

Utilisation du glycérol en alimentation porcine

J. MOUROT

INRA, UMR1079 Système d'Élevage Nutrition Animale et Humaine, F-35590 Saint-Gilles, France
Agrocampus-Ouest, UMR1079 Système d'Élevage Nutrition Animale et Humaine, F-35000 Rennes, France

Courriel : Jacques.Mourot@rennes.inra.fr

Le glycérol, coproduit de la fabrication du diester, est une matière première prometteuse en nutrition animale. Il est naturellement présent dans l'organisme et bien assimilé lorsqu'il est ingéré. A la dose de 5% dans l'aliment, il modifie peu les performances de croissance, mais il améliore les qualités technologiques et sensorielles de la viande de porc en augmentant le rendement de transformation et la teneur en lipides du muscle.

Le glycérol est un triol qui possède trois fonctions alcool. C'est un composé biologique particulièrement important dans l'organisme qui forme le support des triglycérides en se liant à trois acides gras. Il est synthétisé à partir des sucres qui se transforment en acide pyruvique et en glycérol.

Intérêt biologique du glycérol

Le glycérol a été isolé des tissus par le chimiste suédois Scheele en 1786. Il est synthétisé à partir du glucose avec lequel il a des relations structurales et métaboliques. Il est absorbé au niveau de la muqueuse du tractus gastro-intestinal et la présence des acides gras retarde son absorption (Herting *et al* 1956).

La concentration du sérum en glycérol est variable d'un mammifère à l'autre (Tao *et al* 1983) et elle est fonction de l'état physiologique. Elle s'élève pendant un exercice, la grossesse, le jeûne, l'obésité, le froid et par l'administration de catécholamines (Mersmann 1986). Chez la truie et la vache allaitante une élévation du glycérol sanguin est observée en raison de l'inhibition de la réestérification des acides gras et de l'augmentation d'une forme active de la lipase hormono-sensible du tissu adipeux (Sidhu et Emery 1972).

Le glycérol est un composant alimentaire métabolisé essentiellement par le foie (75%) et les reins. L'entrée dans les cellules hépatiques est dépendante des concentrations extracellulaires (Tao *et al* 1983). Le tissu adipeux, qui a une très faible capacité d'utilisation du

glycérol (Herrera et Lamas 1970), en relargue pendant les phases de lipolyse liées au jeûne.

Le glycérol alimentaire participe à la glycogénogenèse, à la gluconéogenèse (Cryer et Bartley 1973) et à la lipogenèse en particulier au niveau de la glande mammaire des ruminants (West *et al* 1972). L'ingestion chronique de glycérol provoque dans le foie des rats et des poulets des concentrations élevées en triglycérides et en lipides d'où une augmentation du poids de cet organe (Rosebrough *et al* 1980). Il a aussi un effet stimulateur sur la synthèse des acides gras libres, des triglycérides, du cholestérol, des chylomicrons et des lipoprotéines plasmatiques chez le rat (Narayan et McMullen 1979), mais semble ne pas modifier ces paramètres chez le porc (Lammers *et al* 2008b).

Chez le rat, l'administration de glycérol induit une augmentation de l'activité des enzymes de la lipogenèse hépatique (Gimenez *et al* 1985, Carmona et Freedland 1989). Il en est de même pour le poulet (Lin *et al* 1976) ou le dindon (Rosebrough *et al* 1980).

En technologie de la viande, Lacroix et Castaigne (1985) ont observé, que l'incorporation de glycérol (de 0 à 17,5% du poids frais) à la viande de porc améliore la stabilité de l'émulsion de viande de type «*frankfurter*» lors des processus de fabrication et de la conservation sans en altérer les propriétés texturales et organoleptiques. En fait, cette addition diminue fortement la perte d'eau survenant lors de la cuisson. La viscosité de la matrice de l'émulsion

pourrait augmenter par les interactions du glycérol avec les protéines lors de leur dénaturation pendant la cuisson. Cependant, Webster *et al* (1982) ont constaté que les produits carnés dont la teneur en glycérol est de 20 à 30% se conservent mal en raison des réactions d'oxydation préférentielle du glycérol à celle des acides gras insaturés.

