

Conférence

NICOLAS LAFOND

AGR. M.S.C.
ALIMENTS BRETON INC.



**L'UTILISATION JUDICIEUSE
DES INGRÉDIENTS ALTERNATIFS
EN ALIMENTATION PORCINE :
UNE BONNE FAÇON DE RÉDUIRE
SES COÛTS D'ALIMENTATION**



L'utilisation judicieuse des ingrédients alternatifs en alimentation porcine : une bonne façon de réduire ses coûts d'alimentation

AGR. M.S.C.

ALIMENTS BRETON INC.

INTRODUCTION

Les coûts d'alimentation représentent une très forte proportion du coût de production des élevages porcins et, ces dernières années, l'augmentation fulgurante du prix des matières premières a encore davantage amplifié cette situation. L'objectif de réduire ses coûts d'alimentation doit donc demeurer l'objectif de tous les producteurs de porcs.

Une des façons de réduire ses coûts d'alimentation passe par le choix des sources de nutriments le plus économiques possible. Le porc a des besoins spécifiques en acides aminés, énergie, vitamines et minéraux. Par contre, le choix des ingrédients permettant d'apporter ces nutriments n'a, jusqu'à un certain point, que peu d'importance. L'utilisation traditionnelle d'aliments à base de maïs et de tourteau de soya peut donc être substituée sans problème par d'autres types d'ingrédients qu'on peut qualifier d'alternatifs. Ces ingrédients alternatifs qu'on appelle également sous-produits ont parfois une connotation négative en étant considérés comme des ingrédients de second ordre par rapport au maïs et au soya. Par contre, utilisés de façon judicieuse, ces ingrédients alternatifs peuvent servir de source de nutriments très économiques.

Plusieurs facteurs doivent être considérés lors de l'utilisation de ces ingrédients alternatifs :

- 1) La composition nutritive et la digestibilité des nutriments
- 2) La palatabilité
- 3) L'absence d'éléments pouvant affecter la santé des animaux (ex. : mycotoxines, facteurs antinutritionnels)
- 4) La facilité de manipulation et d'entreposage
- 5) La disponibilité et la régularité de l'approvisionnement
- 6) La constance de la valeur nutritive
- 7) Les effets sur la qualité de la viande
- 8) Et, bien entendu, le prix!

DRÈCHES DE DISTILLERIE DE MAÏS AVEC SOLUBLES

La drèche de distillerie de maïs avec solubles est le résidu de la fermentation de l'amidon du maïs en éthanol. Depuis quelques années, la demande en éthanol a fait en sorte que plusieurs nouvelles usines ont vu le jour et augmenté la disponibilité de ce sous-produit. Ces nouvelles usines ont intégré de nouvelles méthodes de fabrication qui ont résulté en ce qu'on qualifie de « nouvelle génération de drèches de maïs avec solubles » et c'est ce

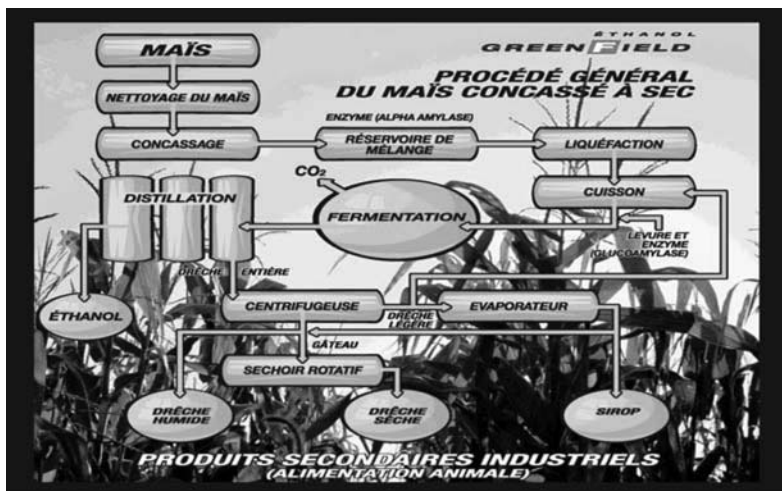




dont il sera question dans cette section. Un nombre impressionnant d'études a été réalisé ces dernières années sur ce sous-produit, ce qui permet de bien le caractériser.

Le procédé de fabrication d'éthanol et des drèches de maïs est décrit à la Figure 1. De façon simplifiée, le maïs broyé est traité à l'aide d'enzymes permettant de dégrader l'amidon en sucres qui sont ensuite fermentés par des levures spécifiques, en éthanol. L'étape suivante consiste à séparer l'éthanol de la drèche lors du processus de distillation. Par la suite, la drèche entière est centrifugée et la partie plus légère est évaporée afin de produire ce que l'on appelle le sirop ou les solubles. L'autre partie est quant à elle séchée pour produire les drèches sèches (90 % MS). À la toute fin, le sirop est incorporé à la drèche, ce qui permet de produire la drèche de distillerie avec solubles. De façon générale, une tonne de maïs va permettre de produire 1/3 de CO², 1/3 d'éthanol et 1/3 de drèche de maïs avec solubles.

FIGURE 1.
PROCÉDÉ DE FABRICATION GÉNÉRAL DES DRÊCHES DE DISTILLERIE AVEC SOLUBLES (GREENFIELD ETHANOL)



Le maïs étant constitué d'environ 64 % d'amidon sur base tel quel, lorsque la presque totalité de cet amidon est fermentée en éthanol, on se trouve donc à tripler de façon approximative les composantes nutritionnelles du maïs dans le produit restant que sont les drèches. On se retrouve donc avec un produit enrichi en protéine, en fibre, en gras et en minéraux. On peut voir au Tableau 1 l'analyse typique de drèches de maïs que l'on retrouve au Québec.





TABEAU 1.
ANALYSE TYPIQUE DE DRÊCHES RETROUVÉES AU QUÉBEC (BASE 100 % MS)¹

Nutriments	Moyenne
Matière sèche, %	88,5
Protéine brute, %	30,3
Gras, %	14,6
Fibre brute, %	7,6
Cendre, %	6,4
Ca, %	0,03
P, %	0,91
Na, %	0,25
Lysine totale, %	0,88

¹ Greenfield Ethanol, Varennes

Un des gros défis liés à l'utilisation des drèches de maïs réside dans la connaissance exacte de leur contenu nutritif. En effet, l'un des problèmes que l'on rencontre avec l'utilisation des drèches de maïs est la grande variabilité pouvant exister en ce qui concerne leur contenu nutritionnel. Cette différence semble surtout marquée entre les drèches provenant d'usines de fabrication différentes tel que démontré dans le Tableau 2 (Shurson et Noll, 2005). La mise en place d'un bon système de contrôle de la qualité permettant une analyse régulière de la matière sèche, de la protéine brute, du gras (extrait à l'hydrolyse), de la fibre ADF et des cendres est donc fortement conseillée. Une analyse périodique des acides aminés est aussi recommandée, car il a été bien établi qu'il existait peu de corrélations entre le niveau de protéine brute des drèches de maïs et son contenu en acides aminés (Goodson et Fontaine, 2006).

TABEAU 2.
ANALYSE TYPIQUE DE DRÊCHES PROVENANT DE 32 USINES DIFFÉRENTES DES ÉTATS-UNIS
(ADAPTÉ DE SHURSON ET NOLL, 2005) (BASE 100 % MS)

Nutriments	Moyenne et CV	Plage de variation
Matière sèche, %	89,3	87,3 – 92,4
Protéine brute, %	30,9 (4,7)	28,7 – 32,9
Gras, %	10,7 (16,4)	8,8 – 12,4
Fibre brute, %	7,2 (7,2)	5,4 – 10,4
Cendre, %	6,0 (26,6)	3,0 – 9,8
Ca, %	0,08	0,02 – 0,12
P, %	0,75 (19,4)	0,42 – 0,99
Na, %	0,15	0,04 – 0,52
Lysine totale, %	0,89 (11,4)	0,61 – 1,06
Méthionine totale, %	0,65 (8,4)	0,54 – 0,76
Cystine totale, %	0,68	0,61 – 0,76
Thréonine totale, %	1,15	1,01 – 1,28
Tryptophane total, %	0,25 (13,7)	0,18 – 0,28





La source de ces variations serait multiple. Évidemment, une des causes possibles est la variation nutritionnelle observée dans le maïs. Par contre, certains auteurs avancent que cette variation serait plutôt liée au processus de fabrication d'éthanol en tant que tel. Des changements dans le taux auquel la partie soluble des drèches (partie légère) est appliquée à la partie « grains » induiraient cette variation (Belyea et al., 2004) puisque la composition chimique de la partie soluble diffère passablement de la partie « grains ». On remarque ainsi que la partie soluble est celle qui apporte une partie importante de la matière grasse et des minéraux dont le phosphore.

Cette variation importante caractérise également la digestibilité des nutriments. Par exemple, il a été démontré que la digestibilité iléale standardisée (SID) de la lysine et du tryptophane pouvait varier de 44 à 78 % et de 46 à 80 % respectivement à l'intérieur de quatre échantillons différents de drèches de maïs (Stein, H.H. et al., 2005). La faible digestibilité de la lysine serait causée par la formation de réactions de Maillard (liaison entre un sucre et un acide aminé sous l'effet de températures élevées) survenant lors du processus de fabrication de l'éthanol. Stein (2007) suggère de calculer le ratio lysine totale / protéine brute afin d'évaluer la qualité de la protéine des drèches et de n'utiliser que celles dont le ratio est supérieur à 2,80. Des différences importantes entre les usines quant aux températures de séchage utilisées (120 à 620°C) expliqueraient les écarts de digestibilité observés. D'autres affirment que la digestibilité des acides aminés contenus dans les solubles serait plus faible que celle retrouvée dans la partie « grain » et qu'une plus forte proportion de solubles réduirait ainsi la digestibilité des acides aminés (Pahm et al., 2008). Il a également été établi qu'il existait une corrélation relativement importante entre la couleur des drèches et le niveau de digestibilité mesuré (Noll et Parsons, 2003, Fastinger, et Mahan, 2006). Les drèches de couleur dorée présenteraient une digestibilité de la lysine supérieure à celles de couleur plus foncée. L'odeur est également un critère de qualité à considérer puisque les drèches ayant une odeur de brûlé sont à éviter.

