

# Effet de rations enrichies en acides gras n-3 ou n-6 chez le porc : impacts sur la qualité nutritionnelle et la qualité sensorielle des produits transformés

*Mathieu GUILLEVIC (1), Anne-Emmanuelle LE MINOUS (2), Jean-Erik BLOCHET (3),  
Marie DAMON (1), Jacques MOUROT (1)*

*(1) Institut National de la Recherche Agronomique, UMR SENAH, 35590 Saint-Gilles*

*(2) ADRIA Développement, Creac'h Gwen 29196 Quimper*

*(3) ZOOPOLE Développement, 22440 Ploufragan*

*jacques.mourot@rennes.inra.fr*

## **Effet de rations enrichies en acides gras n-3 ou n-6 chez le porc : impacts sur la qualité nutritionnelle et la qualité sensorielle des produits transformés**

Les relations qui existent entre les lipides ingérés par l'animal et ceux qui se déposent dans ses tissus ont permis d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande en particulier sa teneur en acides gras n-3 après introduction de graines de lin extrudées dans l'aliment. Cette stratégie répond aux souhaits des nutritionnistes qui souhaitent augmenter la part des acides gras n-3 dans l'alimentation. Si des données zootechniques et de composition des tissus sont disponibles, peu d'études ont pris en compte le devenir des acides gras n-3 au cours des procédés de transformation des produits et la perception des consommateurs envers ces produits. Dans cette étude, des porcs ont été alimentés entre 50 et 105 kg avec des régimes isolipidiques contenant une part importante d'acides gras n-3 (régime lin), n-6 (régime tournesol) ou saturés (régime témoin). La viande a été transformée en produits de charcuterie par des industriels et des tests consommateurs ont été réalisés sur ces différents produits (côte cuite, andouille, pâté de campagne, poitrine rôtie, saucisson...). Dans tous ces produits, la quantité d'acides gras n-3 est 3 à 5 fois plus importante dans le lot lin et elle n'est pas altérée par les processus de transformation ( $p < 0,05$ ). Les analyses sensorielles réalisées montrent que le consommateur accepte ces nouveaux produits et à l'intention de les reconsommer. L'introduction de graines de lin extrudées dans l'alimentation des porcs permet donc de mettre à disposition des consommateurs des produits à teneurs élevées en acides gras n-3 qui présentent de bonnes qualités sensorielles.

## **Effect of high-linolenic (n-3) and linoleic (n-6) acid diets on sensory and nutritional qualities of pork products.**

The known relationships between ingested lipids and those contained in animal tissues can be used to improve meat nutritional quality, in particular its n-3 fatty acid content through the addition of extruded linseeds to the diet. This strategy leads to an increased daily intake of n-3 fatty acids, which is consistent with human nutritionist recommendations. Data for animal growth and tissue composition are available. However, few studies have reported the impact of meat processing on n-3 fatty acids content and meat sensory quality. In the present study, pigs have been allotted into three groups and fed between 50 to 105 kg live weight with isolipidic diets enriched in either n-3 (linseed), n-6 (sunflower) or saturated (control) fatty acids. Meat from these animals was processed into several pork products (cooked chop, chitterlings, pâté de campagne, cooked picnic, sausage ...). Results showed that n-3 fatty acid content was 3 to 5 fold higher in products from the linseed diet group and was not altered by meat processing ( $P < 0.05$ ). The sensory analyses showed that high levels of n-3 fatty acids in pork products were well accepted by consumers which were even willing to keep on consuming such products in the future. Finally, adding extruded linseeds to pig finishing diets increases n-3 fatty acid content of pork products without altering their sensory quality.

## INTRODUCTION

La qualité des produits animaux est fortement influencée par les facteurs d'élevage.

La génétique peut influencer la vitesse de croissance des animaux et par conséquent l'importance des dépôts des masses adipeuses. De son côté, l'alimentation a un impact sur la qualité nutritionnelle de la viande. S'il existe une bonne corrélation entre la nature des lipides ingérés et ceux déposés dans la carcasse, elle semble moins marquée pour les minéraux et les vitamines apportés dans l'alimentation du porc. En effet ces éléments ne se retrouvent pas toujours dans la viande, mais plutôt dans les abats (Jondreville et al., 2002). Or, ces derniers sont de moins en moins consommés sous cette forme car ils subissent souvent une transformation avant consommation. Les fractions minérales et vitaminiques pourraient donc avoir un effet positif sur la qualité de certains produits de charcuterie (pâté de foie par exemple).

En se basant sur cette relation «nature de l'ingéré - effet positif sur la qualité nutritionnelle des produits», il est donc possible de mettre en place des stratégies de production pour orienter la qualité nutritionnelle d'un produit en se basant sur les besoins identifiés en alimentation humaine.

