

Valeurs nutritionnelles du glycérol pour le porc

État des lieux des connaissances disponibles



Le glycérol utilisable en alimentation animale provient, pour une part essentielle, de la fabrication de biodiesel. Chaque tonne produite de ce carburant est à l'origine d'une centaine de kg de glycérol résiduel. Compte tenu de l'effort consacré à la production de biocarburants sur notre territoire, il est probable que les disponibilités de cette matière première pour l'alimentation animale soient à l'avenir en augmentation, même si, jusqu'à ce jour, celles-ci apparaissent plutôt fluctuantes.

Cet article fait le point des données nutritionnelles disponibles sur cette matière première dans le cadre d'une utilisation dans l'alimentation du porc.

Composition des produits à base de glycérol

Les huiles végétales sont composées pour l'essentiel de triglycérides, constitués d'une molécule de glycérol liée à trois acides gras. Ces huiles ne sont pas incorporées directement dans les carburants, elles nécessitent une estérification préalable. Ainsi, le produit incorporé dans les carburants des moteurs diesel est, dans le cas par exemple du diester, un ester méthylique d'acide gras issu de la réaction d'estérification entre l'huile et le méthanol (Figure 1).

Un avis de l'Afssa publié en 2007 et portant sur l'innocuité de la glycérine utilisée en tant que matière première en alimentation animale, permet de donner les principales indications quant à la composition de ce produit. La glycérine, provenant de la réaction d'estérification des huiles végétales, est en fait un mélange de glycérol, de méthanol, de sels et de matières organiques non glycéreuses (MONG). En l'occurrence, l'Afssa se prononce sur un produit contenant un minimum de 80 % de glycérol et des maxima de 0,5 % de méthanol, 5 % de sels (majoritairement sous forme de chlorure

de sodium) et 1,2 % de MONG. Les données de composition présentées par Kerr et al. (2007), pour du glycérol obtenu à partir d'huile de soja, permettent de compléter cette description (Tableau 1).

Tableau 1 : Composition chimique du glycérol produit à partir d'huile de soja¹

	Mai 2006	Août 2006
Glycérol (%)	87,0	84,5
Méthanol (%)	0,03	0,32
pH	5,33	5,67
Humidité (%)	9,6	12,2
NaCl (%)	3,1	2,9
Acides gras (%)	0,3	0,00
MAT (%)	0,4	0,8

¹ : d'après Kerr et al. (2007)

Celles-ci issues d'un seul site de fabrication situé dans l'Iowa, font apparaître une variation importante de l'humidité du produit (9,6 et 12,2 %) ainsi que de la teneur résiduelle en méthanol (0,03 et 0,32 %). Le fait que le glycérol soit miscible à l'eau permet sans doute d'expliquer une part de la variabilité du taux d'humidité des produits commercialisés. D'autre part, la présence de méthanol résiduel provient du fait que l'alcool (ici du méthanol) doit géné-

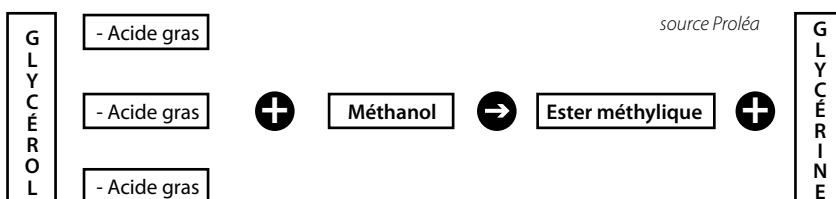


Figure 1 : Procédé de fabrication du diester

source Proléa



Résumé

Le développement de la production de biodiesel peut entraîner un accroissement des quantités de glycérol disponibles pour l'alimentation animale.

Cette matière première, si elle s'avère intéressante d'un point de vue économique, peut être introduite dans la ration du porc.

Cependant, sa valeur nutritionnelle sur le plan énergétique notamment, n'est pas suffisamment connue. Ainsi, il apparaît que le bilan des effets du glycérol sur les performances zootechniques et les caractéristiques de carcasse des porcs est en partie contradictoire.

D'autre part, de récentes études montrent que son taux d'incorporation doit être limité à 5 %, car les capacités métaboliques d'utilisation du glycérol par le porc sont vraisemblablement réduites à partir de ce taux.