Les drèches de maïs peuvent être considérées entre autres comme une source de protéine bien que son profil en acides aminés ne soit pas très bien équilibré en regard des besoins du porc. Le Tableau 3 présente une comparaison de la qualité de la protéine des drèches de maïs et du tourteau de soya en évaluant le pourcentage de chaque acide aminé relatif au taux de protéine total. On peut donc constater le faible niveau de lysine des drèches de maïs en relation avec son taux de protéine relativement élevé avec comme conséquence une augmentation des niveaux de protéine brute des aliments et des rejets azotés dans le lisier lorsqu'une forte proportion de drèches est utilisé. D'un autre côté, les drèches de maïs sont assez bien pourvues en acides aminés soufrés (méthionine et cystine).

TABEAU 3.
POURCENTAGE DES ACIDES AMINÉS RELATIF À LA PROTÉINE DU TOURTEAU DE SOYA ET DES DRÈCHES DE DISTILLERIE DE MAÏS AVEC SOLUBLES (LABORATOIRE ALIMENTS BRETON, 2008)

	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL
Tourteau de soya	1,36	1,52	2,87	6,16	3,89	1,36	7,35	4,51	7,58	4,78
DDGS	1,87	1,83	3,70	3,01	3,82	0,82	4,47	3,71	11,22	4,93

Les drèches de maïs se distinguent également par la bonne digestibilité de son phosphore. Alors que la digestibilité du phosphore du maïs est plutôt faible (environ 20 à 25 %), celle des drèches est plutôt élevée mais très variable selon les références (55 à 90 %) (Whitney et al., 2001; Widyaratne et Zijlstra, 2007; Pedersen et al., 2007; Widmer et al., 2007). La raison de cette meilleure digestibilité est expliquée par le fait que les liaisons chimiques qui liaient le phosphore à la molécule de phytate dans le maïs ont pu être hydrolysées lors du processus de fermentation. Cette meilleure digestibilité du phosphore fait en sorte que le recours au phosphate bicalcique





peut être réduit dans les aliments. À un taux d'inclusion de 125 kg/t, les drèches de maïs peuvent représenter environ 30 % de l'apport en phosphore digestible. Ceci représente d'ailleurs un élément important de sa rentabilité.

En ce qui concerne la valeur énergétique des drèches de maïs avec solubles, il semble que sur une base d'énergie digestible, sa valeur serait très proche de celle du maïs (3 639 à 4 292 kcal/kg MS; moyenne de 3 980 kcal/kg MS) (Hastad et al., 2003; Stein et al., 2005; Pedersen et al., 2007; Widdyaratne et al., 2007). Il existe tout de même une certaine disparité selon les références qui peut en partie être expliquée par la composition chimique des drèches utilisées lors de l'évaluation. Sur une base d'énergie métabolisable, la valeur des drèches serait légèrement plus faible que celle du maïs, soit environ 97 % de cette valeur (3 378 à 3 897 kcal/kg MS; moyenne de 3 645 kcal/kg MS) (Hastad et al., 2003; Boyd et al., 2004; Stein et al., 2005; Pedersen et al., 2007). Le tout se complique lorsqu'on parle de la valeur d'énergie nette des drèches de maïs, l'énergie nette étant un système d'expression de l'énergie plus précis que les deux autres mentionnés précédemment. Si on se base sur les équations développées par Noblet (2003), la valeur d'énergie nette des drèches se trouve alors à être d'environ 75 % de celle du maïs. Par contre, en se basant sur les résultats de croissance relevés dans la littérature, on peut suspecter que cette valeur serait quelque peu sous-estimée.

Les taux d'incorporation maximums des drèches de maïs peuvent être relativement importants dans les aliments porcins (Tableau 4). Ces recommandations considèrent l'utilisation de drèches de bonne qualité exemptes de mycotoxines (vomitoxine et zéaralénone). En effet, puisque les mycotoxines du maïs sont multipliées par environ deux à trois fois dans le sous-produit que sont les drèches, ceci peut représenter un facteur limitant son incorporation, surtout pour les animaux de reproduction. La palatabilité des drèches de maïs semble également limiter son incorporation en forte quantité et de fortes variations dans les taux d'incorporation utilisés est à éviter. Hastad et al. (2004, 2005) ont observé une réduction significative de la prise alimentaire chez des porcs recevant un aliment contenant de 10 à 30 % de drèches de maïs. Les résultats restent malgré tout assez variables quant aux effets des drèches de maïs sur les performances de croissance des porcs. Une explication possible de ces variations pourrait être attribuée à la source de drèches utilisée et à la valorisation nutritive qui en était faite. Certains ont donc observé qu'avec une augmentation des niveaux de drèches utilisés (plus de 10-15 %), il y avait une réduction de la prise alimentaire et du gain journalier (Linneen, S.K. et al., 2008; Benz et al., 2007; Whitney et al., 2006; Fu et al., 2004; Boyd et al., 2004) avec peu ou pas d'effet sur l'efficacité alimentaire. D'un autre côté, Cook et al., (2005) ont démontré que les drèches de maïs pouvaient être utilisées à 10, 20 ou 30 % d'inclusion sans aucun effet sur le gain journalier mais que l'efficacité alimentaire était détériorée à plus de 10 % de drèches. D'autres n'ont observé aucune différence de performance avec l'utilisation de drèches à des niveaux allant jusqu'à 30 % d'inclusion (Widmer et al., 2008; DeDecker et al., 2005). Enfin, certains ont même observé une amélioration du gain journalier et de l'efficacité alimentaire sans effet sur la prise alimentaire avec l'utilisation de niveaux de drèches variant de 5 à 25 % (Campbell, 2006).

TABLEAU 4.
TAUX MAXIMUMS D'UTILISATION DES DRÈCHES DE MAÏS AVEC SOLUBLES CHEZ LE PORC

Phase de production	Utilisation maximum (%)
Porcelet 2 ^e âge	5*
Porc à l'engrais	20**
Truie en gestation	50**
Truie en lactation	20**

* KSU, 2007

** Shurson, J. et Spiehs, 2002





Les drèches de maïs auraient également un effet positif sur la santé intestinale et pourraient même permettre de réduire l'incidence et la sévérité des lésions causées par l'iléite (*Lawsonia intracellularis*) en raison de son contenu élevé en fibre insoluble (Withney et al., 2006). Par contre, ces effets demeurent inconsistants et n'ont pu être démontrés dans d'autres études.

Un des critères pouvant limiter l'inclusion des drèches de maïs dans les aliments d'engraissement est leur effet possible sur la qualité de la carcasse. Certaines études ont en effet démontré que des niveaux croissants de drèches de 0 à 30 % n'affectaient pas la qualité du muscle ou le taux de maigre mais réduisaient le rendement de carcasse (Withney et al., 2001; Cook et al., 2005; Benz et al., 2007; Linneen et al., 2008). De fortes quantités de drèches (>20 %) vont également affecter de façon négative la qualité du gras de la carcasse. En effet, la forte proportion d'huile insaturée présente dans les drèches peut faire en sorte de rendre le gras de la carcasse plus mou et plus huileux réduisant ainsi la fermeté des flancs (Shurson et Spieh, 2002).

Bien que ce soit moins documenté, il peut être ajouté que les drèches de maïs peuvent également être utilisées sans problème dans les aliments pour les truies et porcelets lorsque le niveau de mycotoxine le permet. Chez le porcelet, Withney et Shurson (2003) ont démontré qu'il était possible d'utiliser jusqu'à 25 % de drèches de maïs sans effet sur le gain quotidien ou l'efficacité alimentaire. D'un autre côté, Linneen et al. (2006) ont quant à eux remarqué que l'utilisation de 10 % de drèches de maïs chez le porcelet avait tendance à faire réduire le gain quotidien. Chez la truie, on a observé que l'utilisation de 50 % de drèches en gestation et de 15-20 % en lactation n'affectait en rien les performances reproductives des truies après deux cycles mais pouvait réduire le niveau d'ingestion en lactation (Hill et al., 2005; Wilson et al., 2003).

Sur le plan économique, les drèches de maïs peuvent représenter un ingrédient intéressant permettant d'abaisser les coûts d'alimentation. Au Tableau 5, on peut voir le prix cible des drèches de maïs permettant d'apporter une économie d'environ 4 \$/t, soit environ 1 \$/porc, dans un aliment pour porc en croissance en fonction du prix du maïs et du tourteau de soya. Dans cet exemple, on suppose une valeur énergétique des drèches proche de celle du maïs. Évidemment, le prix d'intérêt des drèches va varier en fonction de sa composition nutritive. En raison de son niveau élevé de phosphore disponible, le coût du phosphate bicalcique va également influencer le prix d'intérêt des drèches de maïs.