Ainsi la dernière édition des apports nutritionnels conseillés (ANC, 2001) souligne la nécessité pour l'homme d'accroître sa consommation d'acides gras de la famille n-3 tout en diminuant l'apport d'acides gras n-6. Ces acides gras essentiels sont des substrats compétitifs des désaturases, enzymes impliquées dans la synthèse *de novo* des dérivés à plus longues chaînes de ces deux familles. Il est donc nécessaire de maintenir un équilibre entre ces deux familles et les nutritionnistes préconisent à l'heure actuelle un rapport n-6/n-3 de l'ordre de 5. Cependant, ce rapport est actuellement plutôt compris entre 15 et 30. C'est pourquoi, des stratégies de production de produits animaux enrichis en acides gras n-3 ont été mises en place (alimentation des animaux avec des graines de lin extrudées) ou pourraient se développer (alimentation des animaux avec de l'huile de chanvre ou de nouvelles variétés de colza à teneur accrue en acides gras n-3, etc). Les effets protecteurs des acides gras n-3 vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires dépassent l'effet de mode et sont maintenant bien établis (Jacotot, 1988, Renaud et al., 1986). Ils pourraient notamment agir sur la vision (Holman et al., 1982), l'apprentissage, le développement du cerveau (Bourre et al., 1989), le bien être, l'immunité et on leur attribue également des effets réducteurs qui s'opposent à l'apparition de certains cancers (Welsch, 1992 ; Rose et al., 1995). Dans ce contexte, le développement d'une viande de porc riche en acides gras n-3 contribuera au développement d'une gamme diversifiée de produits de consommation enrichis en acides gras n-3. Quelques études (Vorin et al., 2003, Wilfart et al., 2004) ont permis de montrer la faisabilité de cette production. Des cahiers des charges ont été établis et des filières de production (filière lin notamment) sont maintenant identifiées. Cependant des études complémentaires sont nécessaires pour redéfinir les besoins en antioxydants et pour connaître l'impact de la cuisson et de la transformation sur la qualité nutritionnelle des produits, afin de déterminer

la quantité d'acides gras n-3 réellement présente dans l'assiette du consommateur. Il faut également s'assurer que les produits proposés seront bien acceptés par ce dernier. Des tests d'analyses sensorielles sont donc à mettre en place. Ces différents paramètres ont été analysés dans cette étude.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et régimes

Trente porcs mâles castrés de race Large-White\*Landrace croisés Piétrain répartis en trois lots de dix animaux ont reçu entre 50 et 105 kg des régimes isolipidiques, isoénergétiques et isoprotéiques contenant des sources de lipides différentes : huile de tournesol (régime tournesol), graines de lin extrudées (régime lin) ou huile de palme (régime témoin). Ces sources lipidiques sont introduites dans les régimes à hauteur de 4,2 % pour les graines de lin extrudées et de 1,6 % pour l'huile de tournesol. Les compositions de ces régimes et les teneurs en acides gras sont rapportées dans le tableau 1. Ces matières grasses sont caractérisées par des teneurs en acides gras polyinsaturés différentes. Les régimes témoin et tournesol contiennent respectivement 1124 et 832 mg d'acide  $\alpha$  linoléique n-3 (ALA) par kg d'aliment tandis que le régime lin en contient environ 10 fois plus (7828 mg). Tous les régimes ont été supplémentés en vitamine E (40 ppm) et en sélénium (0,25 ppm).

Les animaux élevés en loge individuelle ont reçu une alimentation *ad libitum* jusqu'à la veille de leur abattage où ils sont mis à jeun.

### 1.2. Transformation de la viande

A partir des différentes pièces issues des animaux, des transformations de la viande ont été réalisées. Des côtes de porc ont été cuites sur un gril ménager selon les recommandations faites par le constructeur de cet appareil. Des produits de charcuterie tels que de l'andouille, du saucisson à l'ail, du pâté de campagne, de la mousse de foie, de la poitrine rôtie et du rôti de porc ont été préparés par des industriels bretons selon leurs procédés habituels de fabrication.

### 1.3. Mesures au laboratoire

#### 1.3.1. Teneur et composition en acides gras

Les lipides totaux de la viande avant et après cuisson et des produits de charcuterie avant et après transformation ont été extraits à froid selon la méthode de Folch et al. (1957) dans un mélange chloroforme-méthanol (2/1). Il est à préciser que la totalité de la viande (maigre et gras) a été enlevée de la côte de porc, puis mélangée pour rendre le mélange homogène. Un aliquote a été prélevé pour réaliser le dosage des lipides. Le profil en acides gras est déterminé par chromatographie en phase gazeuse après dérivation au trifluorure de Bore (BF<sub>3</sub>) selon la méthode de Morrisson et Smith (1964). La colonne est une colonne capillaire en silice fondue de 30 m de long sur un diamètre intérieur de 0,25 mm. La phase stationnaire est composée de 80 % de biscyanopropyl et de 20 % de cyanopropylphényl, et la phase mobile