A ceci s'ajoutent des arguments technologiques, liés à la prise en masse des farines en présence de glycérol.

Didier GAUDRÉ

Cette étude a été financée par le CASDAR.

La dose de méthanol sans effet pour les porcs, est de 50 mg de méthanol par kg de poids vif et par jour. Cela représente une teneur de 0,5 % de méthanol du produit brut, dans le cas d'une glycérine incorporée à hauteur de 10 % de la ration des porcs.

ralement être apporté en excès par rapport aux quantités d'huiles traitées (Thomson et He, 2006), ceci afin de réaliser une estérification complète des triglycérides. A l'issue de la phase d'estérification, l'excédent d'alcool utilisé pour la réaction, est récupéré à partir du mélange qu'il constitue avec le glycérol. Différentes méthodes de séparation de ces deux alcools sont alors appliquées visant à proposer des produits de plus ou moins grande pureté en glycérol. Or, il s'avère que le méthanol constitue un produit potentiellement toxique pour les animaux. Il peut conduire en cas d'intoxication aiguë à une acidification du sang en raison de sa transformation en acide formique (Kerr et al., 2007). En outre, l'intensité des mécanismes d'élimination du méthanol (et delà la sensibilité à l'ingestion de ce produit) est susceptible de varier selon l'espèce animale. Dans ce but, en l'absence de données spécifiques à l'espèce porcine, l'Afssa (2007) préconise sur la base de mesures de toxicité effectuées sur des rats, de fixer la dose de méthanol sans effet pour les porcs, à 50 mg de méthanol par kg de poids vif et par jour. Cela représente une teneur de 0,5 % de méthanol du produit brut, dans le cas d'une glycérine incorporée à hauteur de 10 % de la ration des porcs.

Les autres éléments de composition analysés indiquent la présence d'acides gras libres dans la glycérine qui ne paraît pas constituer un problème majeur compte tenu de la possibilité d'utilisation effective de ces nutriments par le porc. La forte teneur en chlorure de sodium de la glycérine est due à l'utilisation du sodium en tant que catalyseur de la réaction d'estérification. Au taux de 5 % dans le produit brut, il permet le remplacement complet du sel ajouté dans l'aliment du porc, pour une incorporation de glycérine de 10 %. Enfin, les teneurs en calcium

et phosphore de la glycérine apparaissent marginales pour le porc ; respectivement 24 et 65 mg par kg (Thomson et He, 2006) bien que Kijora et al. (1996) signalent la présence d'une forte teneur en phosphore relevée sur un lot de glycérine (3,5 % sur brut).

Estimation de la concentration énergétique du glycérol

Le glycérol appartient à la famille des polyalcools ; sa formule semi-développée fait apparaître trois fonctions alcool ($\text{CH}_2\text{OH-CHOH-CH}_2\text{OH}$). Son absorption est quasiment complète avant la fin de l'intestin grêle : 99 % au taux d'incorporation de 5 % de la ration (Bartelt et Schneider, 2002). Le glycérol pur (99,9 %) présente une énergie brute (EB) de 4312 kcal/kg (Bartelt et Schneider, 2002). En conditions habituelles, le glycérol provient de la lipolyse des tissus adipeux, de l'hydrolyse des triglycérides des lipoprotéines du sang et, pour une part très limitée, des matières grasses ingérées (Lin, 1977). Le glycérol est essentiellement métabolisé par le foie (75 %) et les reins, alors que les tissus adipeux présentent une faible capacité d'utilisation du glycérol *in vitro* (Mourot et al., 1993). En fait, le glycérol doit être transformé en glycérol-3-phosphate pour être métabolisé ; or l'activité de l'enzyme (glycérol kinase) catalysant cette réaction se révèle être la plus élevée dans le foie et le rein (Bartelt et Schneider, 2002 citant les travaux de Lin, 1977). Après cette transfor-

mation, le glycérol-3-phosphate peut servir de précurseur à la synthèse des lipides ou du glucose (néoglucogénèse) ou suivre la voie de la glycolyse puis de l'oxydation dans le cycle de Krebs permettant ainsi la production par la cellule, de la forme de stockage principale de l'énergie, l'adénosine triphosphate (ATP). **Cette énergie est alors disponible pour la régulation thermique, le travail musculaire et le dépôt de tissus corporels.**