TABLEAU 5.
PRIX DES DRÈCHES DE DISTILLERIE DE MAÏS PERMETTANT D'ÉCONOMISER ENVIRON 4 \$/T D'ALIMENT POUR PORC EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU MAÏS ET DU TOURTEAU DE SOYA (BASE TEL QUEL)

\$ du maïs	\$ du tourteau de soya					
	350	375	400	425	450	475
150	200	205	210	215	220	225
175	220	225	230	235	240	245
200	235	245	250	255	260	265
225	250	260	270	275	280	285
250	265	275	285	295	300	305
275	280	295	305	315	320	325

- Autres prix : phosphate bicalcique = 1,10 \$/kg; L-Lysine = 1,95 \$/kg
 - Incorporation des drèches de maïs à raison de 125 kg/t



FARINE DE PAIN ET DE BISCUIT

On peut en fait regrouper dans cette catégorie deux sous-produits différents, soit la farine de pain ainsi que la farine de biscuit, les deux pouvant différer passablement pour ce qui est de la composition chimique. Il sera ici question de produits communément retrouvés sur le marché au Québec. La farine de pain est un sous-produit de la fabrication du pain et de la transformation des céréales pour l'alimentation humaine. Elle peut regrouper une combinaison de différents sous-produits de la boulangerie (pain et farine), des pâtes alimentaires (spaghetti), des biscuiteries, des céréales et des croustilles. Les farines de biscuits, quant à elles, sont surtout composées de résidus de biscuiterie. Dans les deux cas, il peut s'agir de produits ne rencontrant pas les spécifications du fabricant ou encore des restants issus de la fabrication (ex. : sciure de pain).

La composition nutritive de la farine de pain et de celle de biscuit va évidemment varier selon la provenance et les sous-produits la composant. Le Tableau 6 présente une analyse typique de ces deux sous-produits. On constate ainsi que la farine de pain se distingue par son contenu plus élevé en protéine alors que la farine de biscuit est, quant à elle, plus riche en matières grasses. Ce niveau élevé de matière grasse peut limiter la durée d'entreposage de ce sous-produit en raison des risques d'oxydation. Dans les deux cas, un niveau de sodium élevé caractérise ces ingrédients nécessitant ainsi un ajustement du niveau de sel ajouté aux aliments. Le phosphore présent dans ces sous-produits serait relativement disponible avec un taux d'environ 72 % (Feedstuffs, 2008). Au niveau de la digestibilité des acides aminés, peu de données existent à ce sujet. Par contre, il est possible de croire que la digestibilité de la lysine ait pu être en partie détériorée dans ce type de produits en raison de la formation de réactions de Maillard produites lors du séchage.

Comme bien des sous-produits, la composition de ces ingrédients peut varier passablement dans le temps et selon le fournisseur. Malgré tout, certains réussissent tout de même à maintenir un niveau de constance relativement bon en conservant les mêmes proportions des différents sous-produits dans leur mélange (Tableau 7). Un bon programme de contrôle de la qualité mesurant au minimum le niveau de matière sèche, de protéine, de gras (hydrolyse), de cendre et de sodium est tout de même à privilégier.

TABLEAU 6.
COMPOSITION NUTRITIVE DE LA FARINE DE PAIN ET DE LA FARINE DE BISCUIT (BASE TEL QUEL)

Nutriments	Farine de pain ¹	Farine de biscuit ²
Matière sèche, %	88	90,72
Protéine brute, %	12,7	10,41
Gras (hydrolyse), %	7,5	12,17
Fibre ADF, %	2,7	4,42
Cendre, %	3,05	2,90
Ca, %	0,10	0,11
P, %	0,18	0,20
Na, %	0,78	0,77
lysine totale, %	0,35	0,24

¹ Farine de pain Energo, Farines SPB Ltée

² Farine de biscuit Faripro, Prorec





TABLEAU 7.
COEFFICIENT DE VARIATION D'UNE SOURCE DE FARINE DE PAIN (ENERGRO, FARINES SPB LTÉE)

	MS	Protéine	Ca	P	Mg	Na	MG
CV1	1,1	2,5	8,3	4,5	2,7	8,4	9,6

¹ Laboratoire Aliments Breton inc.

Les farines de pain et de biscuit peuvent être considérées comme des ingrédients plutôt énergétiques en raison de leur contenu élevé en amidon (53-55 % sur base tel quel) et en graisse (Tableau 8). On constate évidemment une valeur énergétique plus élevée dans le cas de la farine de biscuit en raison de son contenu supérieur en matière grasse. De façon générale, on peut considérer que la farine de pain a une valeur d'énergie nette semblable ou légèrement plus faible que celle du maïs alors que la farine de biscuit a une valeur un peu plus élevée que le maïs.

TABLEAU 8.
VALEUR ÉNERGÉTIQUE DE LA FARINE DE PAIN ET DE BISCUIT (BASE 100 % MS)

Valeur d'énergie ³	Farine de pain ¹	Farine de biscuit ²
Énergie digestible	3 975	4 180
Énergie métabolisable	3 840	4 030
Énergie nette	2 945	3 095

¹ Farine de pain Energro, Farines SPB Ltée

² Farine de biscuit Faripro, Prorec

³ Noblet et al., 2003

En raison de leur très bonne appétence, les farines de pain et de biscuit peuvent être utilisées à des taux relativement élevés dans les aliments d'engraissement, soit de 25 à 35 % en fonction de la régularité du produit. Ce sont également des ingrédients intéressants à utiliser dans les aliments destinés aux porcelets en raison de leur contenu important en amidon cuit et en sucres simples. Un élément pouvant limiter leur incorporation en forte quantité est leur faible capacité d'écoulement.

Les farines de pain et de biscuit peuvent donc se substituer en partie au maïs en fonction de leur prix d'achat. Le Tableau 9 présente les prix cibles de la farine de pain et de biscuit permettant une économie de 4 \$/t d'aliment pour porc en croissance en fonction du prix du maïs.



TABLEAU 9.

PRIX DE LA FARINE DE PAIN ET DE BISCUIT PERMETTANT D'ÉCONOMISER 4 \$/T DANS UN ALIMENT POUR PORC EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU MAÏS (BASE TEL QUEL)

Prix du maïs	Farine de pain ¹	Farine de biscuit ²
150	178	177
175	197	197
200	216	218
225	236	239
250	256	259

- Tourteau de soya = 450 \$/t; Gras = 625 \$/t
 - Aliment croissance à 2 500 Kcal d'EN
 - Incorporation à raison de 150 kg/t

TOURTEAU DE CANOLA

Le tourteau de canola est le sous-produit qui reste à la suite de l'extraction de l'huile de la graine de canola. La graine de canola renferme de 42 à 43 % d'huile qui est en bonne partie extraite pour produire l'huile de canola pour la consommation humaine. Lors de ce processus, la graine entière est chauffée à environ 80-105°C pendant environ 20 minutes pour ensuite être passée à l'intérieur de presses qui permettront d'en extraire l'huile (Hickling, 2001). Des solvants sont également utilisés afin de pouvoir extraire le maximum d'huile possible. Ces solvants sont ensuite éliminés en chauffant le tourteau à des températures de 103 à 107°C.

Le tourteau de canola est donc un ingrédient enrichi en protéine et en fibre par rapport à la graine dont la composition chimique est décrite au Tableau 10. Il s'agit d'un produit relativement uniforme qui ne variera que si la composition de la graine change (variations saisonnières). Il peut tout de même exister certaines différences entre les usines de trituration quant aux températures de chauffage utilisées (Bell et Keith, 1991). Par exemple, en Chine, les températures utilisées sont beaucoup plus importantes (jusqu'à 120°C), ce qui peut affecter négativement la digestibilité de la protéine. Par contre, les usines de trituration que l'on retrouve au Canada ont des procédés de fabrication assez uniformes. Le niveau de matière grasse retrouvé dans le tourteau de canola est relativement élevé puisque les « gommages » (riche en phospholipides et en glycolipides) sont habituellement retournés dans le produit fini. Le tourteau de canola se caractérise également par un niveau plutôt élevé en minéraux (calcium et phosphore) bien que la digestibilité de son phosphore largement sous forme d'acide phytique soit plutôt faible.





TABLEAU 10.

COMPOSITION NUTRITIVE DU TOURTEAU DE CANOLA (BASE TEL QUEL) (HICKLING, 2001)

Nutriments	Moyenne
Matière sèche, %	90
Protéine brute, %	35
Gras, %	3,5
Fibre brute, %	12,0
Cendre, %	6,1
Ca, %	0,63
P, %	1,08
P disponible, %	0,3-0,5
Na, %	0,10
Lysine totale, %	2,02
Méthionine totale, %	0,77

Le tourteau de canola est donc considéré comme une source importante de protéine qui peut se substituer en partie au tourteau de soya. Il a d'ailleurs un excellent profil d'acides aminés lorsqu'on le compare à ce dernier (Tableau 11). Son taux relatif de lysine par rapport à la protéine est plus faible que celui du soya mais le canola est par contre très bien pourvu en acides aminés soufrés (méthionine et cystine). La digestibilité de ses acides aminés est cependant plus faible que celle du tourteau de soya en raison possiblement de son niveau élevé de fibre (de Lange et al., 1990) ou encore des températures de chauffage utilisées lors de la trituration (Siljander-Rasi et al., 1996).

TABLEAU 11.

POURCENTAGE DES ACIDES AMINÉS RELATIF À LA PROTÉINE DU TOURTEAU DE SOYA ET DU TOURTEAU DE CANOLA (LABORATOIRE ALIMENTS BRETON, 2008)

	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL
Tourteau de soya	1,36	1,52	2,87	6,16	3,89	1,36	7,35	4,51	7,58	4,78
Tourteau de canola	1,99	2,42	4,41	5,32	4,27	1,32	5,89	3,83	6,83	5,12

Contrairement au tourteau de soya, les écales de la graine de canola demeurent dans le tourteau lors du procédé de trituration, ce qui donne un niveau de fibre relativement élevé dans le produit qui limiteront sa valeur énergétique. Sur une base d'énergie nette, le tourteau de canola obtient donc une valeur d'environ 1 540 kcal/kg (base 88 % de MS), soit 76 % de la valeur du tourteau de soya (Noblet et al., 2003).