**Tableau 1** - Compositions et teneurs en acides gras des régimes expérimentaux (AGS : acides gras saturés, AGM : acides gras monoinsaturés, AGPI : acides gras polyinsaturés, ALA : acide  $\alpha$ -linoléique, EPA : acide eicosapentaénoïque)

	Régime témoin		Régime tournesol		Régime lin	
<b>Energie (Mcal/kg)</b>	3,89		3,88		3,85	
<b>Protéines (%)</b>	18,60		18,64		18,70	
<b>Matières grasses (%)</b>	3,01		2,76		3,19	
<b>Composition en AG</b>	%	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg
C14:0	0,4	121	0,3	95	0,3	92
C16:0	19,3	6 167	14,0	4 459	13,3	4 248
C16:1 n-7	0,3	94	0,3	104	0,2	76
C18:0	3,0	969	3,2	1 010	2,9	924
C18:1 n-9	24,0	7 652	23,8	7 598	21,1	6 730
C18:2 n-6	48,1	15 344	54,5	17 371	36,2	11 552
C20:0	0,3	97	0,3	90	0,3	97
C18:3 n-3 (ALA)	3,5	1 124	2,6	832	24,6	7 828
C20:1 n-9	0,4	125	0,3	109	0,4	137
C20:2	0,1	39	0,1	25	0,2	63
C20:3 n-3	0,3	85	0,4	122	0,2	55
C20:4 n-6	0,0	0	0,0	0	0,0	0
C22:1 n-9	0,0	0	0,0	0	0,0	0
C20:5 n-3 (EPA)	0,1	19	0,1	21	0,1	18
C24:0	0,2	54	0,2	56	0,1	43
AGS	23,2	7 407	17,9	5 711	17,0	5 404
AGM	24,7	7 882	24,5	7 819	21,8	6 953
AGPI	52,1	16 610	57,6	18 371	61,2	19 543
Rapport n-6/n-3	12,50		17,82		1,46	

est l'hydrogène. La température du four est programmée pour des plateaux de 2 min, 7 min et deux fois 2 min à des températures respectivement de 45°C, 195°C, 220°C et de 240°C avec des montées de température entre les paliers de 20°C/min, 30°C/min et de 35°C/min pour une durée totale d'analyse de 21,9 min. Les températures de l'injecteur et du détecteur sont respectivement de 220 et de 280°C. Les acides gras sont exprimés en pourcentage des acides gras identifiés et en quantité totale calculée grâce à un standard interne (C17:0).

### 1.3.2. Tests consommateurs

Des tests consommateurs ont été réalisés sur différents produits de charcuterie dans les locaux de l'ADRIA. Les produits de charcuterie sélectionnés sont les andouilles, les rôtis de porc et les poitrines rôties. L'échantillon consommateurs comprenait soixante adultes, consommateurs réguliers des produits étudiés. Les produits ont été testés en monadique séquentiel selon un plan de présentation complet équilibré.

Dans un premier temps, les consommateurs se sont exprimés sur leur appréciation globale du produit sur une échelle de 1 à 7. Ils ont ensuite exprimé leur intention de reconsommation. Des questions ouvertes leur ont permis de noter les éléments qui leur ont plu et déplu. Dans un deuxième temps, ces derniers ont enfin noté l'appréciation visuelle des produits, toujours sur une échelle de 1 à 7.

### 1.3.3. Analyses statistiques

Les résultats d'analyses ont été comparés par analyse de variance avec le régime comme effet principal (SAS, 1989). La comparaison des moyennes deux à deux a été réalisée à l'aide du test de Bonferroni.

Pour les tests consommateurs, les statistiques descriptives ont été utilisées sur les notes d'appréciations des différents produits ; moyenne et écart-type. Pour les questions fermées, les statistiques inférentielles étaient l'analyse de variance et le test de Newman Keuls, pour l'intention de reconsommation, le test de Chi2.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Teneurs en lipides totaux et composition en acides gras de la viande fraîche

La teneur en lipides totaux des côtes de porc crues et cuites est équivalente entre les 3 régimes (Tableau 2). Après cuisson, la teneur en lipides est augmentée de 30 à 40 % ( $p < 0,001$ ) en raison des pertes en eau et en protéines qui entraînent un effet de concentration des lipides dans la viande.