Deux publications récentes (Bartelt et Schneider, 2002, Lammers et al., 2008) ont eu pour objectif la détermination de la teneur en énergie métabolisable (EM) du glycérol. Bartelt et Schneider (2002) ont réalisé cette estimation à partir d'un produit composé de glycérol pur (99,9 %) sur des porcs mâles castrés de 34 kg de poids vif. Les taux d'incorporation du glycérol sont de 0, 5, 10 et 15 %. Le glycérol se substitue dans chaque formule à une quantité équivalente d'amidon de maïs. La teneur en EM de l'amidon de maïs utilisée pour le calcul reprend l'estimation du NRC (1998) pour cette matière première, soit 3985 kcal EM par kg de matière sèche. La teneur en EM du glycérol pour chaque taux d'incorporation est déterminée selon l'équation présentée dans l'encadré ci-dessous.

Les valeurs EM calculées pour chaque taux d'incorporation de glycérol sont présentées dans le tableau 2. L'EM diffère de l'ED par la prise en compte de l'énergie éliminée par les urines et les gaz. En général, on considère que cette

Méthode de détermination de la teneur en EM du glycérol

$$\text{EM glycérol} = [(\text{EM}_{\text{régime}} - \text{EM}_{\text{régime0}}) / (\text{glycérol } \%) + \text{EM}_{\text{amidon}}$$

$\text{EM}_{\text{régime}}$: EM du régime avec glycérol

$\text{EM}_{\text{régime0}}$: EM du régime sans glycérol

$\text{EM}_{\text{amidon}}$: EM de l'amidon de maïs

Glycérol % : taux de glycérol

Bartelt et Schneider, (2002)

perte est de l'ordre 4 % de l'ED. Dans le cas du glycérol, l'élimination urinaire devient particulièrement importante à partir de 10 % d'incorporation dans l'aliment : respectivement 21 et 39 % du glycérol ingéré avec 10 et 15 % de glycérol dans l'aliment. En conséquence, la teneur en EM du glycérol est fortement dépendante de son taux d'incorporation : respectivement 4178, 3438 et 2525 kcal pour 5, 10 et 15 % d'incorporation. Ces résultats conduisent les auteurs de cette étude à recommander une utilisation limitée du glycérol, à 5 % de la ration du porc.

Lammers et al. (2008) déterminent la teneur en ED et EM d'un glycérol brut à différents taux d'incorporation et pour deux stades physiologiques ; porcelets d'une dizaine de kg de poids vif et porcs d'une centaine de kg de poids vif. Les teneurs en glycérol, matière sèche et EB du produit utilisé pour cette détermination sont, respectivement, de 87 %, 91 % et 3625 kcal/kg. Les autres caractéristiques sont très proches des éléments de compo-

sition de mai 2006 indiquées dans le tableau 1. Le glycérol brut est issu de la production de biodiesel à partir d'huile de soja. Trois expérimentations sont menées sur les porcelets, deux sur les porcs charcutiers. Dans le premier cas, les porcelets sont des mâles castrés alors qu'il s'agit de femelles pour la détermination à 100 kg de poids vif. Le glycérol brut est ajouté à hauteur de 5, 10 et 20 % du régime de base. Ces trois taux d'incorporation sont comparés au régime de base dans deux expérimentations. Pour les trois autres expérimentations, seul le taux de 10 % est pratiqué. Les valeurs mesurées sont présentées dans les tableaux 3 et 4, à partir desquelles ont été calculées par différence, les teneurs en EM du glycérol pour chaque taux d'incorporation envisagé.

