



Décembre 2003

# GRAINES ENTIERES de SOJA : de l'énergie et des protéines

Par son équilibre en protéines et en huile, la graine de soja constitue un bon compromis alimentaire pour fournir les acides aminés dont l'animal a besoin et de l'énergie.

Afin d'assurer leur autonomie alimentaire et la traçabilité des sources de protéines, de nombreux éleveurs souhaitent cultiver du soja pour nourrir leurs animaux. Si l'utilisation optimale des graines de soja nécessite des traitements thermiques adaptés, des études cherchent néanmoins à préciser les conditions d'utilisation des graines de soja crues.

## Composition fourragère moyenne des graines de soja

(en % du produit brut à 11 % d'humidité)

Protéines	35
Matières grasses	18
ENA (1)	22
Cellulose brute	5
ADF (2)	8,4
NDF (3)	12
Matières minérales	4,45
<b>Principaux minéraux</b>	
Calcium	0,28
Phosphore	0,55
Sodium	0,01
Potassium	1,83
Chlore	0,02
Magnésium	0,31
<b>Composition en acides aminés</b>	
Lysine	2,16
Méthionine	0,53
Méthionine + Cystéine	1,09
Tryptophane	0,44
Thréonine	1,40
Glycine + Sérine	3,35
Leucine	2,63
Isoleucine	1,68
Valine	1,66
Histidine	0,98
Arginine	2,74
Phénylalanine + Tyrosine	3,04

(1) ENA : extractif non azoté (glucides)

(2) ADF : Acid Detergent Fiber (ligno-cellulose)

(3) NDF : Neutral Detergent Fiber (parois végétales)

Source : INRA-Io7, 2002



Graines de soja.

## Valeurs nutritionnelles des graines de soja extrudées pour les monogastriques

(kcal/kg de produit brut)	INRA	Io7
Energie brute	4 870	4 920
<b>Volaille</b>		
Energie métabolisable (coq)	3 450	3 590
<b>Porc en croissance</b>		
Energie digestible	3 800	4 540
Energie nette	2 560	-

Source : INRA-Io7, 2002

## Valeurs nutritionnelles des graines de soja pour les ruminants

(/kg brut)	Graine crue	Graine extrudée
UFL (1)	1,08	1,27
UFV (2)	1,05	1,27
PDIN (3)	215	262
PDIE (4)	76	214

(1) unité fourragère pour la lactation

(2) unité fourragère pour la viande

(3) protéines digestibles dans l'intestin pour lesquelles l'azote est le facteur limitant de l'activité microbienne du rumen

(4) protéines digestibles dans l'intestin pour lesquelles l'énergie est le facteur limitant de l'activité microbienne du rumen

Source : INRA, 2002

# DES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES POUR DÉTRUIRE LES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS

La graine de soja contient des facteurs antinutritionnels dont les plus importants et les plus étudiés pour leur impact sur la physiologie sont :

## Les inhibiteurs de protéases

L'ingestion de graines de soja crues entraîne une altération de la digestion des protéines par inhibition de deux enzymes digestives sécrétées par le pancréas, la trypsine et la chymotrypsine, responsables de la digestion des protéines alimentaires. L'efficacité alimentaire se détériore, ce qui se traduit par une baisse de croissance des animaux. Il existe deux principaux inhibiteurs tryptiques : le facteur de Kunitz, thermolabile, et celui de Bowman-Birk, beaucoup plus stable. L'activité antitryptique moyenne

des graines de soja est de 39 UTI/ mg (UTI : unité tryptique internationale) mais elle peut varier de façon importante selon l'origine du soja (3,4 à 71 UTI/mg).