La viande issue des animaux des régimes tournesol et lin présente un pourcentage d'acides gras polyinsaturés (AGPI)

**Tableau 2** - Effet des régimes sur la teneur en lipides totaux (exprimée en pourcentage du poids total) de la viande et des produits de charcuterie (côte de porc crue ou cuite : n=10 par régime ; produit de charcuterie : n=3 par régime) ; les moyennes affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de probabilité P<0,05)

	Régimes			Statistiques <sup>1</sup>	
	Témoin	Tournesol	Lin	ETR	R
<b>Viande fraîche</b>					
Côte de porc crue	8,7	8,6	9,6	2,09	
Côte de porc cuite	12,5	11,8	12,3	2,06	
<b>Produits de charcuterie</b>					
Andouille	18,3	19,0	17,3	1,20	
Saucisson à l'ail	19,1	18,2	19,1	0,68	
Mousse foie	29,7	26,2	29,8	1,19	
Pâté de campagne	34,4	32,5	31,6	2,13	
Rôtis porc	8,7 <sup>a</sup>	15,7 <sup>b</sup>	5,9 <sup>a</sup>	1,01	**
Poitrines rôties	24,2 <sup>a</sup>	22,8 <sup>a</sup>	15,3 <sup>b</sup>	2,78	**

<sup>1</sup> ETR = écart type résiduel ; R = effet régime ; \* : P<0,05 ; \*\* : P<0,01 ; \*\*\* : P<0,001

plus élevé (+ 30 %, P<0,05) que celle du régime témoin. L'effet des acides gras alimentaires sur la composition en acides gras déposés est ainsi une nouvelle fois démontrée (Tableau 3) (Mourot et Hermier, 2001).

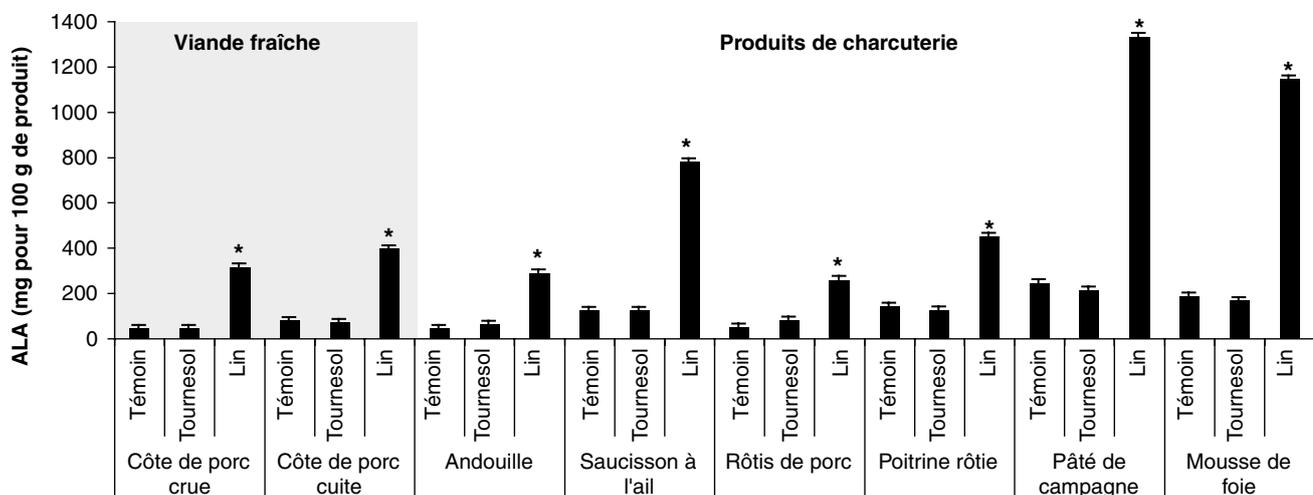
La cuisson ne modifie pas la répartition des acides gras au sein des 3 classes de lipides : acides gras saturés (AGS), monoinsaturés (AGM) et AGPI.

Pour la famille des acides gras n-3, la teneur du précurseur ALA est 7 fois plus importante dans la viande des porcs recevant les graines de lin extrudées (P<0,05) que dans celle des porcs du lot témoin (Figure 1). Les teneurs en dérivés à plus longue chaîne, EPA (acide eicosapentaénoïque, C20:5 n-3) et DPA (acide docosapentaénoïque, C22:5 n-3) sont également augmentées respectivement de 3 et 2,4 fois (P<0,05) dans le lot lin par rapport au lot témoin (Figure 2). En revanche, la variation de la teneur en DHA (acide docosahexaénoïque C20:6 n-3) n'est pas significative. Ces résultats

confirment des effets déjà observés lors d'études précédentes (Wilfart et al., 2004, Musella et al., 2006).

La quantité de ces acides gras n-3 augmente de 4,6 fois (P<0,05) dans la viande après cuisson en accord avec l'augmentation observée de la teneur en lipides totaux. Après cuisson, les quantités d'ALA, EPA et DPA augmentent respectivement de 5,1 ; 3,1 et de 2 fois (P<0,05) dans le lot lin par rapport au lot témoin. Cet accroissement des acides gras n-3, présentés comme fragiles à la chaleur, du fait d'un nombre important de doubles liaisons et de la longueur de leur chaîne carbonée, suggère qu'il n'y a pas eu de pertes importantes ou qu'elles sont masquées par la concentration des lipides.

Le rapport n-6/n-3 varie de manière significative entre les trois régimes (P<0,05) au sein de la viande crue et de la viande cuite. Il est respectivement égal pour les régimes tournesol, témoin et lin à 17,8 ; 12,8 et 2,6 pour la viande crue, et de 16,0 ; 11,4 et 2,8 pour la viande cuite.