En raison de sa présence naturelle dans les tissus chez les animaux et de son rôle dans le métabolisme des lipides, on peut imaginer qu'il puisse être utilisé dans l'alimentation du porc de façon à augmenter le stock corporel de lipides musculaire au moment de son abattage. Une telle hypothèse a été peu expérimentée chez le porc, mais on sait toutefois qu'un taux élevé de glycérol dans l'aliment (20%) diminue les performances de croissance de 20% chez le rat et chez les volailles (Lin *et al* 1976).

Les sources potentielles de glycérol

Le développement de l'agrochimie conduit à la génération de coproduits disponibles sur le marché des matières premières pour l'industrie et pour l'alimentation animale. Les huiles végétales (colza, soja, tournesol, palme...) servent de matière première à l'élaboration de nombreux produits lipidiques d'intérêt industriel : tensioactifs, détergents, lubrifiants. La transformation des huiles végétales libère de grandes quantités d'un sous-produit : le glycérol. Par exemple, la fabrication du diester nécessite la saponification de l'huile de colza puis une méthylation pour une

Tableau 1. Comparaison entre deux études des performances de croissance de porcs recevant des doses différentes de glycérol (0,5 ou 10%).

	Etude 1			Etude 2			
	Gly 0	Gly 5	SEM	Gly 0	Gly 5	Gly 10	SEM
Poids initial, kg	35,3	35,5	1,13	7,9	8,0	7,8	0,2
Poids final, kg	100,0	99,8	1,63	132,9	134,0	132,8	0,92
GMQ, g	755	744	49	905	913	906	16

Etude 1 d'après Mourot *et al* 1994 ; Etude 2 d'après Lammers *et al* 2008b.
ETM : écart-type moyen individuel.

utilisation comme carburant. Cette réaction libère du glycérol à raison d'environ 79 g par litre de diester produit (Thompson et He 2006). Les graisses animales peuvent aussi être utilisées pour ces transformations et libérer aussi du glycérol.

Il ne faut pas oublier également que la production de diester à partir du colza génère également des tourteaux, sources de protéines végétales pour l'alimentation animale à raison de 1,5 kg de protéines végétales par litre de diester produit. 3,6 millions d'hectares d'oléagineux pourraient être cultivés en France, dont 0,5 million servirait à la production de corps gras destinés à l'alimentation humaine, le reste pouvant entrer dans une utilisation industrielle (source : www.partenaires-diester.com, bulletin n°3).

Ainsi, dans le cas d'une mise à disposition éventuelle sur le marché de quantités importantes de diester, principalement liées à des décisions économiques et politiques, il en résulterait une production non négligeable de glycérol. L'utilisation du glycérol comme matière première incorporée dans l'alimentation animale et, en particulier dans celle du porc, peut être envisagée si on montre des avantages nutritionnels ou métaboliques.

1 / Effet sur les performances de croissance et la composition corporelle

Chez les porcelets en post-sevrage recevant un aliment contenant de 3 à 6% de glycérol à la place d'une quanti-

té équivalente de maïs, le gain de poids est amélioré significativement. Sur une période de distribution de 26 j à partir d'un poids moyen de porcelet de 11 kg, le gain de poids est de 528 g pour les animaux du régime témoin, de 568 g pour ceux du lot à 3% de glycérol et de 570 g pour ceux du lot à 6% (Groesbeck *et al* 2008). Il n'existe donc pas d'effet dose.

Chez le porc en croissance, des études ont été réalisées avec une incorporation de glycérol variant de 5 à 10% du poids de l'aliment à la place d'une quantité équivalente d'amidon. La valeur énergétique métabolisable du glycérol semble équivalente à celle des constituants qu'il remplace (Lammers *et al* 2008a). Les valeurs des indices de consommation et des gains de poids ne sont pas significativement différentes entre les animaux recevant ou non du glycérol dans leur régime (Mourot *et al* 1994, Kijora et Kupsch 2006, Lammers *et al* 2008b) (tableau 1). L'indice de consommation est un peu plus élevé chez les porcs recevant le régime avec du glycérol, mais cette variation est non significative. Ceci est conforme à des observations faites chez le rat ou la poule qui ont montré que le glycérol dépréciait non significativement l'indice de consommation (Lin *et al* 1976, Narayan et McMullen 1979). Il est à noter que dans certains cas, cet effet négatif devient très significatif si la dose de glycérol est voisine ou supérieure à 20% du poids de l'aliment (Lin *et al* 1976).

Chez le porc lourd abattu à 160 kg, les paramètres de croissance sont également identiques entre les animaux recevant 5% de glycérol alors qu'un

régime à 10% semble altérer ces mêmes performances (Della Casa *et al* 2009).

