

## VALEUR ALIMENTAIRE, POUR LE PORC, D'UN CO-PRODUIT DE LA FABRICATION D'ÉTHANOL À PARTIR DU BLÉ

*Catherine JONDREVILLE, J.M. BERTIN, F. GROSJEAN*

*Institut Technique des Céréales et des Fourrages  
8, avenue du Président Wilson, 75116 Paris.*

*avec la collaboration technique de D. BARRAULT, V. BEIGNON, A. POUTREL  
et le personnel du laboratoire d'analyses chimiques de Boigneville.*

Deux essais de digestibilité sont entrepris afin de déterminer la valeur alimentaire d'un lot de drêches issues de la fabrication de bio-éthanol. Un essai de digestibilité fécale, effectué sur quatre porcs mâles castrés permet de mesurer la digestibilité fécale apparente de l'énergie, de la matière azotée totale, de la matière organique et de la matière grasse. L'ensemble des résultats montre que les drêches de bio-éthanol constituent un produit très digestible par rapport à d'autres produits de l'industrie céréalière (78,1% pour l'énergie, 87,3% pour la MAT, 79,2% pour la MO et 68,3% pour la MG). La teneur en énergie digestibles des drêches de bio éthanol est de 3,83 Mcal d'énergie digestible /kg MS. Un essai de digestibilité iléale, sur quatre porcs mâles castrés, préparés en anastomose iléo-rectale termino-terminale, permet de mesurer la digestibilité iléale apparente de la matière azotée et des acides aminés des drêches. La digestibilité de la matière azotée des drêches est aussi élevée que celle du blé mais elles fournissent 160 g de matière azotée digestible avant la fin de l'iléon /kg MS supplémentaires. La digestibilité iléale apparente de la lysine est de 61,8%, celle des acides aminés soufrés de 81,6% et celle de la thréonine de 81,1%.

### **Feed value for pigs of a by-product derived from the distillery of wheat**

Two digestibility trials are carried out in order to determine the feed value of a by-product derived from the distillery of wheat. Fecal apparent digestibility of energy, crude protein, organic matter and fat are measured on 4 castrated males. The wheat by-product shows higher fecal digestibility coefficients than other by-products derived from other cereals and other process (Energy: 78,1%, CP: 87,3%, OM: 79,2% and Fat: 68,3%). Its digestible energy content is 3,83 Mcal/kg DM. Ileal apparent digestibility of crude protein, and amino acids are determined on 4 castrated males prepared with ileo-rectal termino-terminal anastomosis. The wheat by-product shows the same ileal digestibility coefficient for crude protein than wheat but supplies 160 g ileal digestible protein /kg DM more than wheat. Its lysine ileal digestibility is 61,8% for lysine, 81,6% for S-amino acids and 81,1% for threonine.

## INTRODUCTION

Si, parmi les matières premières disponibles en alimentation animale, les co-produits de l'amidonnerie ou la distillerie de maïs ou les drêches de brasserie sont relativement courantes, les drêches issues de la fabrication d'éthanol à partir de blé sont encore rares et sont susceptibles de se développer si le bio-éthanol est amené à être utilisé comme carburant. Elles constituent donc un produit nouveau qu'il convient de caractériser. Certains auteurs ont étudié des co-produits de drêches de céréales (NÄSI, 1984 et 1985), cependant les résultats sont difficilement transposables en raison de la variabilité des matières premières utilisées mais surtout à cause des procédés d'obtention des drêches qui diffèrent d'un site industriel à un autre. De ce fait un certain nombre de freins subsistent quant à leur utilisation en alimentation animale : variabilité de leur composition chimique, mauvaise connaissance de leur teneur en nutriments digestibles. De plus la fabrication d'alcool a été souvent soupçonnée de donner des produits dont la valeur alimentaire est faible à cause d'une dénaturation des protéines et une teneur en fibres élevée. C'est pourquoi nous avons entrepris deux essais de digestibilité, l'un de digestibilité fécale et l'autre de digestibilité iléale afin de cerner la valeur alimentaire pour le porc de ce nouveau produit.