**Figure 1** - Effet des régimes sur la quantité d'acide  $\alpha$ -linoléique (ALA en mg pour 100 g de produit) de la viande fraîche (n=10 par régime) et des produits de charcuterie (n=3 par régime) (Signification statistique : seul l'effet régime par produit est ici testé ; \* : P<0,05)

**Tableau 3** - Effet de la transformation sur la composition globale en acides gras (exprimée en pourcentage des acides gras totaux) de la viande et des produits transformés (côte de porc crue ou cuite : n=10 par régime ; produits de charcuterie : n=3 par régime ; les moyennes affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de probabilité P<0,05)

		Régimes			Statistiques <sup>1</sup>	
		Témoin	Tournesol	Lin	ETR	R
<b>Viande fraîche</b>						
Côte de porc crue	AGS	40,6	39,3	39,8	0,155	
	AGM	45,7 <sup>a</sup>	42,9 <sup>b</sup>	42,6 <sup>b</sup>	0,235	*
	AGPI	13,6 <sup>a</sup>	18,1 <sup>b</sup>	17,3 <sup>b</sup>	0,133	***
Côte de porc cuite	AGS	40,3	39,1	39,8	0,122	
	AGM	45,7 <sup>a</sup>	43,4 <sup>b</sup>	43,0 <sup>b</sup>	0,188	**
	AGPI	14,0 <sup>a</sup>	17,5 <sup>b</sup>	17,2 <sup>b</sup>	0,115	***
<b>Produits de charcuterie</b>						
Andouille	AGS	53,6 <sup>a</sup>	49,2 <sup>b</sup>	46,4 <sup>c</sup>	0,103	***
	AGM	39,4 <sup>a</sup>	38,8 <sup>b</sup>	41,6 <sup>c</sup>	0,191	***
	AGPI	7,0 <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	12,0 <sup>b</sup>	0,187	***
Saucisson à l'ail	AGS	40,0 <sup>a</sup>	37,4 <sup>b</sup>	39,1 <sup>c</sup>	0,162	***
	AGM	46,0 <sup>a</sup>	43,1 <sup>b</sup>	43,8 <sup>c</sup>	0,088	***
	AGPI	14,0 <sup>a</sup>	19,5 <sup>b</sup>	17,2 <sup>c</sup>	0,090	***
Rôtis de porc	AGS	38,8	40,8	36,6	0,472	
	AGM	47,5 <sup>a</sup>	43,4 <sup>b</sup>	46,1 <sup>c</sup>	0,199	***
	AGPI	14,2 <sup>a</sup>	15,8 <sup>b</sup>	15,3 <sup>c</sup>	0,169	**
Poitrine rôtie	AGS	39,8 <sup>a</sup>	38,3 <sup>bc</sup>	38,5 <sup>c</sup>	0,490	**
	AGM	47,6 <sup>a</sup>	45,9 <sup>b</sup>	46,2 <sup>ab</sup>	0,765	*
	AGPI	12,5 <sup>a</sup>	15,8 <sup>bc</sup>	15,3 <sup>c</sup>	0,419	***
Pâté de campagne	AGS	40,6 <sup>a</sup>	37,6 <sup>b</sup>	37,3 <sup>b</sup>	0,220	***
	AGM	43,7 <sup>a</sup>	44,4 <sup>b</sup>	44,6 <sup>b</sup>	0,141	***
	AGPI	14,9 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>	18,2 <sup>b</sup>	0,275	***
Mousse de foie	AGS	41,9 <sup>a</sup>	39,7 <sup>b</sup>	40,2 <sup>c</sup>	0,170	***
	AGM	43,5 <sup>a</sup>	41,6 <sup>b</sup>	41,7 <sup>b</sup>	0,072	***
	AGPI	14,5 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>	18,1 <sup>c</sup>	0,150	***

AGS = acide gras saturé ; AGM = acide gras monoinsaturé ; AGPI = acide gras polyinsaturé

<sup>1</sup> ETR = écart type résiduel ; R = effet régime ; \* : P<0,05 ; \*\* : P<0,01 ; \*\*\* : P<0,001