Les paramètres métaboliques sanguins ne sont pas affectés et la fréquence des lésions stomacales n'est pas différente entre les porcs recevant un régime avec ou sans glycérol (Lammers *et al* 2008b).

Les épaisseurs du gras dorsal sont équivalentes entre les animaux et ne traduisent donc pas un accroissement de l'adiposité de la carcasse (Mourot *et al* 1994, Kijora et Kupsch 2006). La composition tissulaire de la carcasse n'est pas différente selon les traitements (tableau 2). Les résultats de la découpe européenne normalisée effectuée sur la moitié gauche des carcasses montrent que pour la plupart des morceaux il n'est pas mis en évidence d'effets significatifs du glycérol à l'exception de la panne où le poids augmente avec le traitement ($p < 0,02$) : ceci peut être en relation avec l'activité de synthèse des lipides qui est importante dans ce tissu par rapport à d'autres tissus (Mourot *et al* 1995) et avec le pouvoir hyperlipémiant attribué au glycérol (Cryer et Bartley 1973, Carmona et Freedland 1989).

2 / Effets sur les principaux critères de qualité de la viande

Les valeurs du pH 45 minutes et du pH 24 heures ne subissent pas de variations significatives (Mourot *et al* 1994, Lammers *et al* 2008b) quand le jeûne est inférieur à 24 h. Mais les valeurs semblent augmenter chez les porcs recevant du glycérol si la durée du jeûne dépasse 24 h (Jones *et al* 1985, Eikelenboom *et al* 1990). Dans ce cas, il est possible que le glycérol participe à la glycogénogenèse pour pallier un épuisement du glycogène lié au jeûne.

La couleur de la viande et les caractéristiques sensorielles ne sont pas affectées (Lammers *et al* 2008b, Della Casa *et al* 2009).

Les pertes de ressuage diminuent significativement avec l'apport de glycérol dans l'alimentation, que ce soit pour le muscle long dorsal ou pour le demi-membraneux (tableau 3). Les pertes à la cuisson diminuent également dans le cas du demi-membraneux d'une manière intéressante avec un gain de près de 4%. Ces résultats ont été confir-

Tableau 2. Effet des régimes sur la composition de la carcasse et le poids des principaux morceaux de découpe (en kg), d'après Mourot *et al* 1994.

Lot	Poids carcasse	% muscle /carcasse	% gras /carcasse	Poids longe	Poids bardière	Poids jambon	Poids panne
Gly 0	82,0	53,81	24,07	11,49	4,78	8,37	0,68
Gly 5	81,8	53,30	24,11	11,47	4,80	8,27	0,77
ETM	1,34	1,79	1,66	0,42	0,57	0,31	0,09

Un seul effet significatif est observé : $p < 0,02$ pour la panne.

Tableau 3. Effets de l'apport de glycérol sur les valeurs des pH et de l'exsudat à 48 h après l'abattage et des pertes en eau à la cuisson de la viande, d'après Mourot et al 1994.

Lot	pH 45 min	pH 24 h	Exsudat en %, muscle LD ⁽¹⁾	Exsudat en %, muscle SM ⁽²⁾	Perte cuisson en % pour SM
Gly 0	6,10	5,75	2,35	1,85	28,73
Gly 5	6,13	5,73	1,78	1,37	24,54
ETM	0,18	0,18	0,55	0,32	2,45
Effet	NS	NS	P < 1200,06	P < 0,001	P < 0,001

(1) LD : muscle *longissimus dorsi* ; (2) SM: muscle *semimembranosus*.

més par les études de Jones *et al* (1985) et Eikelenboom *et al* (1990). Mais ces effets ne sont pas retrouvés par Lammers *et al* (2008 b), ces auteurs pensant que la durée du jeûne supérieur à 30 h dans leur étude pouvait être responsable de ces différences. Globalement ces observations traduisent donc une augmentation du pouvoir de rétention d'eau des tissus musculaires sous l'action du glycérol comme il a déjà été montré *in vitro* dans des préparations de viande de porc (Lacroix et Castaigne 1984, 1985) ou par perfusion dans des muscles de bovin juste après l'abattage (Farouk *et al* 1992).