Confirmant les résultats de Bartelt et Schneider (2002), cet essai met en évidence la diminution de l'EM du glycérol avec l'augmentation de son taux d'incorporation. Ainsi, les teneurs en EM du glycérol distribué à des porcs charcutiers (tableau 3) aux taux respectifs de 5, 10 et 20 % de la ration, sont les suivantes : 3948, 3276 et 3151 kcal EM. Entre 5 et 10 % d'incorporation, la diminution de l'EM du glycérol observée (672 kcal) est similaire à celle obtenue par Bartelt et Schneider (2002) (740 kcal). Cet écart est encore plus faible si l'on tient compte de la concentration en glycérol des produits utilisés : 772 kcal avec 87 % de glycérol (données de Lammers et al., 2008). Pour les porcelets (Tableau 4), l'évolution apparaît différente puisque l'EM du glycérol tend à rester stable lorsque le pourcentage de glycérol

Tableau 2 : Consommation, élimination urinaire et EM du glycérol pour 3 taux d'incorporation (selon Bartelt et Schneider, 2002)

Taux (%)	Consommation (g/j)	EM (kcal/kg)	Élimination urinaire (g/j)
5	65,1	4178	1,7
10	129,5	3438	27,1
15	192,6	2525	74,5

Les résultats de cette étude conduisent les auteurs à recommander une utilisation limitée du glycérol, à 5 % de la ration du porc.

Tableau 3 : Estimation de la teneur en EM du glycérol pour le porc charcutier

	Taux de glycérol (%)	EM mesurée (kcal/j)	CMJ du régime de base (g/j)	CMJ de glycérol (g/j)	EM glycérol ⁽¹⁾ (kcal/kg)
Exp. 2 PV=109,6 kg	0	7277	2292	0	-
	5	7731	2292	115	3948
	10	8002	2292	229	3166
	20	8720	2292	458	3151
Exp. 5 PV=99,9 kg	0	6510	2000	0	-
	10	7187	2000	200	3385

⁽¹⁾Teneurs calculées par l'auteur de cet article

selon données de Lammers et al., 2008

Le glycérol brut est issu de la production de biodiesel à partir d'huile de colza (Europe) ou de soja (Amérique du Nord).

Tableau 4 : Estimation de la teneur en EM du glycérol pour le porcelet

	Taux de glycérol (%)	EM mesurée (kcal/j)	CMJ du régime de base (g/j)	CMJ de glycérol (g/j)	EM glycérol ⁽¹⁾ (kcal/kg)
Exp. 1 PV=11,0 kg	0	1190	376	0	-
	5	1255	376	19	3421
	10	1321	376	38	3447
	20	1384	376	75	2587
Exp. 3 PV=8,4 kg	0	1011	316	0	-
	10	1080	300	30	4000
Exp. 4 PV=11,4 kg	0	1299	400	0	-
	10	1441	400	40	3550

⁽¹⁾Teneurs recalculées par l'auteur de cet article

selon données de Lammers et al., 2008



Chez le porc, 91 % du glycérol ingéré est absorbé avant la partie proximale du jéjunum.

ingéré augmente de 5 à 10 % (3421 et 3447 kcal EM respectivement), puis diminue fortement entre 10 et 20 % d'incorporation (2587 kcal EM au taux de 20 %). D'autre part, les trois mesures effectuées au taux de 10 % convergent pour les expérimentations 1 et 4 (3447 et 3550 kcal respectivement), alors que la valeur obtenue dans l'expérimentation 3 est nettement plus élevée (4000 kcal).

La diminution de l'EM du glycérol avec l'accroissement de son taux d'incorporation, observée dans ces deux études, s'explique vraisemblablement par l'évolution des pertes urinaires de glycérol mises en évidence par Bartelt et Schneider (2002). Lin (1977) indique sur ce point, que celles-ci sont dépendantes des capacités de réabsorption rénales. Sur la base d'études effectuées sur le chat, le rat et le lapin, cet auteur estime à 1 mmol/l, la teneur plasmatique en glycérol, que les reins des mammifères soient capables de réabsorber complètement. L'absorption intestinale du glycérol est rapide ; chez le porc, 91 % du glycérol ingéré est absorbé avant la partie proximale du jéjunum (Bartelt et Schneider, 2002). D'autre part, les capacités d'utilisation du glycérol par les hépatocytes sont limitées ; selon Tao et al. (1983), il existe un mécanisme d'inhibition de l'absorption cellulaire de glycérol dépendant de la concentration intra cellulaire en α glycérophosphate. Ces éléments peuvent donc conduire, à partir d'un certain niveau d'ingestion de glycérol, à une teneur plasmatique en glycérol supérieure aux capacités de réabsorption rénales, entraînant une perte urinaire de glycérol et une diminution de l'EM observée. Bartelt et Schneider (2002) précisent que les mesures effectuées par Kijora et al. (1995) indiquent que le taux de 1 mmol/l proposé par Lin (1977), est franchi

Il peut être retenu une teneur en EM du glycérol pur (99,9%) de 4215 kcal/kg pour un taux de 5 % de la ration.

