

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

J. MOUROT (1), J. CHAUVEL (2), M. LE DENMAT (2), A. MOUNIER (1), P. PEINIAU (1)

(1) INRA - Station de Recherches Porcines - 35590 St Gilles.

(2) I.T.P. - Pôle Techniques d'Élevage - BP 3 - 35650 Le Rheu.

avec la collaboration technique de G. CONSEIL et M. LEMARIÉ

L'objectif de la présente expérimentation est d'étudier, après abattage et selon le temps de conservation de la viande, le devenir de l'acide linoléique apporté par l'alimentation et stocké dans les tissus au cours de la vie de l'animal. Trois lots de 14 porcs de race Large White ont reçu entre 35 et 100 kg un régime à 4 % de lipides. Dans la part lipidique, la proportion d'acide linoléique, introduit sous cette forme, a varié selon les lots (37, 50 ou 62 % des lipides totaux). Deux sites ont été plus particulièrement étudiés, la bardière et le muscle demi-membraneux. Les teneurs en acide linoléique ont été analysées à l'abattage et après congélation pendant 6, 14 ou 22 semaines. Cette étude met en évidence une forte disparition de l'acide linoléique au cours du temps. Elle est fonction de la quantité initiale et peut atteindre près de 30 % de la quantité du C18:2 déposé. Cette disparition est le reflet d'une oxydation de l'acide linoléique.

Linoleic acid level in the diet of pigs : effects on fat deposition and on meat linoleic acid oxydation during storage.

The aim of the present experiment was to investigate linoleic acid disappearance from meat, according to elevation of storage. Three groups of 14 Large White pigs were provided a diet including 4 % of lipid between 35 and 100 kg weight. Percentage of linoleic acid in the dietary lipids was increased: 37, 50 and 62 % of total lipid in the 3 groups. Linoleic acid content of backfat and *Demi-Membranosus* muscle was measured at slaughter and after 6, 14 or 22 weeks of storage. Linoleic acid content decreased throughly during the storage in proportion with the initial C18:2 level at slaughter. This decrease resulted from the oxydation of linoleic acid.

INTRODUCTION

La qualité des produits issus de l'élevage des porcs, que ce soit le tissu gras ou le tissu maigre, est l'objet de plus en plus d'exigences de la part des transformateurs et des consommateurs. De nombreux travaux ont mis en évidence l'effet des lipides alimentaires sur la composition des graisses déposées chez l'animal (DESMOULIN et al., 1983 ; GIRARD et al., 1988 ; FEVRIER et MOUROT, 1989). Au niveau du tissu musculaire, l'alimentation n'est pas reconnue comme ayant un effet aussi marqué que pour les tissus adipeux sous-cutanés (MONIN, 1983 ; BOUT et GIRARD, 1988).

Lors de la transformation des produits, les problèmes liés aux gras trop mous et à l'oxydation des lipides sont bien connus des industriels. La norme avancée par WOOD, (1984) préconisant de ne pas dépasser la teneur de 15 % d'acide linoléique déposé dans la bardière semble satisfaisante et a été vérifiée expérimentalement (CASTAING et GROSJEAN, 1988).

Mais, en rapport avec cette norme, il n'existe pas à notre connaissance de travaux expérimentaux étudiant les relations entre :

- la teneur en acide linoléique du régime et les quantités de cet acide gras déposé dans la bardière et le tissu maigre
- la teneur de cet acide gras déposé et son devenir au cours du stockage.

C'est pourquoi, face à une tendance à l'augmentation de la teneur en matières grasses dans l'alimentation du porc en croissance pour des raisons technologiques, techniques et économiques, il nous a semblé intéressant de mieux connaître l'importance des dépôts d'acide linoléique et leurs devenirs au cours du temps.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux et régimes

Trois lots de 14 porcs de race Large-White (7 mâles castrés et 7 femelles), logés individuellement ont reçu un régime expérimental entre 35 et 100 kg selon le plan de rationnement utilisé à la Station de Recherches Porcines de l'INRA.

Les régimes sont isoénergétiques et à base de blé et de tourteau de soja. Ils contiennent 4 % de lipides totaux et 17 % de protéines. A l'intérieur de la fraction lipidique, la proportion d'acide linoléique varie selon les lots :

% C18:2	par rapport aux régimes	par rapport aux lipides totaux
lot A	1,5	37,5
lot B	2,0	50,0
lot C	2,5	62,5

L'acide linoléique est introduit sous forme de trilinoléine. Le complément de matière grasse est apporté par du suif. Les teneurs en vitamine E sont respectivement de 10, 10 et 20 mg par kg d'aliment. La composition en acides gras des régimes est rapportée dans le tableau 1.