Le pouvoir de rétention d'eau mesure l'aptitude de la viande à retenir les molécules d'eau. De ce fait, on peut penser que le glycérol libre agirait en tant que remplaçant potentiel de l'eau d'hydratation des protéines. Il aurait ainsi une action protectrice sur les protéines au cours du procédé thermique de dénaturation, peut être en raison de sa structure stéréochimique et de son faible poids moléculaire. Il pourrait également avoir une action hypertonique au niveau musculaire comme cela a été montré *in vitro* sur des cellules cardiaques (Sam et Holland 1974).

Les études réalisées sur des simulations de transformation de jambon (Mourot *et al* 1994) ont été confirmées par une transformation réelle réalisée par un industriel. Le rendement de transformation du jambon était alors supérieur de près de 1,5% avec des porcs recevant du glycérol par rapport à ceux qui n'en consommaient pas

(Cerneau *et al* 1994). Ceci peut donc avoir un impact économique important.

Il est à noter également que le pouvoir d'hyperhydratation durable du glycérol au niveau musculaire est bien connu en physiologie humaine (Riedsel *et al* 1987) où le glycérol est utilisé dans la préparation de boisson pour sportifs pour favoriser la réhydratation des tissus musculaires. Cet intérêt en nutrition humaine confirme donc le rôle du glycérol pour diminuer les pertes en eau que ce soit lors d'un effort ou d'une transformation dans le cas de la viande de porc.

La teneur en lipides totaux augmente dans tous les tissus des animaux recevant du glycérol (tableau 4), mais cette variation n'est significative que pour le muscle *longissimus dorsi* ($p < 0,005$) et à la limite de signification pour le tissu adipeux intermusculaire du jambon ($p < 0,1$).

Ces résultats obtenus chez le porc s'opposent partiellement à ceux mis en évidence dans d'autres espèces comme le rat ou la volaille montrant une augmentation des teneurs en lipides déposés dans le foie et les tissus adipeux (Lin *et al* 1976, Gimenez *et al* 1985). Cette différence peut s'expliquer par le fait que le lieu de synthèse des lipides n'est pas le même entre le porc (les tissus adipeux) et ces autres espèces (le foie).

La composition en acides gras des tissus semble peu modifiée par l'apport de glycérol. La somme des acides gras

polyinsaturés (AGPI) C18:2 et C18:3 diminuent de 1 à 2%, l'effet étant significatif ou non selon les études (Mourot *et al* 1994, Kijora *et al* 1997, Lammers *et al* 2008b). Mais globalement les auteurs s'accordent pour dire que cet effet serait un phénomène de dilution des AGPI parmi l'ensemble des acides gras identifiés en raison d'une augmentation (non significative) de la synthèse des acides gras avec pour conséquence un accroissement du dépôt de C16:0, acide gras terminal de l'action de l'acide gras synthétase, et des dérivés proches en C18:0 et C18:1. Cette hypothèse semble confirmée quand les acides gras sont exprimés en quantité et non plus en % des acides gras identifiés montrant des teneurs constantes en AGPI et une augmentation des AG saturés. Il n'y a donc pas détérioration de la qualité des acides gras dans les tissus adipeux. Des matières grasses saturées ou insaturées peuvent être introduites dans le régime avec le glycérol, seul l'effet de la matière grasse sera retrouvée dans la composition de la viande (Mourot *et al* 1994).

3 / Effets sur les activités des enzymes de la lipogénèse

Dans les tissus adipeux, l'activité de synthèse des enzymes de la lipogénèse n'est pas modifiée. Ceci s'oppose aux résultats de Carmona et Freedland (1989) obtenus chez le rat et de Lin *et al* (1976), mais le site étudié était le foie et non le tissu adipeux, ce qui peut expliquer ces différences.

Dans le muscle *longissimus dorsi*, l'activité de l'Acétyl CoA Carboxylase (ACX) enzyme clé de la synthèse des lipides est augmentée chez les animaux recevant du glycérol ($P < 0,001$), ceci explique l'élévation significative de la teneur en lipide de ce tissu (tableau 3). De plus, ces lipides correspondent à une augmentation des lipides de réserve sans modification des lipides de structure (Mourot *et al* 1994), ce qui est donc conforme avec une augmentation de la synthèse des acides gras.

Cette augmentation de l'activité de l'ACX dans le muscle est à mettre en relation avec celle de la glucose 6 phosphodéshydrogénase (G6PDH), enzyme qui fournit le cofacteur NADPH2 essentiel à la synthèse des acides gras.