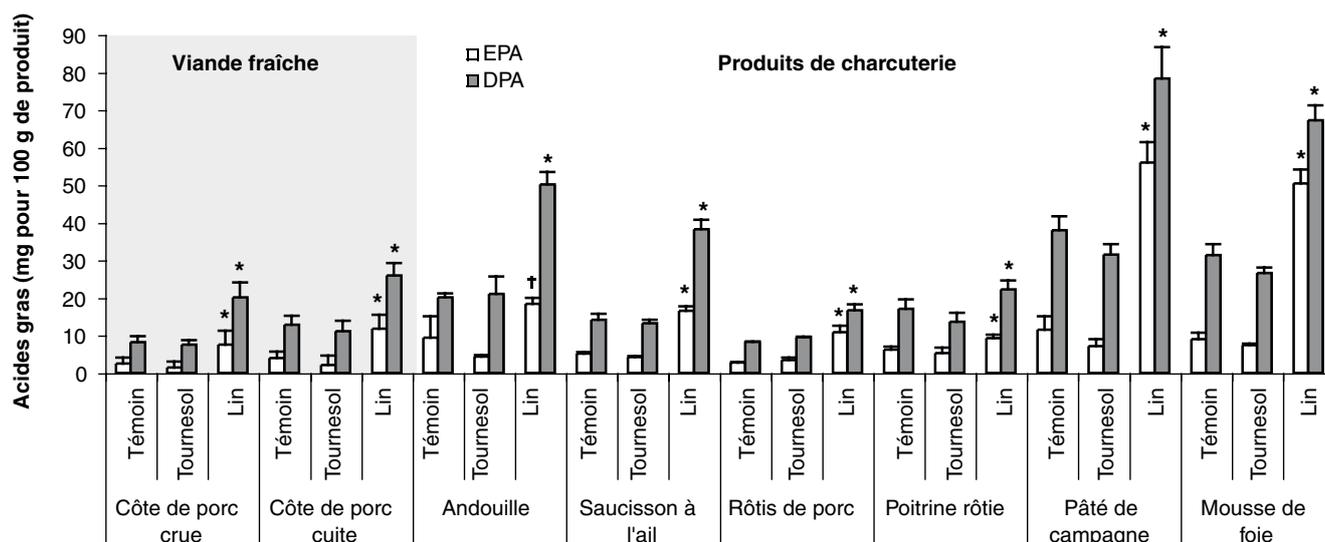
La cuisson modifie le rapport n-6/n-3, en l'abaissant pour le régime témoin et en l'augmentant pour le régime lin (P<0,05). En revanche, elle ne change pas le rapport n-6/n-3 de la viande issue du lot tournesol. La baisse du rapport dans le cas du régime témoin pourrait s'expliquer par une plus grande sensibilité des acides gras n-6 à la chaleur (Wilfart et al., 2004). De plus, les acides gras n-3 qui sont préférentiellement associés aux lipides de structure pourraient être moins mobilisables que les acides gras n-6, souvent stockés dans les lipides de réserves donc plus facilement disponibles. Dans le cas du lot lin, l'apport massif d'acides gras n-3 pourrait favoriser leur dépôt au sein des lipides de réserves et permettrait d'expliquer la hausse du rapport n-6/n-3.

A partir des données obtenues sur la viande cuite, on peut estimer la quantité d'acides gras n-3 présente dans l'assiette du consommateur. Une côte de porc de 150 g apporterait ainsi une quantité d'acides gras n-3 comprise entre 580 et 750 mg pour une valeur médiane de 670 mg, soit un quart à un tiers de la consommation journalière recommandée par les spécialistes de la nutrition humaine (ANC, 2001).

## 2.2. Teneurs en lipides totaux et composition en acides gras des produits de charcuterie

Les résultats des teneurs en lipides totaux des produits de charcuteries sont extrêmement variables d'un produit à l'autre (Tableau 2). Les rôtis, avec des teneurs voisines de 6 à 8 % sont les produits les plus maigres tandis que les pâtés ont des teneurs élevées, supérieures à 30 %. Les régimes alimentaires influencent peu la teneur en acides gras totaux à l'exception du rôti cuit et de la poitrine rôtie.

Dans le cas du rôti, la teneur en lipides totaux est presque 2 fois plus importante (P<0,05) pour les produits issus des animaux recevant le régime tournesol par rapport aux deux autres régimes. En revanche, pour la poitrine rôtie, les produits issus d'animaux nourris avec le régime lin possèdent la teneur en lipides la plus faible (P<0,05). Il peut donc y avoir un effet de ces régimes, mais il pourrait être exacerbé par un effet localisation de la tranche car les dépôts de tissus adipeux sous cutanés ne sont pas homogènes le long des muscles composant la poitrine ou le rôti.



**Figure 2** - Effet des régimes sur les quantités (en mg pour 100 g de produit) d'acide eicosapentaénoïque (EPA) et d'acide docosapentaénoïque (DPA) dans la viande fraîche (n=10 par régime) et dans des produits de charcuterie (n=3 par régime) (Signification statistique : seul l'effet régime par produit et par acide gras est ici testé ; \* : P<0,05 ; † : P<0,10)

Dans l'ensemble, tous les produits de charcuterie issus des porcs recevant les régimes à base de lin ou tournesol ont un pourcentage d'AGPI plus élevé par rapport aux porcs témoins, en concordance avec les résultats obtenus sur la viande fraîche (Tableau 3).