Il apparaît utile de préciser le profil d'évolution des pertes urinaires de glycérol chez le porc en phase de croissance à partir de régimes contenant des quantités croissantes de glycérol.

lorsque le taux d'incorporation de glycérol dans l'aliment passe de 5 à 10 % dans la ration des porcs : respectivement 0,17 et 3,29 mmol/l pour des porcs de 50 à 65 kg de poids vif.

A partir des résultats de ces essais, il peut être retenu une teneur en EM du glycérol pur (99,9 %) de 4215 kcal/kg (correspondant à la valeur moyenne des 3 estimations présentées ci-dessus) **pour un taux vraisemblable d'incorporation dans l'aliment fixé à 5 %**. En effet, les contraintes technologiques liées à l'incorporation de ce produit dans l'aliment (prise en masse de la farine notamment) et les disponibilités du glycérol pour le marché de l'alimentation animale suggèrent que le taux réalisé en pratique par les fabricants d'aliments, ne devrait guère dépasser cette limite. Pour compléter ces travaux, il apparaît cependant utile de préciser le profil d'évolution des pertes urinaires de glycérol chez le porc en phase de croissance à partir de régimes contenant des quantités croissantes de glycérol. L'établissement de ce profil permettrait de mieux préciser le seuil de consommation journalière à partir duquel, les possibilités d'utilisation du glycérol par l'animal sont dépassées. D'autre part, il manque à ces données, **la détermination de la teneur en énergie nette du glycérol, qui constitue le système de référence sur le plan énergétique.**

Incidence du glycérol sur les performances zootechniques et les caractéristiques de carcasse

L'incidence zootechnique de l'incorporation de glycérol dans l'aliment des porcs a été étudiée dans plusieurs essais. Il est nécessaire de préciser que dans la majorité de ces essais, il n'y a pas d'étape

préalable permettant une estimation de la teneur en ED ou en EM du produit utilisé.

Mourot et al. (1993) comparent l'effet de l'incorporation de 5 % de glycérol en substitution de la même quantité d'amidon de maïs sur des porcs mâles castrés rationnés de race Large-White. Ils n'observent pas de différence significative des performances zootechniques, mais remarquent une détérioration de **l'indice de consommation et de la vitesse de croissance des porcs recevant le régime avec glycérol**. Parallèlement, ces auteurs signalent, bien que ces différences ne soient pas significatives, que **le poids de la longe diminue très légèrement** (1,6 % en moyenne) avec le régime glycérol, alors que **le poids de la bardière et l'épaisseur de lard dorsal augmentent** respectivement, de 2,5 et 5,3 %. Ils concluent cependant que le glycérol, au taux de 5 % dans la ration des porcs en engraissement, modifie peu leurs performances et la composition tissulaire de leurs carcasses.

Cette comparaison est renouvelée sur des porcs de type génétique plus représentatif des élevages de production, issus du croisement entre une truie Large-White \times Landrace et un verrat synthétique (Cerneau et al., 1994). Le test commence à partir de 80 kg de poids vif, les aliments sont distribués de façon libérale. Le glycérol est introduit au taux de 5 % en substitution de la même quantité d'amidon de maïs. **Une diminution significative de la vitesse de croissance des animaux du régime glycérol, est observée au cours de la période de distribution des aliments expérimentaux, qui s'accompagne d'une tendance à la réduction de la prise alimentaire et à l'augmentation du pourcentage de muscle.**