Dans le muscle, la synthèse des lipides est limitée en raison du faible nom-

Tableau 4. Effet du glycérol alimentaire sur la teneur en lipides (en %) de différents tissus adipeux, du muscle *longissimus dorsi* et du foie (d'après Mourot et al 1994).

Régime	Muscle <i>Longissimus dorsi</i>	Foie	Tissu adipeux intermusculaire du jambon	Tissu adipeux de couverture du dos
Gly 0	1,60	3,65	65,11	68,80
Gly 5	2,46	3,78	67,19	69,59
ETM	0,30	0,34	2,09	2,40
Effet	P < 0,005	NS	P < 0,10	NS

Tableau 5. Effet du glycérol sur les activités de synthèse des enzymes de la lipogenèse chez des porcs ayant reçu du glycérol entre 55 kg et 105 kg l'abattage. Comparaison selon la localisation des tissus.

Sites	Régimes	ACX ⁽¹⁾	EM ⁽²⁾	G6PDH ⁽³⁾
Muscle <i>longissimus dorsi</i>	Gly 0	0,71	2,01	0,46
	Gly 5	0,93	2,09	1,27
	ETM	0,11	0,36	0,25
	Effet	P < 0,001	NS	P < 0,001
Foie	Gly 0	0,55	9,63	174,01
	Gly 5	0,49	12,25	209,06
	ETM	0,09	4,69	32,58
	Effet	NS	NS	P < 0,01
Tissu adipeux intermusculaire du jambon	Gly 0	2,88	8,61	14,12
	Gly 5	2,92	10,83	16,51
	ETM	0,58	2,36	3,14
	Effet	NS	NS	NS
Tissu adipeux du dos	Gly 0	2,63	14,04	17,64
	Gly 5	2,66	15,73	18,97
	ETM	0,46	1,81	3,63
	Effet	NS	NS	NS

(1) ACX : Acétyl CoA Carboxylase ; (2) EM : enzyme malique ;

(3) G6PDH : glucose 6 phosphodéshydrogénase, unité : UI par mg de protéine.

bre d'adipocytes et du manque de production de NADPH2 car l'activité de l'enzyme malique autre fournisseur de ce cofacteur est faible et celle de la G6PDH est pratiquement insignifiante (Mourot 2001). Ceci est confirmé chez les porcs témoins (tableau 5) de cette étude ne recevant pas de glycérol. Donc avec un apport supplémentaire de NADPH2, la synthèse des acides gras peut être stimulée.

La G6PDH appartient au cycle des pentoses phosphates. Avec l'apport du glycérol, ce cycle est certainement modifié. Il est possible que le glycérol alimentaire dont la concentration augmente dans le milieu circulant et tissulaire (Sam et Holland 1974) favorise la

gluconéogenèse. Il serait transformé en glycérol-phosphate puis en phosphodihydroxyacétone utilisé pour la production de fructose 6P puis de glucose 6P, ce dernier fournissant alors du NADPH2 au cours du cycle des pentoses-phosphates. Cette hypothèse va aussi dans le sens de ce qui est observé au niveau du foie, lieu intense du cycle des pentoses phosphates, où l'activité de la G6PDH est là aussi fortement augmentée avec l'apport de glycérol.

Les différences observées entre muscle et tissu adipeux pour la synthèse des lipides peuvent s'expliquer par le fait que les adipocytes du muscle réagissent plus facilement aux variations de synthèse lipidique que ceux

des tissus adipeux chez les porcs après 60 kg (Mourot 2001).

Conclusion

Le glycérol peut-être utilisé dans l'alimentation porcine. Les performances de croissance et la composition de la carcasse ne sont pas altérées. Il n'y aura donc pas de moins value pour la commercialisation des carcasses.

Une teneur élevée en glycérol de l'aliment semble détériorer ces performances, mais des valeurs de 5 à 10% n'ont pas d'effet négatif, la dose de 5% semble donc pouvoir être recommandée et il n'est pas justifié d'en introduire 10% dans l'aliment.

Les qualités technologiques de la viande sont améliorées avec une augmentation du rendement de transformation dû à une diminution des pertes en eau et à une meilleure hydratation des tissus. Le gain de rendement de plus de 1,5% peut représenter un aspect économique intéressant pour le secteur de la transformation des produits cuits. De plus, l'augmentation de la teneur en lipides des muscles va également dans le sens d'une amélioration de la qualité sensorielle.