L'analyse de la composition des acides gras révèle qu'après la transformation industrielle, les acides gras de la famille n-3 restent présents en quantité importante. Ces quantités d'acides gras n-3 sont significativement plus importantes dans le lot lin par rapport au lot témoin (P<0,05). Ces augmentations sont respectivement pour l'andouille, le saucisson à l'ail, le rôti de porc, la poitrine rôtie, le pâté de campagne et la mousse de foie équivalente à 4,0 ; 5,2 ; 4,7 ; 2,9 ; 4,4 et de 4,7 fois (Figure 1 et 2).

Le rapport n-6/n-3 est, à l'image de la viande fraîche, significativement différent (P<0,05) d'un régime à l'autre au sein du même produit de charcuterie. D'une manière globale, les produits de charcuterie des lots lin ont un rapport n-6/n-3 plus faible que ceux des lots tournesol tandis que les produits de charcuterie des lots témoins présentent des valeurs intermédiaires.

La consommation de 100 g de rôti de porc, d'andouille, de poitrine rôtie, de saucisson à l'ail, de mousse de foie et de pâté de campagne apporte respectivement, 298 mg, 388 mg, 496 mg, 852 mg, 1302 mg et 1511 mg d'acides gras n-3. Ces produits de charcuteries couvrent ainsi de 19 % à 65 % des apports journaliers recommandés.

### 2.3. Test consommateurs

Les tests de dégustations ont donné des résultats d'appréciation différents selon les produits. Les notes globales sont rapportées dans le tableau 4. Il n'existe pas ou peu de différences significatives entre les appréciations globales, les intentions de reconsommation et l'appréciation visuelle.

Pour l'andouille, nous ne notons pas de différences significatives d'appréciation globale, d'intention de reconsommation, ni d'appréciation visuelle du produit en fonction de la nature de l'alimentation des porcs.

Pour la longe de porc, le produit issu de l'alimentation témoin a été significativement préféré par le panel de consommateurs (P<0,05), autant en appréciation globale qu'en appréciation visuelle. On peut donc penser que le consommateur reconnaît des produits qu'il a l'habitude de voir. Il n'y a cependant pas de différence significative d'intention de reconsommation selon les différents régimes.

Pour la poitrine fumée, nous ne notons pas de différence significative d'appréciation globale en fonction des régimes. Les intentions de reconsommation du produit issu du régime tournesol sont significativement plus importantes (P<0,05) que les intentions de reconsommation exprimées pour les deux autres régimes.

L'appréciation visuelle des poitrines fumées issues du régime standard et tournesol est significativement plus élevée que l'appréciation visuelle du produit issu du régime lin (P<0,05).

Globalement, les annotations faites sur ces produits semblent montrer une bonne appréciation de tous les produits. On peut donc penser qu'aucun produit n'est massivement rejeté par le consommateur. L'apport de graines de lin extrudées dans l'alimentation du porc quand il est maîtrisé ne va donc pas induire une dépréciation des produits comme ont pu le craindre des spécialistes du domaine de la viande ou des transformateurs.

Il est à noter que cette étude, comme toute celle faite en analyse consommateur montre qu'un même produit peut être jugé à la fois trop maigre par une partie des consommateurs et trop gras par une autre partie.

**Tableau 4** - Effet des régimes sur les tests consommateurs. Les appréciations sont notées de 1 à 7 et les intentions de reconsommation sont exprimées en pourcentage (n=60 individus par produit de charcuterie. Les moyennes affectées d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil de probabilité P<0,05)

Produits de charcuterie	Régimes	Appréciation globale	Intention de reconsommation	Appréciation visuelle
<b>Andouilles</b>	Témoin	4,8 ± 1,6	62%	5,1 ± 1,6
	Tournesol	4,8 ± 1,5	62%	4,7 ± 1,6
	Lin	4,7 ± 1,5	63%	4,7 ± 1,4
<b>Longe de porc</b>	Témoin	5,1 ± 1,3 <sup>a</sup>	65% <sup>a</sup>	5,1 ± 1,6 <sup>a</sup>
	Tournesol	4,3 ± 1,6 <sup>b</sup>	53% <sup>a</sup>	3,8 ± 1,7 <sup>b</sup>
	Lin	4,1 ± 1,6 <sup>b</sup>	47% <sup>a</sup>	3,6 ± 1,9 <sup>b</sup>
<b>Poitrines rôties</b>	Témoin	4,5 ± 1,8	50% <sup>b</sup>	4,6 ± 1,6 <sup>a</sup>
	Tournesol	4,8 ± 1,4	75% <sup>a</sup>	4,9 ± 1,5 <sup>a</sup>
	Lin	4,2 ± 1,6	50% <sup>b</sup>	4,0 ± 1,7 <sup>b</sup>

## CONCLUSION

Cette étude confirme qu'il est possible d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande fraîche et celle des produits de charcuterie en modifiant les sources de lipides entrant dans la ration alimentaire de l'animal.