## Les hémagglutinines ou lectines

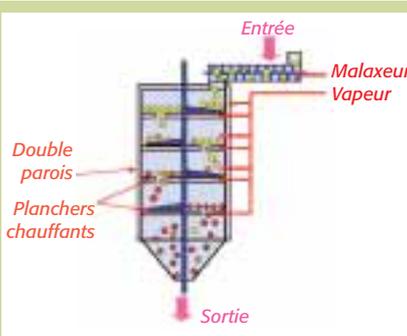
Ces substances, dont les plus connues sont la ricine de la graine de ricin, la soyine du soja et la phasine du haricot, ont la faculté de se fixer au niveau des cellules de la muqueuse intestinale (membranes des microvillosités) et d'empêcher ainsi l'absorption intestinale

des acides aminés, de la vitamine B12 et des polysaccharides. Elles sont thermolabiles.

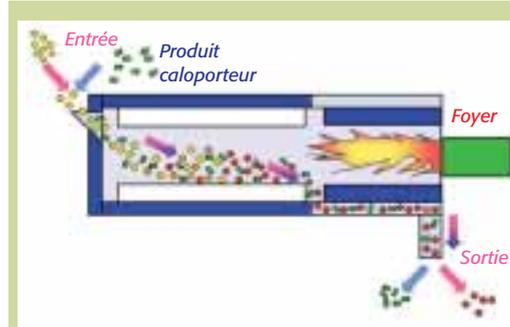
## L'urée

Cette enzyme contenue dans la graine de soja crue permet de transformer l'urée en gaz carbonique et en ammoniac. La consommation de soja cru en quantité importante dans des rations enrichies en urée pour les ruminants peut conduire à des intoxications ammoniacales, la flore microbienne ne pouvant assimiler la totalité de l'ammoniac produit.

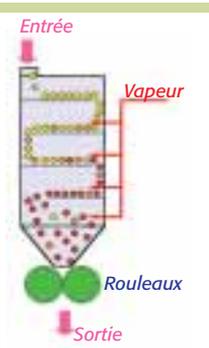
Différents procédés industriels, basés sur l'échauffement de la graine broyée ou non, permettent d'abaisser la teneur de ces facteurs antinutritionnels :



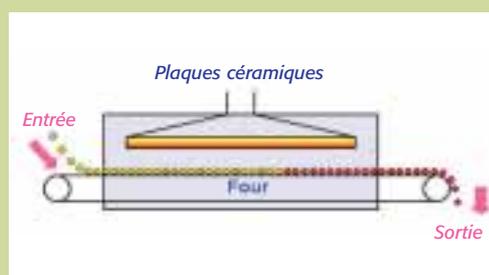
**Le toastage** consiste à chauffer les graines par injection de vapeur (cuisson humide) entre 110 et 130°C pendant 30 minutes.



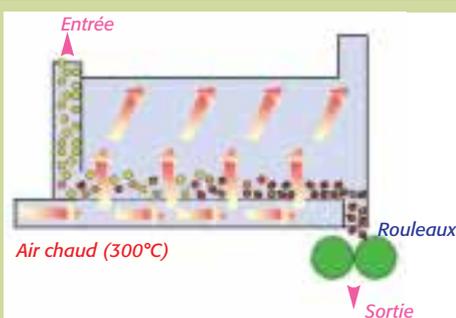
**La torréfaction** : les graines non broyées sont chauffées durant quelques minutes à 160 - 180 °C par conduction dans un cylindre (cuisson sèche).



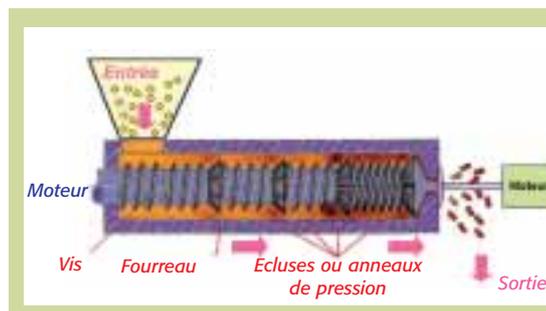
**Le floconnage** : les graines sont cuites en milieu humide à moins de 100°C et pendant 10 à 20 minutes, puis elles sont aplaties à chaud et refroidies.