La valorisation de ces améliorations des qualités technologiques et sensorielles devra être intégrée par l'ensemble de la filière de l'éleveur au transformateur. Le coût de l'incorporation du glycérol devra donc être raisonné en fonction de ces paramètres tout en sachant que la disponibilité du glycérol reste liée à des décisions politiques concernant la fabrication industrielle du diester.

Références

- Carmona A., Freedland R.A., 1989. Effect of glycerol and dihydroxyacetone on hepatic lipogenesis. Arch. Biochem. Biophys., 27, 130-138.
- Cerneau P., Mourot J., Peyronnet C., 1994. Effet du glycérol alimentaire sur la qualité de la viande de porc et le rendement technologique du jambon cuit. 26^{èmes} Journ. Rech. Porcine Fr., 193-198.
- Cryer A., Bartley W., 1973. Studies on the adaptation of rats to a diet high in glycerol. Int. J. Biochem., 4, 293-308.
- Della Casa G., Bochicchio D., Faeti V., Marchetto G., Poletti E., Rossi A., Garavaldi A., Panciroli A., Brogna N., 2009. Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. Meat Sci., 81, 238-244.
- Eikelenboom G., Bolink A.H., Sybesma W., 1990. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. Meat Sci., 29, 25-30.
- Farouk M.M., Prices J.F., Salih A.M., Burnett R.J., 1992. The effect of postexsanguination infusion of beef on composition, tenderness, and functional properties. J. Anim. Sci., 70, 2773-2778.
- Gimenez M.S., Oliveros de Furlon L., Carrasco de Clementi M., 1985. Activity of fatty-acid synthetase of rat liver after refeeding with high glycerol diet. Nutr. Rep. Int., 32, 757-763.
- Groesbeck C.N., McKinney L.J., DeRouchey J.M., Tokach M.D., Goodband R.D., Dritz S.S., Nelssen J.L., Duttlinger A.W., Fahrenholz A.C., Behnke K.C., 2008. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. J. Anim. Sci., 86, 2228-2236.
- Herrera E., Lamas L., 1970. Utilization of glycerol by rat adipose tissue *in vitro*. Biochem. J., 120, 433-434.
- Herting D.C., Embree N.D., Harris P.L., 1956. Absorption of acetic acid and glycerol from the rat stomach. Am. J. Physiol., 187, 224-226.
- Jones S.D.M., Rompala R.E., Haworth C.R., 1985. Effects of fasting and water restriction on carcass shrink on pork quality. Can. J. Anim. Sci., 65, 613-618.
- Kijora C., Kupsch R.D., 2006. Evaluation of glycerols from biodiesel production as a feed component in fattenings pigs. Lipid Fett., 98, 240-245.