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Matière première expérimentale (tableau 1)

Les drêches étudiées proviennent de la distillerie de la SICA BRIE-CHAMPAGNE-ETHANOL située à Provins (77).

**Tableau 1** - Composition des drêches de bio-éthanol (g ou Mcal/kg MS)

Matière sèche (g/kg brut)	908
Matière azotée totale	333
Cellulose brute	59
NDF	286
ADF	72
ADL	20
Amidon	96
Matière grasse	71
Sucre	59
Calcium	1,7
Phosphore	9,0
Énergie brute	4,91

Pour l'obtention d'éthanol le blé est moulu grossièrement et une partie des sons est éliminée. La farine subit une phase d'empâtage puis l'hydrolyse de l'amidon est assurée par une opération enzymatique donnant des dextrines. Le substrat restant est traité par une enzyme de saccharification conduisant au glucose. Le glucose est ensuite fermenté par des levures afin d'obtenir l'alcool qui sera distillé. Le co-produit de l'éthanol ainsi obtenu étant très visqueux à cause de sa teneur élevée en gluten, on lui additionne une partie des sons qui

avaient été éliminés en début d'opération. L'ensemble (drêches) est ensuite séché par un procédé à haute température et temps de passage court. Enfin les drêches sont granulées à l'aide d'une filière de 6 mm. La composition chimique de ces drêches de bio-éthanol, constituées essentiellement de sons, gluten et levures, est donnée au tableau 1.

### 1.2. Aliments expérimentaux (tableau 2)

La matière première à tester ne peut être consommée seule en grande quantité à cause de ses teneurs élevées en cellulose et matière azotée totale, c'est pourquoi il est nécessaire de la mélanger à un autre régime.

Pour la mesure de digestibilité fécale apparente les drêches sont mélangées en proportion égale, sur la base du produit brut, à un régime de base, constitué de blé et de tourteau de soja, qui fait par ailleurs l'objet d'une mesure de digestibilité. Les coefficients de digestibilité sont ainsi calculés par «différence».

Pour la mesure de digestibilité iléale apparente des acides aminés les drêches sont mélangées à un aliment dit «protéoprive», constitué d'amidon de maïs, de sucre et de C.M.V., de sorte que la matière azotée de l'aliment distribué aux animaux, fixée à 170 g MAT/kg, ne provienne que des drêches.

### 1.3. Animaux et conduite expérimentale

#### 1.3.1. Essai de digestibilité fécale

Chaque aliment (base ou aliment contenant la drêche) est testé sur quatre porcs, mâles castrés, pesant entre 35 et 80 kg, de génotype croisé (LW LR x LW P, schéma CADS). Les animaux sont placés en cage à métabolisme permettant une collecte séparée des urines et fèces.

L'aliment est distribué en deux repas par jour, selon un plan de rationnement énergétique progressif établi selon le poids des animaux. L'eau est par ailleurs disponible en permanence à volonté.

Chaque test est composé de deux phases: une phase de précollecte de 11 jours suivie d'une phase de collecte de 10 jours pendant laquelle la totalité des fèces est récoltée chaque jour et pour chaque animal. La phase de précollecte permet à l'animal de s'adapter à son nouveau régime et permet également de préciser les quantités d'aliment susceptibles d'être consommées par les animaux. Pendant la phase de collecte les quantités d'aliment distribués restent constantes (de même que pendant les trois derniers jours de la phase d'adaptation).

#### 1.3.2. Essai de digestibilité iléale

L'aliment est testé sur quatre porcs, mâles castrés, pesant entre 40 et 70 kg, de race LW. Ces porcs sont sélectionnés vers 25 kg et préparés en anastomose iléo-rectale termino-terminale selon la technique décrite par LAPLACE et al. (1989). Les animaux sont nourris deux fois par jour; le niveau alimentaire retenu est de 2,6 fois les besoins d'entretien soit 285 kcal ED / kg PV <sup>0,75</sup>. Ils disposent en outre d'eau à volonté.

Chaque test se déroule en deux phases: 5 jours d'adaptation suivis de 2 jours de collecte durant lesquels les jus iléaux sont totalement récoltés par animal.