TABLEAU 1
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES RÉGIMES
EFFECTIVEMENT DISTRIBUÉS
(% des acides gras totaux)

LOT	A	B	C
C14	1,51	0,94	0,58
C16	20,37	17,86	12,35
C16:1	3,44	2,09	1,49
C18	7,89	5,38	4,11
C18:1	26,08	21,22	17,51
C18:2	35,86	48,41	60,72
C18:3	1,16	0,85	0,66

1.2. Mesures

1.2.1. Performances zootechniques

Le GMQ et l'indice de consommation sont calculés sur l'ensemble de la période de distribution des régimes expérimentaux.

1.2.2. A l'abattoir

L'estimation de la composition corporelle est réalisée à partir des mesures linéaires d'épaisseurs de gras et de muscle grâce à l'appareil de type Fat-O-Meat'er. Les pourcentages de muscle et de gras sont calculés (DESMOULIN et al, 1988). Les mesures de couleur sont réalisées sur l'adducteur. La mesure du pH 45 est effectuée sur broyat d'un prélèvement de demi-membraneux (DM) dans une solution de Iodoacétate (MONIN et SELLIER, 1988). La mesure du pH ultime est réalisée directement dans le muscle.

1.3. Méthodes d'analyses chimiques

1.3.1. Extraction des lipides totaux

La teneur en lipides totaux est effectuée sur les tissus à partir d'une extraction méthanol-chloroforme (FOLCH et al, 1957).

1.3.2. Profil des acides gras

la composition en acides gras est déterminée par chromatographie gazeuse capillaire après méthylation au BF₃ selon la technique de MORRISON et SMITH, 1964. La cinétique de disparition du C18:2 est étudiée au cours du temps : T0 (abattage), T1 (6 semaines), T2 (14 semaines), T3 (22 semaines).

1.4. Analyse statistique

Les résultats sont analysés avec le logiciel SAS. Une analyse de variance est effectuée permettant d'exprimer les effets teneur en acide linoléique (LIP), sexe (SEXE), et les interactions. La comparaison des lots est réalisée à l'aide du test de Bonferroni.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Pour tous les paramètres, les résultats sont rapportés pour l'ensemble des animaux en fonction des lots, ainsi que pour les mâles castrés (MC) et les femelles (F) par la valeur moyenne des 3 lots. Cette dernière forme d'expression est possible car aucune interaction LIP x SEXE n'est mise en évidence.

2.1. Performances de croissance

Nous n'avons observé aucun refus des quantités d'aliments distribués. Le GMQ semble diminuer en relation avec les variations du taux d'acide linoléique de la ration, mais ces différences ne sont pas significatives (tableau 2).

2.2. Caractéristiques de la carcasse

Les animaux ayant été sacrifiés en fonction de leurs poids d'abattage (100 kg \pm 2), nous ne mettons donc en évidence aucun effet du régime sur ce paramètre ni sur le rendement de la carcasse.

TABLEAU 2
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES EN FONCTION DU TAUX D'ACIDE LINOLÉIQUE INGÉRÉ

LOT	A	B	C	ETR	MC	F
Consommation(kg/j)	2,36	2,34	2,35	0,04	2,35	2,35
GMQ (kg/j)	0,825	0,819	0,783	0,048	0,810	0,808
IC	2,86	2,89	3,01	0,16	2,91	2,92

Aucun effet de la variation du C18:2 n'est mise en évidence

En ce qui concerne la composition corporelle (tableau 3), le taux de muscle de la carcasse diminue avec l'augmentation de l'acide linoléique dans le régime (effet LIP $P < 0.01$). Dans le même temps, la quantité de gras déposée augmente significativement (effet LIP $P < 0.01$ et effet SEXE $P < 0.05$), cette variation étant plus sensible chez les mâles castrés que chez les femelles, sans interaction LIP*SEXE comme nous l'avons précédemment rapporté.