La graine de canola a été sélectionnée pour sa faible teneur en glucosinolates (< 30 $\mu\text{mol/g}$) à partir de la graine de colza qui elle en contient des niveaux élevés (120-150 $\mu\text{mol/g}$). Les glucosinolates sont des composés glucidiques soufrés dont les sous-produits de l'hydrolyse peuvent avoir des effets physiologiques indésirables chez les animaux. Ils peuvent entre autre inhiber la production d'hormone thyroïdienne et avoir des effets au niveau du foie. La recherche a démontré que le porc pouvait tolérer des niveaux de glucosinolates allant jusqu'à 2,5 $\mu\text{mol/g}$ (Bell, 1993; Schone et al., 1997). À des niveaux plus élevés, il pouvait y avoir des effets négatifs sur la prise alimentaire, le gain journalier et la fonction thyroïdienne. Si on considère que le tourteau de canola contient en moyenne 16 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolates, le taux maximum d'incorporation chez le porc en croissance serait ainsi de 150 kg/t d'aliment.





En plus de ses effets anti-nutritionnels, les glucosinolates de même que les tannins peuvent donner un goût amer au tourteau de canola, ce qui peut potentiellement limiter son utilisation. Par exemple, chez le porcelet, les performances de croissance risquent d'être compromises avec l'incorporation de niveaux élevés de tourteau de canola. Ekpe et al. (2001) ont remarqué une réduction de la prise alimentaire chez des porcelets à partir de 12 % d'inclusion de tourteau de canola. D'autres études ont tout de même démontré que l'utilisation de 12 % de tourteau de canola n'affectait pas la prise alimentaire ni le taux de gain chez des porcelets en phase de deuxième âge (Royer et Gaudre, 2008). Chez le porc en croissance, de nombreuses études ont démontré que lorsque les aliments étaient formulés sur une base d'acides aminés digestibles, les performances avec tourteau de canola étaient semblables à celles avec tourteau de soya (Mateo et al., 1998; Raj et al., 2000; Robertson et al., 2000). Chez la truie, Lee et al. (1985) n'ont trouvé aucune différence significative dans les performances reproductives de cochettes après un cycle complet. Malgré tout, une attention particulière doit tout de même être apportée quant à l'incorporation de tourteau de canola en lactation afin de ne pas compromettre le niveau d'ingestion. De plus, en raison de ces problèmes de palatabilité, il est recommandé de faire des transitions dans les taux d'incorporation utilisés. Par exemple, on ne fera pas varier de plus de 5 % à la fois le taux d'incorporation du tourteau de canola dans le but de ne pas compromettre la prise alimentaire.

Sur le plan économique, le tourteau de canola peut permettre de réaliser des économies intéressantes en fonction de son prix. Son prix d'intérêt variera évidemment en fonction du prix du tourteau de soya tel que décrit au Tableau 12. La densité énergétique utilisée dans l'aliment fera également varier son prix d'intérêt, les aliments à faible teneur énergétique le favorisant.

TABLEAU 12.

PRIX DU TOURTEAU DE CANOLA PERMETTANT UNE ÉCONOMIE DE 4 \$/T DANS UN ALIMENT POUR PORC EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU TOURTEAU DE SOYA (BASE TEL QUEL)

Prix du tourteau de soya	Tourteau de canola
350	215
375	230
400	245
425	260
450	270
475	285

- Maïs = 225 \$/t; Gras = 625 \$/t
- Incorporation de 100 kg/t de tourteau de canola
- Aliment à 2 500 kcal/kg d'EN

POIS

Le pois est un ingrédient qui a un potentiel considérable en alimentation porcine. C'est une légumineuse surtout cultivée dans l'Ouest canadien (2^e producteur mondial) bien que les conditions de culture au Québec le permettraient également.

Les variétés jaunes sont cultivées tout comme les vertes, les deux ayant approximativement le même profil nutritionnel. Par contre, il existe des différences importantes dans le contenu nutritif, la digestibilité et le niveau d'énergie nette des différentes variétés commerciales (Leterme et al., 2008). Ces différences viennent surtout de la





grosesseur du pois et de l'épaisseur de son écale. Son profil nutritionnel typique est présenté au Tableau 13. Le pois peut être considéré autant comme une source de protéine que d'énergie. Il se caractérise par un niveau de protéine de même qu'un niveau d'amidon relativement élevé. Le contenu de matière grasse est quant à lui plutôt faible. Les parois cellulaires sont responsables d'une bonne proportion de la fibre, bien que les niveaux de cellulose et de lignine soient malgré tout assez faibles. Du côté minéral, comme la plupart des céréales, le pois se caractérise par un faible niveau de calcium. Le niveau de phosphore est de son côté assez élevé, mais très peu disponible étant fortement lié à l'acide phytique.

TABLEAU 13.
COMPOSITION NUTRITIVE DU POIS (BASE 90 % MS) (HICKLING, 2003)

Nutriments	Moyenne
Matière sèche, %	90
Protéine brute, %	23
Gras, %	1,4
Fibre brute, %	5,5
Cendre, %	3,3
Ca, %	0,11
P, %	0,39
P disponible, %	0,15
Na, %	0,04
Amidon, %	46,0
Lysine totale, %	1,67
Méthionine totale, %	0,28

Le profil en acides aminés de la protéine du pois en comparaison de celle du tourteau de soya est présenté au Tableau 14. La protéine du pois est donc très bien pourvue en lysine mais plutôt faible en acides aminés soufrés (méthionine et cystine) et en tryptophane. C'est pourquoi l'utilisation de méthionine de synthèse ou encore la combinaison avec des sources de protéine riche en méthionine (ex. : tourteau de canola) sera nécessaire lors de l'incorporation de niveaux importants de pois. La digestibilité des acides aminés du pois est plutôt bonne bien qu'inférieure à celle du tourteau de soya. Elle varie de 83 % dans le cas de la lysine à 80 % dans le cas de la méthionine (Sauvant et al., 2004).

TABLEAU 14.
POURCENTAGE DES ACIDES AMINÉS RELATIF À LA PROTÉINE DU TOURTEAU DE SOYA ET DU POIS (LABORATOIRE ALIMENTS BRETON INC.)

	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL
Tourteau soya	1,36	1,52	2,87	6,16	3,89	1,36	7,35	4,51	7,58	4,78
Pois	1,22	0,96	2,17	7,26	3,65	0,83	10,04	4,78	7,83	4,57

Le pois se distingue également par une excellente valeur énergétique. Alors que sur une base d'énergie digestible, sa valeur soit près de celle du maïs (3 490 kcal/kg sur base 90 % MS, soit 99 % de la valeur du maïs), sur une base d'énergie nette, sa valeur est moindre mais tout de même appréciable (2 435 kcal/kg sur base 90 % MS, soit 88 % de la valeur du maïs).





Comme la plupart des légumineuses, le pois peut contenir certains facteurs anti-nutritionnels tels que des inhibiteurs de protéase, des tannins, des alcaloïdes, des lectines et de l'acide phytique. Dans le cas des inhibiteurs de protéases, en plus de réduire la digestibilité iléale des acides aminés (Grosjean (2000), ils peuvent causer l'hypertrophie du pancréas et en bout de ligne affecter les performances de croissance. Dans le cas du pois cependant, les niveaux de base d'inhibiteurs de trypsine sont relativement faibles (< 4 TIU/mg) et ne devraient pas en théorie être une préoccupation (Sauer et Jaikaran, 1994), sauf pour certaines variétés d'hiver, peu cultivées en général, qui peuvent contenir des niveaux supérieurs (> 6 TIU/mg) (Gatel, 1994). Les tannins sont quant à eux des composés phénoliques qui peuvent également réduire la digestibilité de la protéine et entraîner un goût amer. De hauts niveaux de tannins peuvent être retrouvés en forte quantité dans les pois de couleur brune, mais peu dans les variétés de couleur verte et jaune traditionnellement cultivées (Hickling, 2003).

Les traitements technologiques appliqués au pois se limitent généralement à la mouture. Il a été démontré à ce sujet qu'une granulométrie plus fine du pois améliorerait l'efficacité alimentaire et le gain journalier chez le porcelet en post-sevrage (Albar et al., 2000). Cet effet serait en partie attribuable à une meilleure digestibilité de la protéine (Hess et al., 1997). De plus, il a été démontré que certains traitements thermiques tels que l'extrusion améliorent la digestibilité de la protéine et de l'énergie du pois chez le porc en croissance (Stein et Bohlke, 2007), en plus d'en réduire probablement les niveaux de facteurs anti-trypsiques. Par contre, ces traitements thermiques augmentent de façon considérable le coût de cet ingrédient.