**Tableau 2 - Composition et caractéristiques chimiques des aliments expérimentaux**

	Régime de base	Digestibilité fécale Aliment à base de drêches	Digestibilité iléale Aliment à base de drêches
<b>Composition des aliments expérimentaux (%)</b>			
Blé	76	38,6	-
T.Soja	20	10,2	-
C.M.V. Porc charcutier	4	2	-
Drêches	0	49,2	56,1
Amidon de maïs	-	-	19,2
Sucre	-	-	19,2
C.M.V Porc «shunté»	-	-	5,5
<b>Caractéristiques chimiques des aliments expérimentaux (g/kg MS)</b>			
Matière sèche (g/kg)	892	905	921
Matière azotée	202	266	186
Cellulose brute	30	45	-
NDF	115	174	-
ADF	35	53	-
ADL	5,9	1,3	-
Amidon	538	329	-
Matière grasse	19	41	-
Sucres	44	49	-
Matière organique	939	941	-

#### 1.4. Analyses

Les drêches de blé, ainsi que les aliments destinés aux mesures de digestibilité fécale, font l'objet d'une analyse chimique classique au laboratoire ITCF: matière azotée totale (KJELDAHL x 6,25), cellulose brute (WEENDE), NDF, ADF, ADL (VAN SOEST), amidon (EWERS), matières grasses (avec hydrolyse préalable), calcium et phosphore. Leur teneur en énergie brute est d'autre part déterminée. En outre les teneurs en acides aminés excepté en tryptophane, (hydrolyse HCl 6N pendant 24 h) des drêches et de l'aliment destiné aux mesures de digestibilité iléale sont mesurées.

Pour l'essai de digestibilité fécale, la totalité des fèces excrétée par un animal et par jour est récoltée, pesée et stockée en emballage étanche à -18°C. A la fin de la période de collecte, après homogénéisation, un échantillon représentatif de l'ensemble de la période est prélevé par animal, et séché à l'étuve à 75°C pendant 48 heures pour détermination de la matière sèche. Cet échantillon est ensuite envoyé au laboratoire pour détermination de la matière azotée totale, de la matière minérale, de la matière grasse et de l'énergie brute.

Pour l'essai de digestibilité iléale et pour chaque animal les jus iléaux sont récoltés chaque jour, pesés et stockés à +4°C. A la fin de la période de collecte un échantillon représentatif est prélevé par animal: une partie est séchée à l'étuve pour détermination de la matière sèche, l'autre partie est lyophilisée pour détermination de la teneur en matière azotée et en acides aminés (excepté tryptophane).

#### 1.5. Comparaison des drêches à d'autres co-produits céréaliers

Les drêches de bio-éthanol sont comparées pour leurs teneurs en nutriments totaux et digestibles aux matières premières proposées dans les tables INRA (1989) auxquelles sont appliqués les coefficients de digestibilité iléale apparente mesurés par RPAN (1989).

## 2. RÉSULTATS - DISCUSSION

### 2.1. Composition chimique des drêches

Les drêches, par rapport au blé, sont plus riches en matière azotée totale (333 vs 131 g/kg MS) et en fibres (cellulose brute: 59 vs 27 g/kg MS, NDF: 286 vs 122 g/kg MS); ceci peut s'expliquer par le fait que lors de la fabrication de l'éthanol une partie des sons est éliminée, l'amidon est fermenté et les autres constituants concentrés. On constate 400 kcal d'énergie brute/kg MS d'écart entre le blé et les drêches vraisemblablement dus à la teneur élevée des drêches en matière grasse (71 vs 19 g/kg MS) (tableau 1).

### 2.2. Digestibilité fécale apparente de l'énergie et des constituants chimiques (tableau 3)

Les valeurs de digestibilité mesurées sur les drêches sont particulièrement élevées et ceci peut être relié au procédé de fabrication du bio-éthanol qui part d'une farine dont une partie des sons a été éliminée et non de la matière première entière,

ce qui limite de façon importante la teneur en fibres des drêches obtenues. Ces valeurs sont peut-être également liées au procédé utilisé pour sécher les drêches.