La cuisson de la viande fraîche, ainsi que l'élaboration des produits de charcuterie par des procédés industriels altèrent peu la teneur en acides gras n-3. Ceci se traduit par une disponibilité importante des acides gras n-3 dans l'assiette du consommateur pouvant couvrir jusqu'à 65 % des apports nutritionnels conseillés d'acides gras. De plus les produits sont bien acceptés au niveau de leur qualité sensorielle.

Il faut maintenant poursuivre les recherches dans ce domaine de la nutrition animale et s'intéresser au devenir des acides gras n-3 en terme de potentiel d'oxydation. La présence massive d'acides gras n-3 ne veut pas dire qu'il n'existe pas d'acides gras oxydés dans les produits. Il faut donc essayer de les quantifier et rechercher les doses efficaces (et/ou les périodes de distribution) d'antioxydants à ajouter dans un aliment riche en AGPI pour limiter cette oxydation. La recherche de nouvelles sources d'antioxy-

dants autres que la vitamine E et le sélénium devra aussi être privilégiée.

En conclusion, l'élaboration de régimes naturellement enrichis en acides gras n-3 pour l'alimentation animale, et notamment porcine, contribuera à diversifier l'offre de produits riches en ces derniers pour l'alimentation humaine. Ainsi, la mise à disposition de ces produits permettra au travers d'une alimentation diversifiée d'atteindre les seuils journaliers de consommation établis par l'AFSSA. Cette alimentation équilibrée pourrait freiner le développement de certaines pathologies comme les maladies cardiovasculaires. Notons que ces nouveaux produits viennent en complément d'autres vecteurs bien identifiés comme les poissons gras et certaines huiles de table (colza et noix) et qu'ils n'ont pas du tout pour vocation de les concurrencer.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la société Valorex pour la fourniture des graines de lin extrudées, la région Bretagne pour le financement du volet transformation en produits de charcuterie ainsi que les industriels bretons (L'Uzelaise, Les Andouilles de Fouesnant, Les Salaisons du Jet et Monique Ranou) pour leurs participations.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANC, Apports Nutritionnels Conseillés pour la population française, 2001. AFSSA, Ed. Tec & Doc, Paris.
- Bourre J.M., François M., Youyou A., Dumont O., Piciotti M., Pascal G., Durand G., 1989. The effects of dietary  $\omega$ -linolenic acid on the composition of nerve membranes, enzymatic activity, amplitude of electrophysical parameters, resistance to poisons and performance of learning task in rats. *J. Nutr.*, 119, 1880-1892.
- Folch J., Lee M., Sloane Stanley G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Holman R.T., Johnson S.B., Hatch F., 1982. A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35, 617-623.
- Jacotot B., 1988. Acides gras alimentaires pour la prévention du risque coronarien. *Cah. Nutr. Diet.*, 23, 211-214.
- Jondreville C., Révy P.S., Jaffrezic A., Dourmad J.Y. 2002. Le cuivre dans l'alimentation du porc : oligoélément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'homme et l'environnement. *INRA Productions Animales*, 15, 247-265.
- Morrisson W.R., Smith L.M., 1964. Preparation of fatty acid methyl ester and dimethyl acetals from lipids with Boron Fluoride-Methanol. *J. Lipid Res.*, 5, 600-608.

- Mourot J., Hermier D., 2001. Lipids in monogastric animal meat. *Reprod. Nut. Dev.*, 41, 109-118.
- Musella M., Douard V., Corino C., Mourot J., 2006. Effet de régimes riches en acides gras oméga 3 sur la composition de la longe de porcs abattus à 110 et 160 kg PV. *Viandes et produits Carnés, Hors Série, XI<sup>èmes</sup> Journées des Sciences du Muscle et Technologie de la Viande*, Clermont-Ferrand, 4-5 octobre 2006, 83-84.
- Renaud S., Morazain R., Godsey F., 1986. Nutrients, platelet function and composition in nine groups of French and British farmers. *Atherosclerosis*, 60, 37-48.
- Rose D., Connolly J., Rayburn J., Coleman M., 1995. Influence of diets containing eicosapentaenoic or docosahexaenoic acids on growth and metastasis of breast cancer cells in nude mice. *J. Natl. Cancer Inst.*, 87, 587-592.
- Vorin V., Mourot J., Weill P., Robin G., Mounier A., Peiniau P., 2003. Effet de l'apport d'acides gras  $\omega$  3 dans l'alimentation du porc sur les performances de croissance et la qualité de la viande. *Journées Rech. Porcine*, 35, 251-257.
- Welsch C., 1992. Relationship between dietary fat and experimental mammary tumorigenesis. A review and critic. *Cancer res. (suppl.)* 52, 2040S-2048S.
- Willfart A., Ferreira J.M., Mounier A., Robin G., Mourot J., 2004. Effets de différentes teneurs en acides gras n-3 sur les performances de croissance et la qualité nutritionnelle de la viande de porc. *Journées Rech. Porcine*, 36, 195-202.