Chez le porcelet, il a été démontré qu'il est possible d'utiliser de 20 à 40 % de pois sans effets négatifs sur les performances (Kehoe et al., 1995; Grosjean et al., 1997; Stein et al., 2004). D'autres (Jaikaran et al., 2001) ont cependant remarqué une réduction de la prise alimentaire, du gain quotidien et de l'efficacité alimentaire avec l'utilisation de 30 % de pois cru chez des porcelets d'environ 7 à 20 kg de poids vif. Lorsque le pois était traité de façon thermique par extrusion, le niveau de 30 % de pois permettait d'obtenir d'aussi bonnes performances que le niveau de 15 %. Par précaution, un niveau maximum d'environ 10 à 15 % semble donc être à recommander chez le porcelet (Hickling, 2003). En ce qui concerne le porc en croissance, ce dernier semble bien tolérer de hauts niveaux de pois. Généralement, des niveaux de 20 à 40 % sont utilisés en fonction de la valeur relative du pois, mais certains avancent par précaution un maximum de 30 % d'inclusion (Hickling, 2003). Un grand nombre d'études ont démontré qu'il était possible d'utiliser une proportion élevée de pois sans effets sur les performances de croissance et d'efficacité alimentaire (Castell et Cliplef, 1993; Robertson et al., 2000; Stein et al., 2006; Leaflet, 2008). Plus près de nous, un essai a été réalisé au Québec en 2005 (Lévesque et al., 2005) dans lequel on a mesuré l'effet d'un niveau de 25 % de pois sur les performances de croissance des porcs. Ces résultats n'ont démontré aucun effet du pois sur les performances de croissance, mais son utilisation a permis de réduire de façon significative la conversion alimentaire. Chez la truie, un essai a démontré que l'incorporation de pois à raison de 240 et 160 kg/t en lactation et en gestation respectivement permettait d'obtenir des performances reproductives équivalentes à un aliment à base de tourteau de soya (Gatel, 1988). D'autres ont même observé une augmentation du poids de la portée avec l'utilisation de 10 % de pois chez des truies en lactation (Landblom et al., 2001).

Sur le plan économique, le pois peut donc aisément se substituer en partie au maïs et au tourteau de soya lorsque son prix le permet. Le Tableau 15 présente le prix cible du pois dans un aliment pour porc en croissance permettant d'obtenir une économie d'environ 4 \$/t en fonction du prix du maïs et du tourteau de soya. On note que le prix du maïs influence de façon plus importante le prix d'intérêt du pois.





TABLEAU 15.

PRIX DU POIS (BASE 90 % MS) PERMETTANT UNE ÉCONOMIE DE 4 \$/T DANS UN ALIMENT POUR PORC EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU MAÏS ET DU TOURTEAU DE SOYA

\$ du maïs	\$ du tourteau de soya					
	350	375	400	425	450	475
150	187	190	195	200	205	212
175	205	210	215	220	225	231
200	225	230	235	240	245	250
225	245	250	255	260	265	270
250	265	270	275	280	285	290
275	282	290	295	300	305	310

- Gras = 625 \$/t
 - Incorporation de 200 kg/t de pois
 - Aliment à 2 500 kcal/kg d'EN

GRU DE BLÉ

Le gru est un sous-produit de la fabrication de la farine pour l'alimentation humaine. Lorsque la farine est produite, le grain de blé est broyé et séparé en différentes fractions qui permettront de produire environ 72 % de farine, 14 % de son et 13 % de remoulage communément appelé gru. Le gru est constitué en majorité de l'enveloppe plus interne du grain de blé mais peut aussi contenir une certaine proportion de l'amande (farine) et du germe.

Comme la plupart des sous-produits, le profil nutritionnel du gru sera dépendant des procédés de fabrication de chaque usine et de la proportion des différentes fractions qui le composeront. Sa valeur alimentaire sera entre autres reliée au niveau de farine qui sera extraite du grain. Par exemple, plus élevée sera la proportion de farine dans le gru et plus importante sera sa valeur énergétique. De plus, certaines usines peuvent incorporer dans le gru une certaine proportion du son (enveloppe plus externe du grain de blé) plus élevé en fibre, ce qui en réduira la valeur énergétique.

Le profil nutritionnel typique du gru est présenté au Tableau 16. Il se caractérise donc par un niveau de protéine moyen dont le profil en acides aminés se rapproche de celui du blé. La qualité de sa protéine est ainsi plutôt faible en lysine mais bien pourvue en acides aminés soufrés et en tryptophane. La digestibilité de ses acides aminés est relativement faible oscillant entre 75 % dans le cas de la lysine et 72 % pour la thréonine (EvaPig 1.0.1.2). Le gru étant constitué en partie de l'enveloppe du grain de blé, son contenu en fibre est plutôt élevé, mais également très variable en fonction de la proportion de son le composant. Il a, par exemple, été observé que le niveau de fibre NDF du gru pouvait varier de 29,9 à 40,1 % dans 14 échantillons provenant d'usines différentes aux États-Unis (Cromwell et al., 2000). Dans cette même étude, le niveau de protéine variait de 14,6 à 17,8 % et le niveau de phosphore, qui peut lui aussi être à des niveaux appréciables malgré sa faible disponibilité, de 0,70 à 1,19 %. Ceci démontre clairement l'importance d'un bon système de contrôle de la qualité permettant de déceler ces différences et d'en tenir compte dans la formulation des aliments.





TABLEAU 16.
COMPOSITION NUTRITIVE DU GRU (BASE 89 % MS)

Nutriments	Moyenne
Matière sèche, %	89
Protéine brute, % ¹	16
Gras, % ¹	4,2
Fibre brute, % ¹	6
Fibre ADF, % ²	9,5
Fibre NDF, % ²	32,4
Cendre, % ¹	8,2
Ca, % ¹	0,09
P, % ¹	0,76
P disponible, % ¹	0,21
Na, % ¹	0,02
Amidon, % ²	30,4
Lysine totale, %	0,63
Méthionine totale, %	0,25

¹ Feedstuff 20081

² Sauvart et al., 20042

En raison de sa forte teneur en fibre, le gru peut être considéré comme un ingrédient de faible valeur énergétique. Selon l'analyse typique décrite plus haut, il serait doté sur une base d'énergie digestible d'une valeur de 2 765 kcal/kg alors que sur une base d'énergie nette, on lui donnerait environ 1 945 kcal/kg, soit approximativement 70 % de la valeur énergétique du maïs (Noblet et al., 2003). Cette valeur pourra varier de façon importante en fonction de la teneur en fibre et en amidon composant le gru.

De façon pratique, le gru peut être utilisé dans les aliments pour porcs afin de remplacer une partie du maïs, du tourteau de soya et du phosphore inorganique. Dans le but de maintenir la même densité énergétique, un apport de matière grasse supplémentaire sera nécessaire. Dans certains contextes de prix cependant, il pourrait être plus avantageux de réduire la densité énergétique de l'aliment et de pénaliser ainsi l'efficacité alimentaire. Lorsque la valeur nutritionnelle du gru est bien définie et qu'elle est constante, des niveaux d'incorporation relativement élevés peuvent être utilisés sans compromettre les performances. Shaw et al. (2002) ont à cet effet démontré qu'il était possible d'inclure 30 % de gru à un aliment maïs-soya sans en affecter les performances de croissance et d'efficacité alimentaire. Ils ont par contre observé une tendance à la réduction du rendement de carcasse avec l'utilisation de l'important niveau de gru. Ce phénomène serait en partie expliqué par le haut niveau de fibre du gru qui, lorsque utilisé en forte quantité dans les aliments, causerait une augmentation de l'encombrement intestinal et de la taille des organes digestifs. Chez la truie en gestation, le haut niveau de fibre et la faible valeur énergétique du gru en font un ingrédient d'intérêt.

Cependant, puisque le gru est composé de façon importante de l'enveloppe du grain de blé davantage exposée aux moisissures, le risque de contamination aux mycotoxines est un facteur important pouvant limiter son incorporation. Des niveaux de déoxinivalénol (vomitoxine) de l'ordre de 2 à 3 ppm sont généralement retrouvés dans le gru, mais ils peuvent aussi être plus importants. De plus, en raison de sa faible densité (28 kg/hl), le gru peut présenter certains problèmes au niveau de son écoulement et de l'homogénéité du mélange d'aliment (ségrégation), limitant ainsi son incorporation en fortes quantités dans les aliments en farine. De plus, un équipement d'entreposage particulier (silo d'au moins 60° avec vis pour la sortie) sera probablement nécessaire à l'utilisation de ce sous-produit. Le Tableau 17 présente un ordre de grandeur des niveaux maximums d'inclusion du gru dans les aliments porcins.





TABLEAU 17.
 TAUX MAXIMUMS D'UTILISATION DU GRU CHEZ LE PORC*

Phase de production	Utilisation maximum (%)
Porcelet 2e âge	10
Porc à l'engrais	40
Truie gestation	40
Truie lactation	40

*KSU, 2007

Au niveau économique, le gru peut présenter un certain intérêt en fonction de son coût, de celui du maïs, du tourteau de soya et du gras. Le Tableau 18 montre le prix cible du gru permettant de réduire le coût d'un aliment pour porc en croissance de 4 \$/t en fonction du prix du maïs et du soya. Les aliments de faibles densités énergétiques favoriseront l'utilisation du gru et augmenteront ainsi son prix d'intérêt.

TABLEAU 18.
 PRIX CIBLE DU GRU (BASE 89 % MS) AFIN D'ENTRAÎNER UNE ÉCONOMIE DE 4 \$/T DANS UN ALIMENT POUR PORC EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU MAÏS ET DU TOURTEAU DE SOYA

\$ du maïs	\$ du tourteau de soya					
	350	375	400	425	450	475
150	70	77	84	91	96	101
175	90	99	106	113	118	123
200	115	122	129	136	141	146
225	138	145	152	159	164	169
250	163	170	177	184	189	194
275	185	192	199	206	211	216

- Gras = 625 \$/t
 - Incorporation de 100 kg/t de gru
 - Aliment à 2 500 kcal/kg d'EN

SOUS-PRODUITS LAITIERS LIQUIDES

L'utilisation des sous-produits laitiers liquides peut s'avérer être une alternative intéressante et très économique en alimentation porcine. Le lait entier est composé de 87 % d'eau et de 13 % de solide. À partir de cette fraction solide, différents types de produits seront fabriqués (ex. : beurre, fromage) et certains sous-produits seront formés. Il sera ici question du lactosérum et de la liqueur de lactosérum bien que d'autres sous-produits laitiers peuvent aussi être utilisés (ex. : lait entier, lait écrémé, perméat de lactosérum, etc.).