La digestibilité fécale apparente de l'énergie des drêches s'élève à 78,1%, ce qui aboutit à une teneur en énergie digestible de 3,83 Mcal/kg MS. La digestibilité de la matière organique est proche de celle de l'énergie (79,2%). Ces

valeurs sont à relier à la teneur élevée des drêches de blé en matière grasse (71 g/kg MS) et à une digestibilité élevée de ce nutriment (68,3%). Bien que la digestibilité fécale apparente de l'énergie des drêches soit inférieure de 9 points à celle du blé (78% vs 87%), les deux matières premières montrent des teneurs en énergie digestible très proches (3,85 vs 3,83 Mcal/kg MS), du fait que la teneur en énergie brute des drêches est supérieure à celle du blé.

**Tableau 3** - Digestibilité fécale apparente et teneurs en nutriments digestibles des drêches de bio-éthanol

Nutriment	Digestibilité fécale apparente (%)	Nutriments digestibles (g ou Mcal/kg MS)
Matière sèche	76,7	767
Matière azotée totale	87,3	291
Matière organique	79,2	678
Matière grasse	68,3	49
Énergie	78,1	3,83

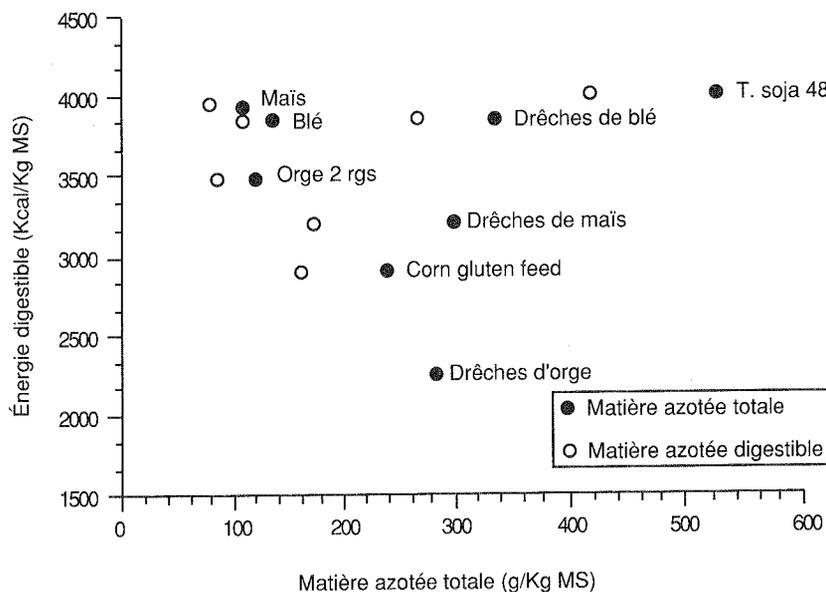
Cependant le calcul de l'énergie nette des drêches par l'équation EN19 proposée par NOBLET et al. (1989), montre que la teneur en matière azotée totale élevée des drêches conduit à une teneur en énergie nette très inférieure à celle du blé: le rapport EN/ED vaut 76% pour le blé et 62% pour les drêches de bio-éthanol (figures 1 et 2).

Par rapport à d'autres sous produits de l'industrie céréalière, les drêches de bio-éthanol sont plus riches en énergie digestible (+20%, +33% et +70% par rapport à des drêches de distillerie de maïs, un corn gluten feed et des drêches de brasserie respectivement). Cette comparaison, effectuée avec les valeurs d'énergie nette estimée par l'équation EN19, montre que drêches de maïs et drêches de blé sont équivalentes et que la différence est plus marquée avec les drêches d'orge (+2%, +33% et +88% par rapport à des drêches de distillerie de maïs, un corn gluten feed et des drêches de brasserie respectivement) (figures 1 et 2).