Des observations similaires ont déjà été faites par GIRARD et al. 1988 montrant un accroissement de l'adiposité de la carcasse avec une augmentation de l'insaturation des lipides du régime (base orge contre maïs). Ces résultats sont confirmés par une étude récente, MOUROT, 1990 (en cours de publication), montrant une augmentation du potentiel de synthèse des lipides en relation avec l'apport de C18:2 des régimes.

TABLEAU 3
CARACTÉRISTIQUES DES CARCASSES EN FONCTION DES TENEURS EN ACIDE LINOLÉIQUE DES RÉGIMES

LOT	A	B	C	ETR	MC	F	LIP	SEXE
P.Car kg	80,0	79,6	78,9	1,52	80,1	79,9	NS	NS
Rdt Car.	0,81	0,82	0,81	0,01	0,81	0,82	NS	NS
% muscle	51,74a	50,17ab	48,84b	2,57	49,53	50,96	**	NS
% gras	24,86a	26,73ab	28,40b	2,78	27,69	25,62	**	*

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

Les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

2.3. Caractéristiques de la viande

Pour les valeurs des pH et de la couleur, aucun effet significatif n'est mis en évidence (tableau 4). Ces résultats sont conformes à ce que l'on pouvait attendre d'après les renseignements bibliographiques (MONIN, 1988), la source des lipides ayant peu d'effet sur ces paramètres.

2.4. Composition lipidique de la bardière au moment de l'abattage

Ces résultats confirment une nouvelle fois les relations entre les lipides alimentaires et la composition en acides gras de la bardière (DESMOULIN et al., 1983 ; GIRARD et al., 1988 ; FÉVRIER et MOUROT, 1989). Un effet significatif de la source

TABLEAU 4
CARACTÉRISTIQUES DES VALEURS DE PH DU DEMI-MEMBRANEUX ET DE LA COULEUR DE LA VIANDE EN FONCTION DU TAUX D'ACIDE LINOLÉIQUE DU RÉGIME

LOT	A	B	C	ETR	MC	F
pH 45	6,25	6,15	6,22	0,15	6,20	6,18
pH 24	5,69	5,72	5,79	0,13	5,76	5,71
Couleur	43,9	43,1	45,0	5,4	45,3	43,6

Aucun effet significatif.

de lipides sur la composition en acides gras de la bardière est mise en évidence pour le C16:1, C18:0, C18:1 et C18:2. La quantité de C18:2 déposé dans la bardière augmente avec le régime (figure 1). La valeur du coefficient de corrélation calculé entre la quantité d'acide linoléique ingérée et celle déposée

dans la bardière est de $r = 0,83$. Cette valeur est donc très significative. Le coefficient d'insaturation des acides gras déposés augmente avec le traitement, ce qui est une conséquence de l'augmentation de la teneur en acide linoléique et une diminution de la teneur en acide stéarique.

TABLEAU 5
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DE LA BARDIÈRE AU MOMENT DE L'ABATTAGE (T0)
(% des acides gras totaux)

LOT	A	B	C	ETR	MC	F	LIP	SEXE
C14	1,65	1,43	1,47	0,35	1,44	1,59	NS	NS
C16	23,83	23,61	24,20	2,19	24,14	23,62	NS	NS
C16:1	4,50a	4,18ab	3,25b	1,28	3,84	4,11	*	NS
C18	12,36a	11,49a	9,65b	2,92	11,41	11,42	*	NS
C18:1	44,43a	41,66b	42,25ab	2,64	43,14	42,14	*	NS
C18:2	12,25a	16,62b	18,17c	1,55	15,51	15,70	***	NS
C18:3	0,53	0,70	0,87	0,43	0,67	0,73	NS	NS
C20	0,13	0,29	0,18	0,20	0,22	0,17	NS	NS
C20:1	0,24	0,28	0,27	0,25	0,26	0,25	NS	NS
C.I.	1,21a	1,28b	1,31b	0,03	1,26	1,27	***	NS
C.L.	17,37	17,39	17,40	0,04	17,38	17,39	NS	NS

* $P < 0,05$ ** $P < 0,01$ *** $P < 0,001$

Les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

2.5. Teneur en lipides et composition en acides gras du demi-membraneux au moment de l'abattage

La teneur en lipides totaux du muscle (DM) augmente avec la variation de C18:2 du régime (1.57, 1.66 et 1.74 % pour les lots A, B et C). Ces différences ne sont toutefois pas significatives. Comme pour la bardière, cette augmentation

peut là encore être en relation avec l'accroissement du potentiel de synthèse (MOUROT, 1990).

