrition, 407-435. Butterworths, London, UK.

### Remerciements

Aux éleveurs ayant participé à l'étude, ainsi qu'aux techniciens de groupements, d'EDE, d'unions régionales, et aux responsables d'abattoir qui ont apporté leur aide dans la collecte des informations et la réalisation des prélèvements.