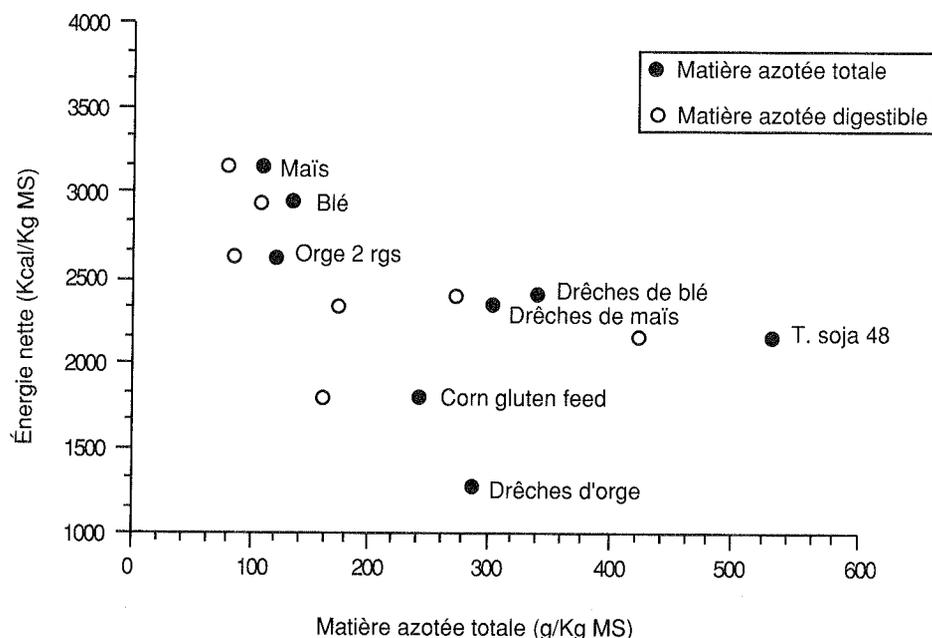
La fabrication de drêches de bio-éthanol dégrade de façon moins importante la valeur énergétique de la matière première que les autres procédés industriels utilisés: alors que les drêches de bio-éthanol et le blé ont la même énergie digestible on constate des écarts atteignant 19% et 27%, entre le maïs et des drêches de distillerie et le corn gluten feed respectivement et 37 % entre l'orge à deux rangs et les drêches de brasserie (figures 1 et 2).

Enfin la digestibilité fécale de la matière azotée (87,3%) est particulièrement élevée et est comparable à celle du blé et du tourteau de soja. Etant données les teneurs en matière azotée totale de ces trois matières premières, les drêches se situent à un niveau intermédiaire entre le blé et le tourteau de soja pour leur teneur en matière azotée digestible (114, 291 et 458 g MAD/kg MS pour le blé, les drêches de blé et le tourteau de soja respectivement).

**Figure 1** - Teneurs comparées des drêches de bio-éthanol et d'autres matières premières en énergie digestible (digestibilité fécale apparente) et matière azotée totale et digestible (digestibilité iléale apparente)



**Figure 2** - Teneurs comparées des drêches de bio-éthanol et d'autres matières premières en énergie nette (EN19, Noblet et al., 1989) et matière azotée totale et digestible (digestibilité iléale apparente)



### 2.3. Digestibilité iléale apparente de la matière azotée et des acides aminés (tableau 4)

La digestibilité iléale apparente de la matière azotée des drêches de bio-éthanol, comme leur digestibilité fécale, est équivalente à celle du blé ou du tourteau de soja. La différence de 8 points constatée entre digestibilités fécale et iléale est conforme aux différences énoncées dans la littérature. Par rapport au blé les drêches de bio-éthanol contiennent 159 g de

matière azotée digestible avant la fin de l'iléon / kg MS en plus et par rapport au tourteau de soja 151 g en moins.

La digestibilité iléale apparente de la plupart des acides aminés indispensables est supérieure à 80% avec, dans un ordre décroissant, la phénylalanine (88,5%), la méthionine (88,0%), l'arginine (86,6%), la leucine (83,3%), la thréonine (81,1%), l'histidine (80,7%) et la valine (80,7%); les acides aminés indispensables les moins digestibles sont l'isoleucine (78,9%) et surtout la lysine (61,8%).