Cet effet limitant sur la vitesse de croissance au taux de 5 %, n'est pas observée par Kijora et al. (1995) qui conduisent deux expérimentations destinées à comparer des taux d'incorporation croissants de glycérol dans la ration de porcs charcutiers nourris à volonté ; 5 et 10 % dans le 1er essai, 5, 10, 20 et 30 % dans le second. Le glycérol est introduit en remplacement de l'orge ; une compensation en protéines est dans ce cas apportée en augmentant les taux d'incorporation de tourteau de soja et de lysine de synthèse. Le premier essai est réalisé avec un produit contenant 86 % de glycérol. Il est dans ce cas observé, **une augmentation significative de la vitesse de croissance liée à l'incorporation de 10 % de glycérol**. Avec 5 % de glycérol dans la ration, la vitesse de croissance n'apparaît pas significativement différente de celles des aliments témoin et contenant 10 % de glycérol. Dans le deuxième essai à base de glycérol pur, l'effet significatif sur la vitesse de croissance lié à l'incorporation de 10 % de glycérol n'est pas statistiquement significatif, malgré un écart numérique observé de 12 % entre aliments témoin et 10 %, en faveur de l'aliment avec glycérol. En revanche, **les performances apparaissent pénalisées au delà de 10 % de glycérol dans la ration** ; ainsi la vitesse de croissance diminue significativement de 10 à 20 %, puis de 20 à 30 % de glycérol dans la ration, alors que l'indice de consommation est significativement dégradé au taux de 30 %. Le taux de muscle des carcasses n'est pas significativement modifié par la teneur en glycérol des aliments dans les deux essais. Les auteurs de cette étude attribuent **l'effet positif du glycérol à l'amélioration de l'appétence et de la consistance de l'aliment**. Ils recommandent cependant de ne pas dépasser

10 % d'incorporation compte tenu des effets négatifs observés au delà de ce taux.

Dans un autre essai mené de façon similaire, mais à partir de glycérol pur et de deux produits à base de glycérol provenant de la production de biodiesel introduits aux taux de 5 et 10 % de la ration, Kijora et al. (1996) observent, quel que soit le produit employé, **une corrélation positive entre consommation de glycérol et vitesse de croissance au cours de la période croissance des animaux**. Cependant, aucune différence significative n'est observée sur ce point entre les six traitements alimentaires comparés. Au taux de 10 % d'incorporation, le produit à base de glycérol le moins riche en matière sèche (78 %) et le plus riche en matières minérales (24 % P et 28 % Na), a semblé entraîner une augmentation de l'indice de consommation en période de finition par rapport aux autres produits incorporés au même taux, sans que les différences ne soient significatives. Dans un essai publié l'année suivante, Kijora et al. (1997) obtiennent en engraissement, un effet significatif de l'incorporation de 10 % d'un produit contenant 87 % de glycérol, sur la consommation d'aliment par kg de poids vif métabolique (PV^{0,75}). Des écarts numériques subsistent en faveur de l'aliment avec glycérol, pour la consommation et la vitesse de croissance, particulièrement en période de croissance, mais sans qu'ils puissent être déclarés comme significatifs.

Cet effet positif du glycérol au taux de 10 %, sur l'appétence de l'aliment n'est cependant pas constaté dans deux essais récents. Groesbeck et al. (2008) constatent une amélioration de la vitesse de croissance entre 11 et 25 kg de poids vif, avec des taux d'incor-

poration de glycérol de 3 et 6 %. Dans cet essai, les régimes sont constitués de maïs et de tourteau de soja, l'EM du glycérol est considérée égale à celle du maïs (3420 kcal/kg), soit la valeur déterminée par Lammers et al. (2008) au taux de 5 % sur des porcelets. Cette amélioration de croissance observée ne s'accompagne pas d'une augmentation significative de l'ingéré journalier, et ne se traduit également pas par une amélioration significative de l'indice de consommation. Lammers et al. (2007) sur des porcs de 8 kg à l'abattage à partir d'un produit contenant 85 % de glycérol, 12 % d'humidité, 2,9 % de chlorure de sodium et 0,3 % de méthanol, introduit à hauteur de 0, 5 et 10 % de l'ensemble des aliments distribués au cours de cette période d'élevage, concluent à l'absence de différences de performances zootechniques des porcs et de composition tissulaire des carcasses à l'abattage. Les aliments sont équilibrés en EM, lysine et acides aminés, sur la base d'une EM du glycérol de 3207 kcal/kg.