L'effet des lipides alimentaires sur la composition en acides gras est moins marqué pour le muscle du jambon (tableau 6) que pour la bardière (BOUT et GIRARD, 1988).

TABLEAU 6
COMPOSITION EN ACIDES GRAS DU DEMI-MEMBRANEUX AU MOMENT DE L'ABATTAGE (T0)

LOT	A	B	C	ETR	MC	F	LIP	SEXE
C14	1,43a	1,31a	1,15a	0,30	1,25	1,34	*	NS
C16	22,87	21,89	21,54	1,86	22,45	21,75	NS	NS
C16:1	5,70	5,77	5,01	1,33	5,04	5,28	NS	*
C18	9,59	9,57	8,99	1,43	9,12	9,64	NS	NS
C18:1	40,72	40,13	39,76	2,85	40,39	39,63	NS	NS
C18:2	15,76a	18,91b	22,10c	1,51	19,35	18,49	***	NS
C18:3	0,42	0,45	0,42	0,21	0,41	0,45	NS	NS
C20	0,06	0,05	0,11	0,09	0,09	0,05	NS	NS
C20:1	0,24	0,29	0,34	0,10	0,26	0,25	NS	NS
C20:4	3,56a	2,45b	2,12b	0,78	3,10	2,92	***	NS
C.I.	1,21a	1,27b	1,31c	0,02	1,27	1,26	***	**
C.L.	17,45	17,45	17,48	0,04	17,46	17,46	NS	NS

Les valeurs affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Pour l'acide linoléique, il existe cependant une relation (figure 1) puisque la teneur en cet acide gras augmente avec la quantité ingérée ($P < 0.001$). La valeur du coefficient de corrélation calculé entre la quantité d'acide linoléique ingérée et celle déposée dans le muscle est de $r = 0,86$. Cette valeur est donc là aussi très significative. Ainsi, comme pour la bardière, il peut exister une influence de la composition des acides gras ingérés sur ceux déposés au niveau du tissu musculaire.

2.6. Évolution de la composition en acides gras des tissus au cours du temps

Aucune différence significative n'est observée dans les variations des teneurs en acides gras saturés ou monoinsaturés. La teneur en acides gras polyinsaturés diminue au cours du temps de stockage, que ce soit pour la bardière ou le muscle demi-membraneux (tableaux 7 et 8). Cette diminution est le reflet d'une oxydation des liaisons insaturées. Dans le muscle, le C20:4 diminue aussi au cours du temps de conservation.

FIGURE 1
RELATION ENTRE LA QUANTITÉ D'ACIDE LINOLÉIQUE
INGÉRÉE ET LA QUANTITÉ DÉPOSÉE DANS LES TISSUS.

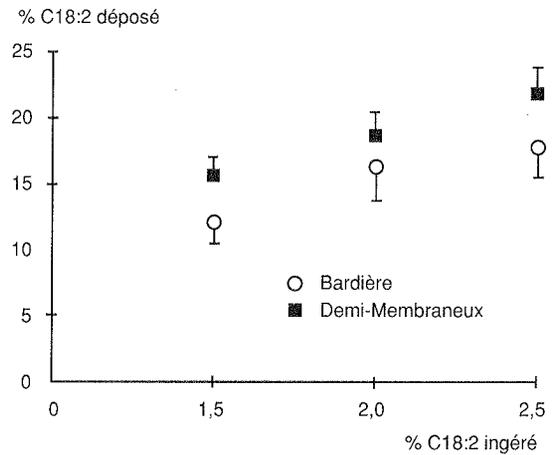
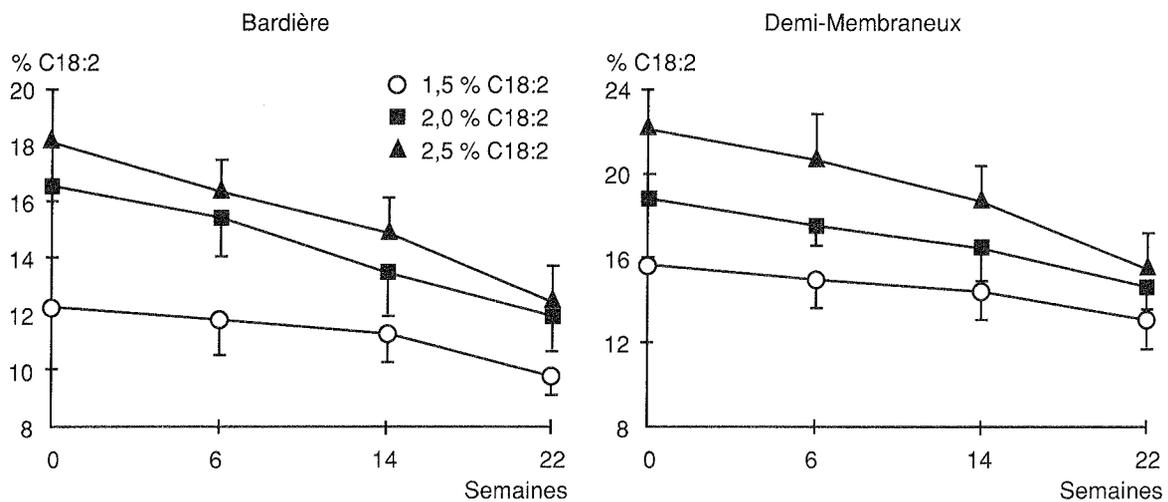