**Tableau 4** - Digestibilité iléale apparente de la matière azotée et des acides aminés pour les drêches de bio-éthanol

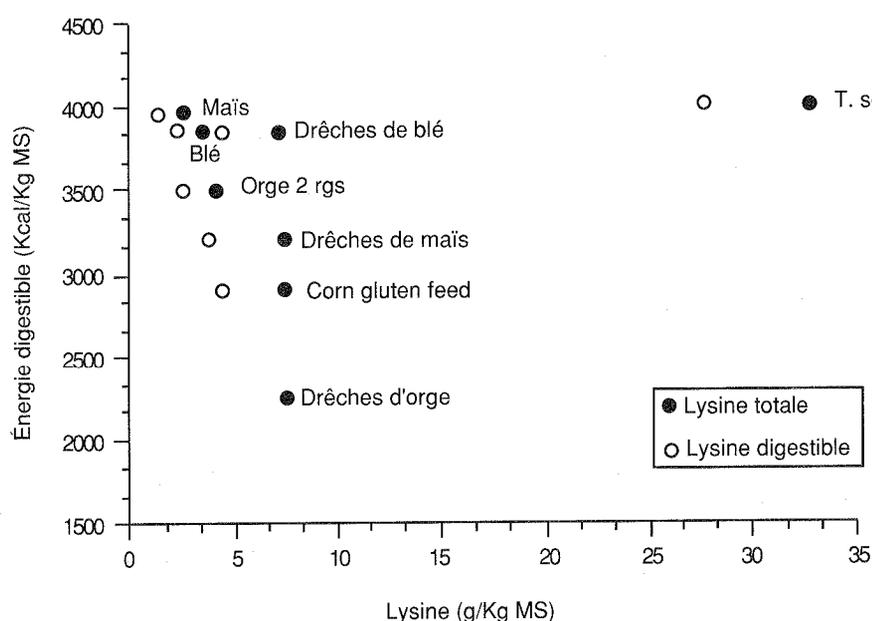
Acides aminés	Digestibilité (%)		Acides aminés digestibles (g/kg MS)
	iléale apparente	(écart-type)	
MAT	79,3	(2,1)	264
LYS	61,8	(7,4)	4,59
THR	81,1	(1,8)	10,06
MET	88,0	(1,3)	7,22
CYS	76,8	(0,6)	8,39
ALA	73,8	(3,6)	8,09
ARG	86,6	(0,69)	13,02
ASP	77,3	(1,5)	10,28
GLU	88,7	(2,0)	74,5
GLY	71,8	(6,5)	8,53
HIS	80,8	(2,4)	5,47
ILE	78,9	(3,2)	8,64
LEU	83,3	(0,7)	13,13
PHE	88,5	(1,9)	13,89
SER	84,1	(1,1)	11,05
TYR	86,4	(1,1)	7,77
VAL	80,7	(3,1)	9,63

La digestibilité iléale apparente de la lysine est inférieure à celle du blé (62% vs 68%) et équivalente à celle du corn gluten feed. La teneur en lysine des drêches de bio-éthanol est le double de celle du blé (7,4 vs 3,7 g/kg MS) et équivalente à celle des autres co-produits de l'industrie céréalière (figure 3). Au total les drêches de bio-éthanol contiennent autant de lysine digestible que le corn gluten feed et 2,1 g/kg MS de plus que le blé.