Au final, le bilan des effets du glycérol sur les performances zootechniques et les caractéristiques de carcasse des porcs apparaît en partie contradictoire. Le potentiel génétique, les conditions d'alimentation (plan d'alimentation, type de présentation, consistance du granulé), le taux d'introduction du glycérol et les modalités de substitution adoptées interfèrent sans doute avec les résultats obtenus, ceci d'autant plus que la teneur en EM n'est pas estimée dans la plupart des études, et que la teneur en EN du glycérol est inconnue.

Conclusion

Le développement de la production de biodiesel peut entraîner un accroissement des quantités



Les essais d'incorporation du glycérol dans la ration des porcs conduisent à des résultats contradictoires.

de glycérol disponibles pour l'alimentation animale. Cette matière première, si elle s'avère intéressante d'un point de vue économique, peut être introduite dans la ration du porc. Toutefois, son taux d'incorporation doit être limité à 5 %, car les capacités métaboliques d'utilisation

du glycérol par le porc sont vraisemblablement réduites à partir de ce taux. A ceci s'ajoutent des arguments technologiques, liés à la prise en masse des farines en présence de ce produit. Des prévisions restent à apporter concernant notamment le seuil de consommation de glycérol jour-

nalier au delà duquel, les pertes urinaires de glycérol augmentent de manière exagérée. D'autre part, l'évaluation de la teneur en EN du glycérol reste également à réaliser, afin de limiter le risque de diminution des performances des porcs dû à l'introduction de ce nouveau produit. ■

Contact :

didier.gaudre@ifip.asso.fr

Références bibliographiques

- Afssa, 2007. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur l'innocuité de la glycérine utilisée en tant que matière première en alimentation animale pour toutes espèces. Saisine n° 2007-SA-0013.
- Bartelt J., Schneider D., 2002. Untersuchungen zum energetischen Futterwert von Glycerol in der Fütterung von Geflügel und Schweinen. UFOP-Schriften. Heft 17, Glycerin in der Tierernährung, 15-36.
- 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. Journées de la Recherche Porcine en France, 26, 193-198.
- 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. *Journal of Animal Science*. 86 :2228-2236.
- Kerr B.J., Honeyman M., Lammers P., Hoyer S., 2007. Feeding bioenergy coproducts to swine. Crude glycerol. Iowa State University. IPIC 11b December.
- Kijora C., Bergner H., Kupsch R-D., Hagemann L., 1995. Glycerin als futterkomponente in der schweinemast. *Arch. Anim. Nutr.*, Vol.47, pp. 345-360.
- Kijora C., Kupsch R-D., 1996. Evaluation of technical glycerols from « Biodiesel » production as a feed component in fattening of pigs. *Fett/Lipid* 98, Nr. 7/8, S. 240-245.
- Kijora C., Kupsch R-D., Bergner H., wenk C., Prabucki A.L., 1997. Vergleichende Untersuchung zum Einsatz von Glycerin, freien Fettsäuren, freien Fettsäuren und Glycerin sowie pflanzlichem Öl in der Schweinemast. *J. Anim. Physiol. A. anim. Nutr.* 77, 127-138.
- Lammers P.J., Honeyman M.S., Kerr B.J., Weber T.E., Bregendahl K., 2007. Growth performance and carcass characteristics of growing pigs fed crude glycerol. *Journal of Animal Science*, Vol. 85, Suppl. 1, p. 508.
- Lammers P.J., Kerr B.J., Weber T.E., Dozier W.A., Kidd M.T., Bregendahl K., Honeyman M.S., 2008. Digestible and metabolizable energy of crude glycerol for growing pigs. *Journal of Animal Science* 86 :602-608.
- Lin E.C.C., 1977. Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Ann. Rev. Biochem.* 46 :765-795.
- Mourot J., Aumaitre A., Mounier A., Peiniau P., François A., Peyronnet C., Jamet J.P., 1983. Journées de la Recherche Porcine en France, 25, 29-36.
- Nutrient Requirements of swine. 1998. Tenth Revised Edition. National Research Council.
- Tao R.C., Kelley R.E., Yoshimura N.N., Benjamin F., 1983. Glycerol : Its Metabolism and Use as an Intravenous Energy Source. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. Vol. 7, No. 5, 479-488.
- Thomson J.C., He B., 2006. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks. *Applied Eng. Agri.* 22(2) : 261-265.