Le lactosérum est le résidu liquide obtenu après l'égouttage du caillé lors de la fabrication du fromage. De façon générale, 1 litre de lait contiendra 130 grammes de matière sèche qui permettra de produire environ 64 g de fromage et 66 g de lactosérum. La liqueur de lactosérum est quant à elle un sous-produit du lactosérum duquel une fraction de la protéine et du lactose a été extraite par ultrafiltration et par cristallisation respectivement. Il s'agit dans les deux cas de sous-produits existant sous forme liquide dont le niveau de matière sèche peut varier quelque peu. En moyenne, le niveau de matière sèche du lactosérum oscille entre 4 et 6 % tandis que celui de la liqueur de lactosérum peut être dans certains cas d'environ 30 % lorsqu'il a été partiellement séché.





L'analyse typique du lactosérum et de la liqueur de lactosérum est présentée au Tableau 19. Le lactosérum est essentiellement constitué de sucre simple (lactose), de protéine et de minéraux. Il dispose d'un niveau de protéine modéré mais d'une qualité exceptionnelle. En effet, son profil est très bien pourvu en acides aminés essentiels et la qualité de sa protéine est même supérieure à celle du tourteau de soya (Tableau 20). Sa protéine est dotée d'un très haut niveau de lysine, de thréonine et d'isoleucine. Son taux de méthionine est par contre limité. Ces acides aminés ont en plus une excellente digestibilité avec des taux de 89 % pour la lysine et de 85 % pour la thréonine (Sauvant et al., 2004). Le lactosérum est également composé d'un fort pourcentage de sucres simples sous forme de lactose, ce qui en fera une source d'énergie très digestible. Il dispose également d'un important niveau de minéraux (calcium, phosphore et sodium) d'une excellente digestibilité. La valeur énergétique du lactosérum est légèrement plus faible que celle du maïs avec un niveau de 2 490 kcal d'énergie nette/kg (base 87 % de MS) (Noblet, et al., 2003). En ce qui concerne la liqueur de lactosérum, son taux de protéine est deux fois moins élevé que celui du lactosérum et la qualité de sa protéine en matière d'acides aminés essentiels semble également réduite. La liqueur est également moins bien pourvue en lactose et plus concentrée en phosphore et en calcium. Ceci fera en sorte que sa valeur énergétique sera réduite à une valeur d'environ 2 285 kcal d'énergie nette / kg (base 87 % de MS). Un bon système de contrôle de la qualité fera systématiquement l'analyse de la matière sèche, de la protéine, des minéraux et du pH. Il peut en effet exister des variations importantes dans les niveaux nutritifs de ces deux sous-produits notamment au niveau de la matière sèche. À titre d'exemple, un lactosérum à 4 % de matière sèche aura un contenu nutritif plus faible d'environ 35 % que celui à 6 % de matière sèche. Une analyse périodique est donc essentielle à l'utilisation de ces sous-produits.

TABLEAU 19.

COMPOSITION NUTRITIVE DU LACTOSÉRUM ET DE LA LIQUEUR DE LACTOSÉRUM (BASE 87 % DE MS)

Nutriments	Lactosérum ¹	Liqueur de lactosérum ²
Matière sèche, %	87	87
Protéine brute, %	11,1	4,80
Gras (hydrolyse), %	0,65	0,07
Fibre ADF, %	0	0
Cendre, %	9,0	12,15
Ca, %	0,80	0,93
P, %	0,73	1,46
Na, %	1,20	1,20
Lactose, %	75	48
Lysine totale, %	1,02	0,30

¹Feedstuff, 2008

²Saputo, 2001





TABLEAU 20.

**POURCENTAGE DES ACIDES AMINÉS RELATIF À LA PROTÉINE DU TOURTEAU DE SOYA ET DU LACTOSÉRUM
 (LABORATOIRE ALIMENTS BRETON, 2008)**

	MET	CYS	M+C	LYS	THR	TRP	ARG	ILE	LEU	VAL
Tourteau soya	1,36	1,52	2,87	6,16	3,89	1,36	7,35	4,51	7,58	4,78
Lactosérum	1,67	2,50	4,17	9,17	6,67	1,67	3,33	7,50	10,00	5,83

De façon pratique, ces sous-produits peuvent être utilisés dans des machines à soupe ou encore distribués en libre choix directement dans le système d'abreuvement. À ce moment, il n'est pas nécessaire d'ajouter une source d'eau supplémentaire. Par contre, il est fortement suggéré de doubler l'espace d'abreuvement afin de ne pas limiter l'ingestion du sous-produit (Thaler et Holden, 2001). En ce qui concerne l'aliment complémentaire à utiliser en combinaison avec du lactosérum, les niveaux de phosphate bicalcique et de sel pourront être abaissés sinon complètement éliminés en fonction de la quantité de lactosérum utilisée. Le reste de la ration sera peu modifiée, le lactosérum présentant déjà une composition nutritive se rapprochant d'un aliment pour porcs en croissance.

Les sous-produits laitiers peuvent représenter une partie importante de la ration des porcs en engraissement. Lorsque donné à volonté sans autre source d'eau, un lactosérum à 6 % de matière sèche peut représenter environ de 15 à 20 % de la ration sèche. Ceci correspond à une consommation d'environ 5 litres par jour de lactosérum liquide en phase de croissance. Pour ce qui est des machines à soupe, un taux d'utilisation maximum de 25 % est généralement recommandé (ITP, 2009). La liqueur de lactosérum peut également être incorporée à fort taux d'inclusion dans les aliments d'engraissement. En effet, Guertin et al. (1992) ont démontré qu'il était possible d'utiliser jusqu'à 25 % de liqueur de lactosérum dans les aliments d'engraissement sans effets sur le gain moyen quotidien et l'efficacité alimentaire. Cependant, une réduction significative du rendement de carcasse avait été rapportée dans cet essai. En ce qui concerne les truies, on recommande d'éviter son utilisation en lactation en raison du volume important de liquide qui serait consommé et qui pourrait réduire l'ingestion d'énergie (Thaler et Holden, 2001).

Malgré son excellente valeur nutritive, certaines précautions restent à prendre avec l'utilisation de ces sous-produits laitiers. Tout d'abord, en raison de son effet laxatif, le lactose présent dans ces sous-produits peut augmenter les risques de diarrhées et de problèmes sanitaires. Cette forte présence de sucres constitue également un bon support à la fermentation et au développement des microorganismes lors de l'entreposage. Un développement mal contrôlé peut entraîner une perte de 20 % de la matière sèche (Idéna, 2008). Ces microorganismes peuvent entre autres être responsables de la dégradation des protéines du lactosérum. Pour cette raison, la durée de conservation de ces produits doit être réduite au minimum et un approvisionnement quotidien est à recommander. Certains avancent qu'il peut y avoir une perte pouvant aller jusqu'à 40 % des nutriments après 48 heures d'entreposage et que les acides produits risquent potentiellement de réduire la prise alimentaire (Thaler et Holden, 2001). Une durée maximum d'entreposage de 2 à 3 jours est donc recommandée. Un nettoyage hebdomadaire de la cuve d'entreposage est aussi fortement conseillé afin de prévenir le développement de levures qui pourraient affecter la palatabilité du produit. L'utilisation de certains agents de conservation tels que des probiotiques par exemple (ex. : *Pediococcus acidilactici*) peut aider à prévenir le développement d'une flore indésirable et ainsi augmenter le temps de conservation du sous-produit.

Un autre problème que l'on peut rencontrer avec les sous-produits laitiers est leur pH relativement acide. De façon générale, le lactosérum que l'on retrouve au Québec est un lactosérum doux qui est issu de la fabrication de fromage cheddar et dont le pH est légèrement acide (pH d'environ 6,0). Il existe par contre d'autre lactosérum de type acide provenant de la fabrication de fromage à pâte molle dont le pH peut être aussi faible que 4,0. La liqueur de lactosérum possède également un pH très acide (environ 3,0) en raison de son contenu élevé en acides





organiques. Le porc peut assez bien tolérer un pH acide, mais il est par contre sensible à des fluctuations importantes du niveau d'acidité (ITP, 2009). À ce moment, une réduction de la prise alimentaire peut survenir. Une analyse régulière du niveau de pH est donc fortement recommandée. L'autre inconvénient de ce pH acide vient de son effet corrosif. En effet, l'utilisation de lactosérum peut réduire la durée de vie de certains équipements et dissoudre le ciment (Thaler et Holden, 2001). L'utilisation d'équipement en plastique ou en acier inoxydable est alors nécessaire.

L'utilisation de ces sous-produits laitiers peut généralement permettre de réduire de façon considérable les coûts d'alimentation en engraissement. En effet, leurs coûts se limitent bien souvent aux frais de transport entre l'usine et la ferme. Par contre, en fonction de la distance à parcourir, ces frais peuvent tout de même être assez importants en raison du faible niveau de matière sèche de ces sous-produits. On se retrouve ainsi à transporter dans certains cas un produit à 95 % d'eau. Le coût doit ainsi être ramené au kilo de matière sèche. Les Tableaux 21 et 22 présentent les prix cibles du lactosérum et de la liqueur de lactosérum permettant d'engendrer une économie d'environ 4 \$/t dans un aliment pour porcs en croissance en fonction du prix du maïs et du tourteau de soya. Dans le cas de la liqueur de lactosérum, son prix d'intérêt est surtout fonction du prix du maïs en raison de son plus faible niveau protéique. On constate également la plus faible valeur économique de la liqueur de lactosérum attribuée à son plus bas niveau de protéine et d'acides aminés.