TABLEAU 7
COMPOSITION EN ACIDES GRAS MONO ET POLYINSATURÉS AU NIVEAU DE LA BARDIÈRE EN FONCTION DU TEMPS

LOT	A	B	C	ETR	TEMPS	
C16:1	T1	4,41	5,16	4,55	1,99	NS
	T2	3,47	3,21	4,01		
	T3	1,75	2,94	2,41		
C18:1	T1	44,02	42,44	41,06	2,68	NS
	T2	46,52	43,66	43,24		
	T3	46,11	43,18	44,87		
C18:2	T1	11,87	15,48	16,45	1,43	***
	T2	11,40	13,64	15,02		
	T3	9,92	12,09	12,61		
C18:3	T1	0,95	0,97	1,17	0,41	***
	T2	0,68	0,76	0,89		
	T3	0,23	0,23	0,41		
C20:1	T1	0,21	0,23	0,24	0,16	***
	T2	0,10	0,06	0,09		
	T3	0,08	0,05	0,08		

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

FIGURE 2
ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN ACIDE LINOLÉIQUE EN FONCTION DU TEMPS ET DE LA QUANTITÉ DÉPOSÉE



Les variations des teneurs en acide linoléique dans les tissus, au cours du temps de conservation, sont représentées dans la figure 2. La diminution est en relation avec la quantité

présente au moment de l'abattage (figure 3). Selon les lots, la transformation du C18:2 en ses dérivés peut atteindre près de 30 %.

FIGURE 3
REPRÉSENTATION (en %) DE LA DISPARITION DE L'ACIDE LINOLÉIQUE AU COURS DU TEMPS ET EN FONCTION DES SITES
(chaque site à T0 est pris pour sa base 100).

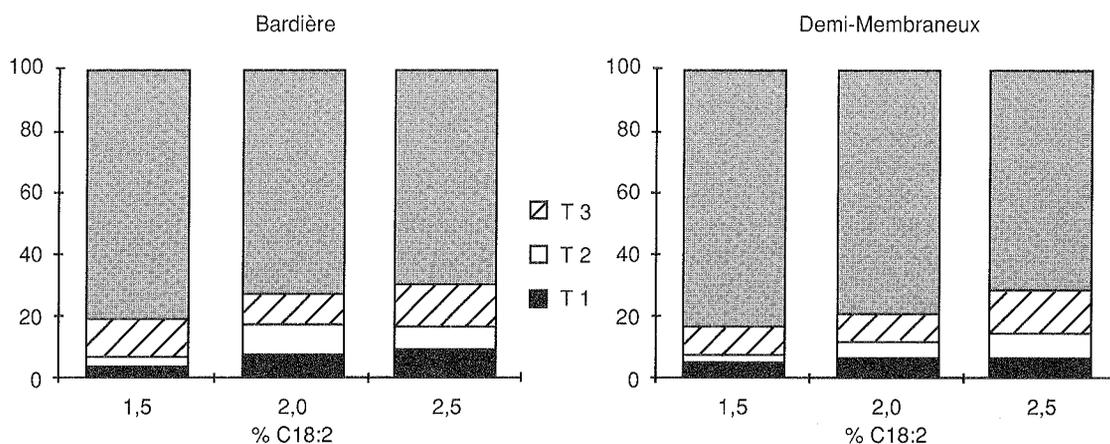


TABLEAU 8
COMPOSITION EN ACIDES GRAS MONO ET POLYINSATURÉS AU NIVEAU DU MUSCLE DEMI-MEMBRANEUX
EN FONCTION DU TEMPS.