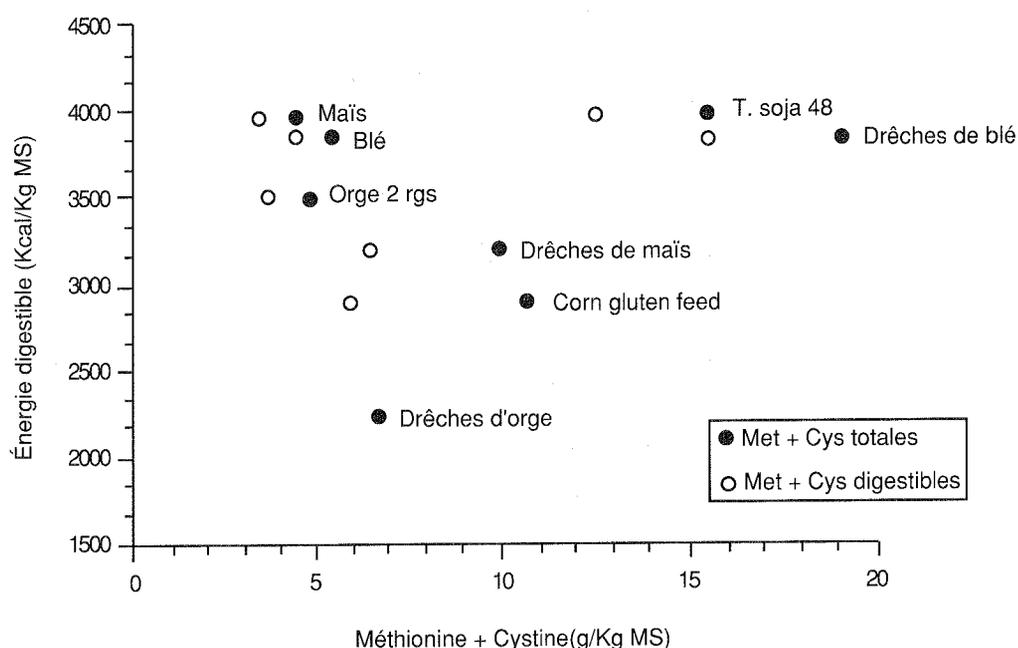
La digestibilité iléale apprente des acides aminés soufrés des drêches de bio-éthanol est aussi élevée que celle du blé alors que la digestibilité des acides aminés soufrés est dégradée par rapport au maïs pour les sous produits de distillerie ou

d'amidonnerie. En outre la teneur en acides aminés soufrés totaux des drêches de bio-éthanol est particulièrement élevée: avec 19,1 g/kg MS elle est 3,5 fois supérieure à celle du blé et dépasse de 3,5 g/kg MS celle du tourteau de soja 48 (15,6 g/kg MS); par rapport aux autres procédés industriels la fabrication de bio-éthanol concentre davantage les acides aminés soufrés puisque la teneur des drêches de distillerie de maïs est 2,4 fois supérieure à celle du maïs, celle du corn gluten feed 2,2 fois supérieure à celle du maïs et celles des drêches de brasserie 1,4 fois supérieure à celle de l'orge à deux rangs. Ceci conduit à un produit particulièrement riche en acides aminés soufrés digestibles avec une teneur 3,5 fois supérieure à celle du blé et de 3 g/kg MS supérieure à celle du tourteau de soja 48 (figure 4).

**Figure 3** - Teneurs comparées des drêches de bio-éthanol et d'autres matières premières en énergie digestible (digestibilité fécale apparente) et lysine totale et digestible (digestibilité iléale apparente)



**Figure 4** - Teneurs comparées des drêches de bio-éthanol et d'autres matières premières en énergie digestible (digestibilité fécale apparente) et acides aminés soufrés totaux et digestibles (digestibilité iléale apparente)