TABLEAU 21.

PRIX DU LACTOSÉRUM (BASE 87 % MS) PERMETTANT UNE ÉCONOMIE D'ENVIRON 4 \$/T DANS UN ALIMENT POUR PORCS EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU MAÏS ET DU TOURTEAU DE SOYA

\$ du maïs	\$ du tourteau de soya					
	350	375	400	425	450	475
150	197	200	203	206	209	212
175	218	221	224	227	230	233
200	239	242	245	248	251	254
225	260	263	266	269	272	275
250	280	283	286	289	292	295
275	296	303	307	311	314	317

- Gras = 625 \$/t
 - Incorporation de 200 kg/t de lactosérum (base 87 % de MS)
 - Aliment à 2500 kcal/kg d'EN

TABLEAU 22.

PRIX DE LA LIQUEUR DE LACTOSÉRUM (BASE 87 % MS) PERMETTANT UNE ÉCONOMIE D'ENVIRON 4 \$/T DANS UN ALIMENT POUR PORCS EN CROISSANCE EN FONCTION DU PRIX DU MAÏS

Prix du maïs	Liqueur de lactosérum
150	98
175	125
200	153
225	180
250	207
275	235

- Gras = 625 \$/t; Tourteau de soya = 450 \$/t
 - Incorporation de 200 kg/t de liqueur de lactosérum (base 87 % de MS)
 - Aliment à 2500 kcal/kg d'EN





EXEMPLE DE CALCUL ÉCONOMIQUE

L'investissement associé à l'ajout d'un nouveau silo peut donc être évalué en considérant les économies annuelles potentielles. On peut prendre à titre d'exemple un producteur de porcs naisseur-finisser de 300 truies qui fabrique lui-même ses aliments. Le Tableau 23 présente les économies possibles à utiliser, soit de la drèche de maïs seul, une combinaison de drèches et de farine de biscuit ou encore de la drèche, de la farine de biscuit et du gru. Cette évaluation a été faite dans un contexte précis de prix d'ingrédients tels que décrit plus bas. L'investissement pour ce qui est des silos supplémentaires qui se rattachent à l'utilisation de ces sous-produits doit également être évalué. De façon générale, on peut estimer le coût d'un nouveau silo d'environ 20 tonnes entre 8 000 et 10 000 \$. Pour l'exemple des drèches de maïs, ceci représente un retour sur l'investissement de 2/1 environ.

TABLEAU 23.

ÉCONOMIES ANNUELLES ASSOCIÉES À L'UTILISATION DE DIFFÉRENTS SOUS-PRODUITS POUR UN ÉLEVEUR NAISSEUR-FINISSEUR DE 300 TRUIES

Utilisation de sous-produits	Économie annuelle (\$/an)
Drèches de maïs	19 000
Drèches + biscuit	25 000
Drèches + biscuit + gru	29 000

Prix d'ingrédients : maïs = 210 \$/t; t. de soya = 425 \$/t; drèches = 225 \$/t; farine de biscuit (Faripro) = 230 \$/t; gru = 150 \$/t

CONCLUSION

En conclusion, il est clair que l'utilisation de ces différents sous-produits peut permettre de réduire de façon considérable les coûts d'alimentation en production porcine. Il est par contre nécessaire d'en faire une bonne évaluation nutritive et d'en connaître les limites d'utilisation afin de ne pas occasionner d'autres problèmes. D'autres types de sous-produits peuvent également exister et être utilisés avec succès en alimentation porcine. À titre d'exemple, les farines animales peuvent servir de source de protéine et de minéraux intéressante dans les aliments d'engraissement. De nouveaux sous-produits comme le glycérol commencent à faire leur apparition et peuvent servir de sources d'énergie alternatives. En collaboration avec votre conseiller en alimentation, il importe donc d'être à l'affût des différentes possibilités d'ajouts d'ingrédients pouvant se présenter afin de réduire vos coûts de production.



BIBLIOGRAPHIE

- Albar, J., Skiba, F., Royer, E. et Granier, R. 2000. Incidence de la granulométrie sur les performances en post-sevrage et la digestibilité de quatre aliments à base d'orge, de blé, de maïs et de pois. 32e Journées Rech. Porcine en France.
- Bell, J.M. et Keith, M.O. 1991. A survey of variation in the chemical composition of commercial canola meal produced in western Canadian crushing plants. *Can. J. Anim. Sci.* 71: 469-480.
- Belyea, R.L., K.D. Rausch, and M.E. Tumbleson. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology* 94 (2004) 293-298.
- Benz, J.M., Linneen, S.K., DeRouchey, J.M., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Nelssen, J.L. et Goodband, R.D. 2007. Effects of dried distillers grains with solubles on growth performance and fat quality of finishing pigs. *Swine Day* 2007, 105-113.
- Boyd R.D., Hansen, E., Johnston, M. et Usry, J. 2004. Ajinomoto Swine Summit.
- Campbell, N. 2006. Determine the impact of feeding increasing levels of corn dried distillers grains on the performance of growing-finishing pigs reared under commercial conditions. Research report, Gowans Feed Consulting.
- Castell, A.G. et Cliplef, R.L. 1993. Evaluation of pea screenings and canola meal as a supplementary protein source in barley-based diets fed to growing-finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 73:129-139.
- Cook, D., Paton, N. et Gibson, M. 2005. Effect of dietary level of distillers' dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality and carcass characteristics of grow finish barrows and gilts. *Journal of animal science*, 83 (Suppl. 1): 490.
- Cromwell, G.L., Cline, T.R., Crenshaw, J.D., Crenshaw, T.D., Easter, R.A., Ewan, R.C., Hamilton, C.R., Hill, G.M., Lewis, A.J., Mahan, D.C., Nelssen, J.L., Pettigrew, J.E., Veum, T.L. et Yen, J.T. 2000. Variability among sources and laboratories in analyses of wheat middlings. *J. Anim. Sci.* 78: 2652-2658.
- DeDecker, J.M., M. Ellis, B.F. Wolter, J. Spencer, D.M. Webel, C.R. Bertelsen, and B.A. Peterson. 2005. Effects of dietary level of distiller's dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. *Journal of Animal Science*, 83 (Suppl. 2) p. 79.
- de Lange, C.F.M., W. B. Souffrant, and W. C. Sauer. 1990. Real ileal protein and amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs as determined with the ¹⁵N-isotope dilution technique. *J. Anim. Sci.* 68:409-418.
- Ekpe, D., Zijlstra, R.T., Patience, J.F., Hank, L., Classen, H.L. et Simmins, P.H. 2001. Replacement of soybean meal with canola meal in weaned pig diets. *Prairie Swine Center* 2001, p.30.
- EvaPig, version 1.0.1.2.
- Everson, R. J. 1975. A modification in the official methods for the
- Fastinger, N.D. and Mahan, D.C. 2006. Determination of the ilea amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grain with solubles using grower-finisher pigs. *J Animal Science*, 84 (7) : 1722-1728.
- Feedstuffs 2008. Reference issue and buyers guide. Vol. 79, no 38.
- Fu, S.X., Johnston, M., Fent, R.W., Kendall, D.C., Usry, J.L., Boyd, R.D. et Allee, G.L. 2004. Effect of corn distillers' dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics and fecal volume in growing-finishing pigs. *Journal of animal science* 82 (Suppl. 2): 207.
- Gatel, F. 1994. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: A literature review. *Animal Feed Science and Technology*, 45: 317-348.
- Gatel, F., Grosjean, F. et Leuillet, M. 1988. Utilisation of white-flowered smooth-seeded spring peas (*Pisum sativum hortense*, CV Amino) by the breeding sow. *Anim. Feed Sci. Technol.* 22: 91-104.
- Goodson, J. and Fontaine, J. 2006. Protein, amino acid levels of DDGS vary in sample years. *Feedstuffs*, décembre 2006, p 16-17.
- Grosjean, F., Jondrevielle, C., Williate-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouee, B. et Gatel, F. 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 80: 643-652.
- Grosjean, F., Jondrevielle, C., Bogaert, C., Bourdillon, A., Peyronnet, C., Le Guen, M.-P. et Williate, I. 1997. Utilisation d'aliments pour porcelets sevrés contenant 40% de pois. *Journées Rech. Porcine en France*, 29 : 197-204.
- Guertin, G., Pommier, S.A., Lachance, B., Vignola, M. et Février, C. Valeur alimentaire de la liquer de lactosérum et effets de sa distribution sur les performances zootechniques des porcs en croissance. 1992.
- Hastad, C.W., Tokach, M.D., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Dritz, S.S., DeRouchey, J.M., Groesbeck, C.N., Lawrence, K.R., Lenehan, N.A. et Keegan, T.P. 2003. Use of dried distiller's grains with solubles for swine diets. *Swine Day* 2003, 185-190.