LOT	A	B	C	ETR	TEMPS
C16:1	6,13 6,72 7,38	6,19 6,39 6,43	6,17 5,69 6,74	1,86	NS
C18:1	39,88 42,07 43,44	39,84 41,43 44,08	39,95 41,17 43,10	2,96	NS
C18:2	15,08 14,61 13,77	17,67 16,65 14,96	20,73 18,90 15,79	1,54	***
C18:3	0,36 0,15 0,14	0,38 0,30 0,16	0,56 0,56 0,13	0,25	**
C20:1	0,13 0,04 0,01	0,13 0,03 0,02	0,12 0,05 0,01	0,08	***
C20:4	3,14 2,17 1,01	2,22 1,95 0,78	2,15 1,76 0,76	0,85	***

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

Le coefficient d'insaturation des acides gras décroît au cours du temps (P<0.001) essentiellement par le fait de la diminution de l'acide linoléique (tableau 9). Les variations de ces coefficients sont comparables entre la bardière et le muscle du jambon (figure 4).

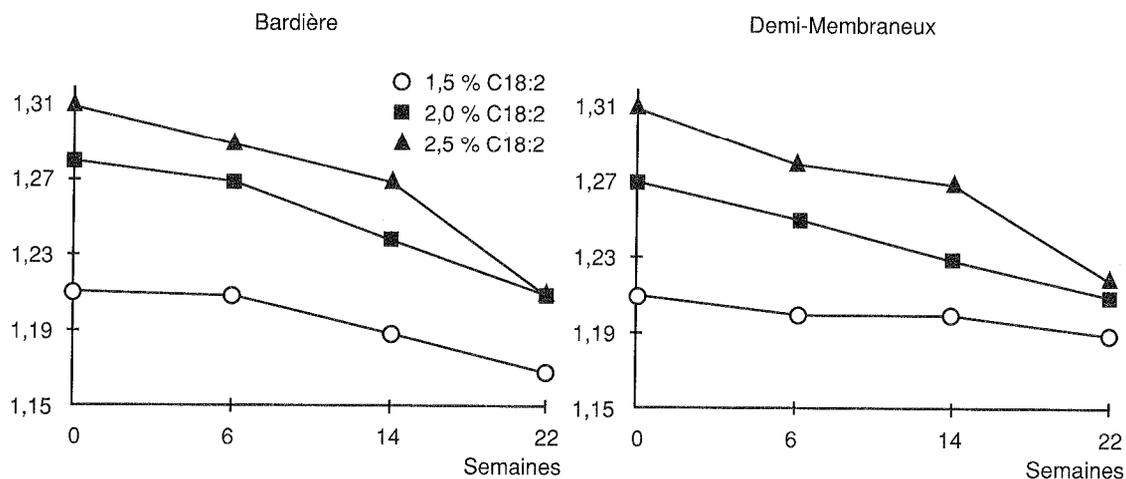
Dans les premières semaines de la conservation des tissus, la disparition du C18:2 semble peu importante chez les animaux ayant une quantité déposée (lot A) inférieure aux normes préconisées par WOOD, 1984. L'oxydation se développe essentiellement après la quatorzième semaine. Par contre,

TABLEAU 9
ÉVOLUTION DU NIVEAU DE L'INSATURATION DES ACIDES GRAS DE LA BARDIÈRE ET
DU DEMI-MEMBRANEUX AU COURS DU TEMPS

Bardière	A	B	C	ETR	TEMPS
T 0	1,21	1,28	1,31	0,02	***
T 1	1,21	1,27	1,29		
T 2	1,19	1,24	1,27		
T 3	1,17	1,21	1,21		
Muscle					
T 0	1,21	1,27	1,31	0,02	***
T 1	1,20	1,25	1,28		
T 2	1,19	1,23	1,27		
T 3	1,20	1,21	1,22		

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

FIGURE 4
ÉVOLUTION DU COEFFICIENT D'INSATURATION DES ACIDES GRAS DANS LES TISSUS
EN FONCTION DU TEMPS DE CONSERVATION



chez les animaux ayant au moment de l'abattage une quantité élevée de C18:2 stockée dans les tissus, l'oxydation est importante dès la première période étudiée entre 0 et 6 semaines.