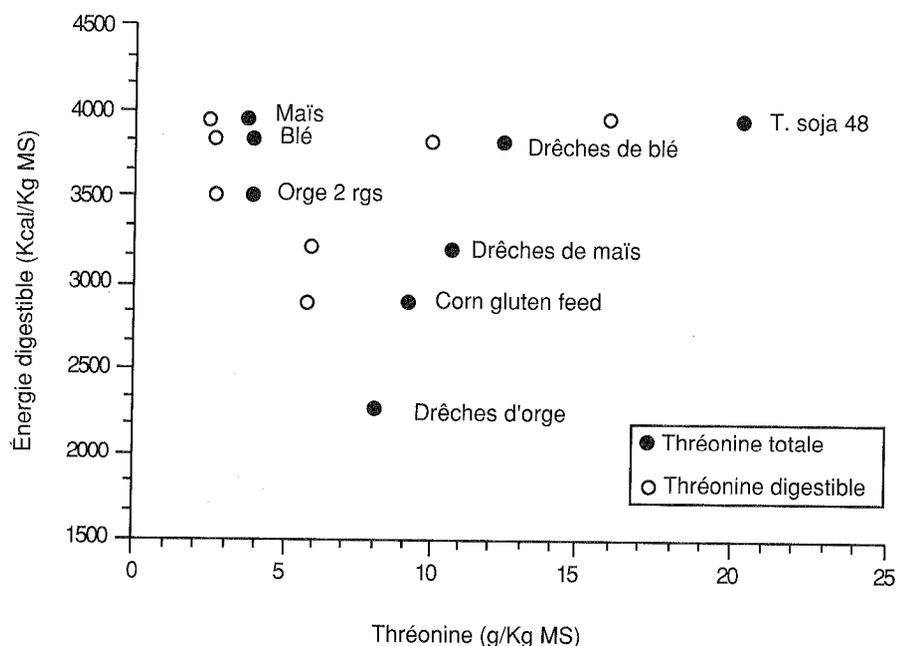


Les drêches de bio-éthanol montrent une digestibilité de la thréonine équivalente à celle du tourteau de soja et supérieure de 13 points à celle du blé, alors que la digestibilité de la thréonine est dégradée pour les sous produits de l'industrie du maïs. De plus la teneur en thréonine totale des drêches de bio-éthanol est 3,4 fois supérieure à celle du blé alors que celle des drêches de distillerie de maïs ou le corn gluten feed sont 2,5 et 2,7 fois supérieures à celle du maïs et celle des drêches de brasserie 2,0 fois supérieure à celle de l'orge à deux rangs. Au

total les drêches de bio-éthanol contiennent 3,7 fois plus de thréonine digestible que le blé (figure 5).

Par rapport au blé on ne constate pas de dégradation de la digestibilité iléale de la matière azotée ce qui semble indiquer que le procédé industriel utilisé, notamment la quantité de chaleur communiquée au produit lors du séchage, n'est pas dégradant pour ce critère.

**Figure 5** - Teneurs comparées des drêches de bio-éthanol et d'autres matières premières en énergie digestible (digestibilité fécale apparente) et thréonine totale et digestible (digestibilité iléale apparente)



## CONCLUSION

La comparaison des drêches de bio-éthanol à d'autres matières premières couramment utilisées dans l'alimentation du porc montre qu'il s'agit d'un produit à la fois riche en énergie digestible et matière azotée digestible. Par rapport à la matière sèche un kilogramme de drêche fournit la même quantité d'énergie digestible qu'un kilogramme de blé tout en apportant 160 g d'azote digestible avant la fin de l'iléon supplémentaires, dont 2,1 g de lysine digestible, 11,1 g d'acides aminés soufrés digestibles et 7,3 g de thréonine digestible. Par rapport aux autres procédés de l'industrie céréalière (distillerie de maïs ou

amidonnerie de maïs, brasserie), la fabrication de bio-éthanol à la distillerie de Provins aboutit à un produit très digestible tant pour la matière azotée que pour l'énergie, qui semble intéressant pour l'alimentation du porc.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été conduit par l'IRTAC dans le cadre du groupe «Valorisation des co-produits de la fabrication d'éthanol à partir de céréales»; il a bénéficié de financements publics de la part de l'ONIC, l'AFME et la DGAL que nous remercions.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porcs, lapins, volailles. INRA éd., Paris, 2<sup>ème</sup> édition, 282 pp.
- LAPLACE J.P., DARCY-VRILLON B., PEREZ J.M., HENRY Y., GIGER S., SAUVANT D., 1989. Brit. J. Nutr., 61, 75-87.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible, métabolisable et nette des aliments pour le porc. INRA Ed., Paris, 106 pp.
- NÄSI M., 1984. J. Agric. Sci. Finl., 56, 221-226.
- NÄSI M., 1985. J. Agric. Sci. Finl., 57, 255-262.
- RPAN, 1989. Nutrition guide, formulation des aliments en acides aminés digestibles. RPAN éd., Commeny, 34 pp.