- Hastad, C.W., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Tokach, M.D., Dritz, S.S., DeRouchev, J.M. et Frantz, N.Z. 2004. Effects of increase dried distillers' grains on feed intake. Swine day 2004, 132-138.
- Hastad, C.W., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., Tokach, M.D., Dritz, S.S., DeRouchev, J.M. 2005. Adding dried distillers grains to swine diets affects feed preference. 2005. Swine Research 2005, 149-159.
- Hess, V., Thibault, J.N., Duc, G., Melcion, J.P., Van Eys, J. et Sève, B. 1997. Influence de la variété et du microbroyage sur la digestibilité iléale de l'azote et des acides amines
- Hickling, D. Canadian feed peas industry guide. 3e édition, 2003. Pulse Canada, Winnipeg, Manitoba.
- Hickling, D. Canola meal Feed industry guide. 3rd édition, 2001. Canola council of Canada.
- Hill, G.M., Link, J.E., Rincker, M.J., Roberson, K.D., Kirkpatrick, D.L. et Gibson, M.L. 2005. Corn dried distillers grains with solubles in sow lactation diets. Journal of Animal Science, 83 (Suppl. 2): 82.
- Idéna, 2008. Présentation sur les co-produits en alimentation porcines.
- ITP, 2009. <http://www.itp.asso.fr/tec/porfal/mato1.htm>.
- Jaikaran, S., Aherne, F.X. et Caine, W.C. 2001. Extruded peas for weaner pigs. Advances in pork production, 2001, Vol. 12, abstract 13.
- Kansas State University, 2007. Swine nutrition guide.
- Kehoe, C., Jaikaran, C.S., Baidoo, S.K. and Aherne, F.X. Evaluation of field peas as a protein supplement in diets for weaned pigs." Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science Vol. 46, 1995.
- Landblom, D.G., Poland, W.W., Harrold, R.L. et Miller, K. 2001. Replacement value of field peas for soybean meal in sow lactation diets. J. Anim. Sci. 79 (Suppl. 2): 66.
- Leaflet, A.S. 2008. Effects of feeding Iowa-grown field peas on finishing pig performance. Iowa State University Animal Industry Report, 2008.
- Lee, P.A., Hill, R. et Ross, E.J. 1985. Studies on rapeseed meals from different varieties of rape in the diets of gilts II. Effects on farrowing performance of gilts, performance of their piglets to weaning and subsequent conception of the gilts. Br. Vet. J. 141:592-602.
- Leterme, P., Kish, P., Beaulieu, D. et Patience, J.F. 2008. Variation in the digestible and net energy content of field peas in growing pigs. Advances in Pork Production (2008) Volume 19, Abstract #9
- Lévesque, J., Fillion, R. et Morin, M. 2005. Utilisation du pois et de la graine de canola dans les rations pour porcs en croissance : influence sur les performances zootechnique et le coût de production. CDPQ, 2005.
- Linneen, S.K., Steidinger, M.U., Tokach, M.D., DeRouchev, J.M., Goodband, R.D., Dritz, S.S. et Nelssen, J.L. 2006. Effects of dried distillers dried grains with solubles on nursery pig performance. Swine Day 2006, p.100-102.
- Linneen, S.K., DeRouchev, J.M., Dritz, S.S., Goodband, R.D., Tokach, M.D. et Nelssen, J.L. 2008. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. Journal of animal science, 86: 1579-1587.
- Mateo, J.P., Malingan, O.B.N. et Hickling, D. 1998. Canola meal (Brassica napus) and feed peas for growing-finishing pigs: an on-farm feeding trial. Philippines J. Vet. And Anim. Sci. 24 : 27-35.
- Noblet, J., Bontems, V. et Tran, G. 2003. Estimation de la valeur énergétique des aliments pour le porc. INRA Production Animale, 16(3), 197-210.
- Noll et Parsons, 2003. Non-publié.
- Pahm, A.A., Pedersen, C., Hoehler, D., Stein, H.H. Factors affecting the variability in ileal amino acid digestibility in corn distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. Journal of animal science, 86: 2180-2189.
- Pedersen, C., Boersma, M.G. and Stein, H.H. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. Journal of animal science, 85: 1168-1176.
- Raj, St., Fandrejewski, H., Weremko, Dé, Skiba, G., Buraczewska, L., Zebrowska, T. et Han, I.K. 2000. Growth performance, body composition and protein and energy utilization of pigs fed Ad libitum diets formulated according to digestible amino acid content. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 13 : 817-823.





- Robertson, W.M., Dugan, M.E.R., Landry, S.J., Erin, K., Clayton, G. et Jaikaran, S. 2000. Evaluation of live performance, carcass composition and meat quality of market hogs fed diets with various combinations of peas, canola meal and soybean meal with wheat or corn as the cereal base. Lacombe Research Station. Agriculture and Agri-Food Canada.
- Royer, E. et Gaudre, D. 2008. Influence du taux de tourteau de colza dans l'aliment de 2e âge sur les performances du porcelet. *Journée Recherche Porcine*, 40 : 175-182.
- Sauer, W.S. et Jaikaran, S. 1994. Amino acid and energy digestibility in peas (*Pisum sativum*) from white flowered spring cultivars for growing pigs. *J. Sci. Food Agric.* 64 :249-256.
- Sauvant, D., Perez, J.-M. et Tran, G. 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux. INRA, 2e édition.
- Schone, F., Groppel, B., Heenig, A., Jahreis, G. et Lange, R. 1997. Rapeseed meal, methimazole, thiocyanate and iodine affect growth and thyroid. Investigations into glucosinolate tolerance in the pig. *J. Sci. Food Agric.* 74: 69-80.
- Shaw, D., Rozeboom, D.W., Hill, G.M., Booren, A.M. et Link, J.E. 2002. Impact of vitamin and mineral supplement withdrawal and wheat midling inclusion on finishing pig growth performance, fecal mineral concentration, carcass characteristics, and the nutrient content and oxidative stability of pork. *J. Anim. Sci.* 80:2920-2930.
- Shurson, J. and Noll, S. Energy from agriculture: new technologies, innovative programs and success stories, December 2005, St-Louis, Missouri.
- Shurson, J. and M. Spiehs. 2002. Feeding recommendations and example diets containing Minnesota-South Dakota produced DDGS for swine. Dept. of Animal Science, University of Minnesota. <http://www.ddgs.umn.edu/feeding.htm#swine>.
- Shurson, J., G. Xu, S. Baidoo, and L. Johnston. 2007. Effects of feeding corn dried distillers grains with solubles (DDGS) on pork fat quality. 68th Minnesota Nutrition Conf., Minneapolis, MN. Sep. 18-19, 2007.
- Siljander-Rasi, H., Valada, J., Alaviuhkola, T., Rantamaki, P. Et Tupasela, T. 1996. Replacing soybean meal with heat-treated low glucosinolate rapeseed meal does not effect the performance of growing-finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 1-12.
- Spiehs, M.J., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and R.E. Nicolai. 2000. Odor characteristics of swine manure and nutrient balance of grow-finish pigs fed diets with and without distiller's dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 78:69 (Suppl. 2).
- Stein, H.H. 2007. Distillers dried grain with solubles (DDGS) in diets fed to swine. <http://www.livestocktrail.uiuc.edu.porknet/>.
- Stein, H.H., Pedersen, C. et Boersma, M.G. 2005. Energy and nutrient digestibility in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *Journal of animal science*, 83 (Suppl. 2): p. 79.
- Stein, H.H. et Bohlke, R.A. 2007. The effects of thermal treatment of field peas (*Pisum sativum* L.) on nutrient and energy digestibility by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85: 1424-1431.
- Stein, H.H., Everts, A.K.R., Sweeter, K.K., Peters, D.N., Maddock, R.J., Wulf, D.M. et Pedersen, C. 2006 The influence of dietary field peas (*Pisum sativum* L.) on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim. Sci.* 84: 3110-3117.
- Thaler, B. et Holden, J. 2001. *Pork industry handbook*, Purdue university.
- Widyyaratne, G.P. and Zijlstra, R.T. 2007. Nutritional value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, nutrient excretion and growth performance of grower-finisher pigs. *Canadian journal of animal science*, 87 (1) : 103-114.
- Widmer, M.R., McGinnis, L.M., Wulf, D.M. et Stein, H.H. 2008. Effects of feeding dried distillers grains with solubles, high-protein dried grains, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *Journal of animal science*, 86: 1819-1831.
- Widmer, M.R., McGinnis, L.M. et Stein, H.H. 2007. Energy, phosphorus, and amino acid digestibility of high-protein distillers dried grain and corn germ fed to growing pigs. *Journal of animal science*, 85: 2994-3003.
- Whitney, M.H. et Shurson, G.C. 2001. Availability of phosphorus in distiller's dried grains with solubles for growing swine. *Journal of animal science*, 79 (Suppl. 1): 108





Whitney, M.H., G.C. Shurson, L.J. Johnston, D. Wulf, and B. Shanks. 2001. Growth performance and carcass characteristics of grow-finish pigs fed increasing levels of distiller's dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 79:108 (Suppl. 1).

Whitney, M.H. Shurson, G.C., Jonhston, L.J., Wulf, D,M. et Shanks, B.C. 2002. Growth performance pf grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers

Whitney, M.H. and G.C. Shurson. 2003. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles. Presented at the 2003 Midwest ASAS/ADSA Mtg., Des Moines, IA. March 19, 2003.

Whitney, M.H., G.C. Shurson, and R.C. Guedes. 2006. Effect of including distillers dried grains with solubles in the diet, with or without antimicrobial regimen, on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.* 2006. 84:1870-1879.

Wilson, J.A., M.H. Whitney, G.C. Shurson, and S.K. Baidoo. 2003. Effects of adding distiller's dried grain with solubles (DDGS) to gestation and lactation diets on reproductive performance and nutrient balance in sows. Presented at the 2003 Midwest ASAS/ADSA Mtg., Des Moines, IA. March 2003.