L'importance de l'oxydation est certainement la conséquence d'un manque de vitamine E par rapport à la quantité d'acides gras insaturés déposés. Le taux insuffisant de cette vitamine ne lui permet donc pas d'avoir un effet antioxydant. Toutefois, le niveau de l'oxydation qui est respectivement de 3.1; 6.8 et 9.5 % de C18:2 transformés (lots à 1.5 %, 2 % et 2.5 % d'acide linoléique) au cours de la première période, n'est pas en relation avec la valeur du rapport C18:2 (g)/ Vitamine E (mg) 1.5; 2 et 1.25 dans l'aliment. Il apparaît donc que pour diminuer l'oxydation des acides gras polyinsaturés, la valeur du rapport C18:2/Vitamine E ne sera pas le seul facteur à prendre en considération, mais également la quantité d'acide linoléique déposée.

CONCLUSION

Cette étude met en évidence l'importance de l'oxydation des acides gras déposés dans les tissus. Par conséquent, si l'utilisation de matières grasses d'origines végétales (par le biais d'incorporation de graines entières dans le régime par exemple) se développe dans la fabrication des régimes, il sera peut-être nécessaire à terme de redéfinir des normes alimentaires concernant la quantité de C18:2 et de vitamine E à introduire dans l'alimentation.

D'après nos résultats, Il apparaît que la teneur recommandée maximale en acide linoléique de 1.2 à 1.5 % du régime soit un peu sous estimée. En effet, avec 1.5 % d'acide linoléique alimentaire, nous retrouvons un dépôt qui reste inférieur à 15 % des acides gras totaux dans la bardière, valeur admise comme la limite supérieure à partir de laquelle des problèmes dans la transformation et la conservation des produits peuvent apparaître.

Cette étude montre aussi que la teneur en vitamine E actuellement recommandée (INRA 1988) est inférieure aux besoins nécessaires pour empêcher ou réduire l'oxydation des acides gras polyinsaturés. D'après nos données, nous ne pouvons pas définir avec précision le taux d'incorporation de vitamine E en fonction de celui d'acide linoléique. Il semble donc nécessaire de compléter cette première approche par d'autres études :

- en faisant varier les taux de vitamine E avec un même taux d'acide linoléique
- en recherchant sur quelle période de la vie de l'animal doit être recommandée la supplémentation en vitamine E.

Cette étude doit également être complétée par l'identification et la quantification des formes de dérivés peroxydés de l'acide linoléique réellement produits au cours de la conservation ou de la transformation.

REMERCIEMENTS

Ce travail expérimental a pu être réalisé grâce à une participation ACTA-MRT et à une participation du programme BRITTA dans le cadre du contrat «Qualité de la viande».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUT J., GIRARD J.P., 1988 Journées Rech. Porcine en France, 20, 271-278
- CASTAING J., GROSJEAN F., 1988 Journées Rech. Porcine en France, 20, 285-290
- DESMOULIN B., GIRARD J.P., BONNEAU M., FROUIN A., 1983 Journées Rech. Porcine en France, 15, 177-192
- DESMOULIN B., ECOLAN P., BONNEAU M., 1988. INRA Prod. Anim. 1, 59-64
- GIRARD J.P., BOUT J., SALORT D., 1988 Journées Rech. Porcine en France, 20, 257-270
- FEVRIER C., MOUROT J., 1989 Journées Rech. Porcine en France, 21, 13-22
- FOLCH J., LEES M., SLOANE-STANLEY G.H., 1957. J. Biol. Chem. 226, 497-509
- INRA 1989 L'alimentation des animaux monogastriques. INRA éd. PARIS, 282 pp
- MONIN G., 1983 Journées Rech. Porcine en France, 15, 151-176
- MONIN G., 1988 Journées Rech. Porcine en France, 20, 201-213
- MONIN G., SELLIER P., 1988. Meat Sci. 13: 49-63.
- MOUROT J., 1990 données en cours de publication
- MORRISON W.R., SMITH L.M., 1964 J. Lipid. Res. 5, 600-608.
- WOOD J.D., 1984 Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals in fats in animal nutrition. J. WISEMAN Ed. Butterworths. 407-435