- Kijora C.R.D., Kupsch D., Bergner H., Wenk C., Prabucki A.L., 1997. Comparative investigations on the utilization of glycerol, free fatty acids in combination with glycerol and vegetable oil in fattening pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 77, 127-138.
- Lacroix C., Castaigne F., 1984. Meat emulsification effects of some ingredient vegetable proteins, salt, sugar and glycerol. *Sci. Alim.*, 4, 505-522.
- Lacroix C., Castaigne F., 1985. The influence of glycerol on the texture and stability of cooked emulsions of frankfurter type meat. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 18, 34-43.
- Lammers P.J., Kerr B.J., Weber T.E., Dozier W.A., Kidd M.T., Bregendahl K., Honeyman M.S., 2008a. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 86, 602-608.
- Lammers P.J., Kerr B.J., Weber T.E., Bregendahl K., Lonergan S.M., Prusa K.J., Ahn D.U., Stoffregen W.C., Dozier W.A., Honeyman M.S., 2008b. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerol-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 86, 2962-2970.
- Lin M.H., Romsos D.R., Leveille G.A., 1976. Effect of glycerol on lipogenic enzyme activities and on fatty acid synthesis in the rat and chicken. *J. Nutr.*, 106, 1668-1677.
- Mersmann H.J., 1986. Comparison of plasma free-fatty acid and blood glycerol concentrations with measurement of lipolysis in porcine adipose tissue *in vitro*. *J. Anim. Sci.*, 63, 757-769.
- Mourot J., 2001. Mise en place des tissus adipeux sous-cutané et intramusculaires, et facteurs de variation quantitatifs et qualitatifs chez le porc. *INRA Prod. Anim.*, 14, 353-362.
- Mourot J., Aumaitre A., Mounier A., Peiniau P., François A., Peyronnet C., Jamet J.P., 1993. Effets du glycérol alimentaire sur les performances de croissance et la qualité de la viande chez le porc de race Large-White. 25^{èmes} Journ. Rech. Porcine Fr., 57-65.
- Mourot J., Aumaitre A., Mounier A., Peiniau P., François A.C., 1994. Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livest. Prod. Sci.*, 38, 237-244.
- Mourot J., Kouba M., Peiniau P., 1995. Comparative study of *in vitro* lipogenesis in various adipose tissues in the growing domestic pig (*Sus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 111, 379-384.
- Narayan K.A., McMullen J.J., 1979. The interactive effect of dietary glycerol and corn oil on rat liver lipids, serum lipids and serum lipoproteins. *J. Nutr.*, 109, 1836-1846.
- Riedsel M.L., Allen D.Y., Peake G.T., Al-Quattan K., 1987. Hyperhydration with glycerol solutions. *J. Appl. Physiol.*, 63, 2262-2268.
- Rosebrough R.W., Geis S.E., James P., Ota H., Whitehead J., 1980. Effects of dietary energy substitutions on reproductive performance, feed efficiency and lipogenic enzyme activity on large white turkey hens. *Poultry Sci.*, 59, 1485-1492.
- Sam J.A., Holland W.C., 1974. Accumulation and washout of glycerol in isolated rabbit atria. *J. Mol. Cell. Cardiol.*, 6, 373-381.
- Sidhu K.S., Emery R. S. 1972. Regulation of blood fatty acids and glycerol in lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 55, 926-930.
- Tao R.C., Kelley R.E., Yoshimura N.N., Benjamin F., 1983. Glycerol: its metabolism and use as an intravenous energy source. *J. Parenteral Enteral Nutr.*, 7, 479-488.
- Thompson J.C., He B.B., 2006. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Appl. Eng. Agric.*, 22, 261-265.
- Webster C.E.M., Nunez-Gonzales F.A., Ledward D.A., 1982. The role of lipids and glycerol in determining the shelf-life of glycerol desorbed intermediate moisture meat products. *Meat Sci.*, 6, 191-198.
- West C.E., Bickerstafee R., Annison E.F., Linzell J.L., 1972. Studies on the mode of uptake of blood triglycerides by the mammary gland of the lactating goat. The uptake and incorporation into milk fat and mammary lymph of labelled glycerol, fatty acids and triglycerides. *Biochem J.*, 126, 477-490.

Résumé

Le développement de l'agrochimie va mettre sur le marché des matières premières des coproduits qui pourront être utilisés en alimentation animale. Afin de pouvoir les valoriser en production animale, il est nécessaire de montrer la bonne efficacité de ces coproduits en terme de performances de croissance, de qualité de la viande et aussi d'économie de production.

Le développement de la production de diester à partir de la transestérification de l'huile de colza pourra permettre de disposer de glycérol. Son utilisation semble possible en alimentation animale. Les différentes données expérimentales montrent que, chez le porc, le glycérol alimentaire, à la dose de 5% d'introduction dans l'alimentation ne modifie pas l'appétence de l'aliment et n'a pas d'action négative sur les performances de croissance, sur la conversion énergétique des aliments et sur la composition tissulaire de la carcasse. Certains paramètres de la qualité de la viande sont améliorés comme la rétention d'eau et la teneur en lipides des muscles ce qui peut être bénéfique pour le rendement de transformation et la qualité organoleptique de la viande.

Abstract

Utilisation of glycerol in porcine feeds

The development of agricultural chemistry is going to supply by-products that can be used in animal feeds. It is necessary to study their effects on growth performance, meat quality, as well as their economic interest in order to know if they can be efficiently used in animal feeding.

The development of diester production via the transesterification of rapeseed oil will supply glycerol. The use of this by-product seems to be possible in animal feeding. The experimental data available show that glycerol introduced at the dose of 5% in pig diets does not modify palatability and has no detrimental effect on growth performance, feed energy conversion ratio and carcass composition. Some parameters of meat quality are improved: drip loss is decreased and the intramuscular lipid content is increased, being both beneficial for processing and the sensorial quality of meat.

MOUROT J., 2009. Utilisation du glycérol en alimentation porcine. *Inra Prod. Anim.*, 22, 409-414.