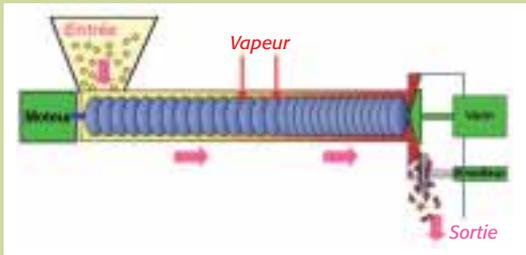
**La micronisation** : les graines entières ou broyées passent sous une rampe à rayonnement infra-rouge, chauffée au gaz ou à l'électricité (2 000 à 6 000 nm pendant 45 - 90 secondes, à 120 - 145 °C).



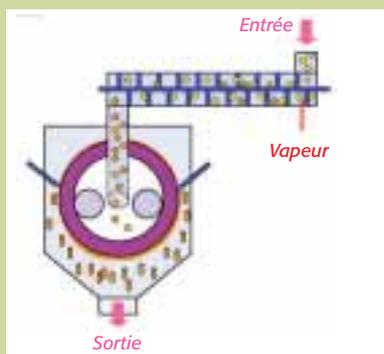
**Le jet-spoding** fait passer les graines dans un courant d'air sec chauffé à 300°C pendant un temps court de 10 à 60 secondes (cuisson sèche). Les graines éclatent et gonflent par évaporation de l'eau qu'elles contiennent.



**L'extrusion** : la graine, pré-chauffée dans un conditionneur, est portée à des températures de l'ordre de 150°C pendant 10 à 30 secondes et à des pressions entre 30 et 80 bars.



**L'expansion** : la graine atteint 120°C, durant 15 à 30 secondes, avec des pressions de 30 à 40 bars et expansion en sortie par vaporisation de l'eau. Plus simple que l'extrusion, ce procédé convient bien au soja.



**La granulation** : après conditionnement à la vapeur (6 - 20 secondes à 45 - 85°C), les graines moulues passent à travers une filière. Les températures atteintes sont inférieures à 100°C et le produit sort sous forme de granulés ou de bouchons selon la filière employée.

Source : TECALIMAN

## VALEURS NUTRITIONNELLES DES GRAINES DE SOJA

Si la composition fourragère est relativement constante, malgré quelques variations sur les teneurs en protéines et en huile selon les variétés et les lieux de production, la valeur nutritionnelle dépend surtout des technologies appliquées pour traiter les différents inhibiteurs.

### Effet du type de traitement sur l'énergie métabolisable du jeune poulet

Traitement	Energie métabolisable (kcal/kg brut)	Indice/graines crues
Extrusion sèche	4 278	133
Extrusion voie humide	4 159	129
Micronisation	4 135	128
Torréfaction	3 776	117
Jet-sploding	3 705	115
Graines crues	3 226	100

Source : Wiseman, 1984



UCAAB

L'extrusion sèche est le procédé le plus performant au niveau énergétique : en cisillant les parois cellulaires, il met à disposition la matière grasse des graines. Une certaine température est nécessaire pour réduire fortement les inhibiteurs trypsiques mais, comme pour le toastage des tourteaux, il ne faut pas

aller trop loin. Au delà de 140°C, l'efficacité protéique est diminuée. Un compromis doit donc être trouvé entre la réduction des facteurs antinutritionnels et l'efficacité alimentaire. De ce fait, on trouve sur le marché des produits de valeurs nutritionnelles très variables. Pour la formulation, il est

donc primordial de référencer la valeur du produit en l'associant au procédé technologique appliqué.

### Effets des conditions d'extrusion sur l'efficacité protéique des graines de soja

Température d'extrusion (C°)	Réduction de l'activité antitrypsique en %	Coefficient d'efficacité protéique (*)
121	0	1,35
132	30	1,41
138	27	1,55
143	57	1,94
149	74	1,78

\* CEP : gain de poids en gramme par gramme de protéine consommée par un rat. Le CEP de la caséine, protéine de référence, est de 2,5.

Source : Lorenz et AL, 1980



L'Institut technique du porc (ITP) a mené sur sa station d'expérimentation de Villefranche-de-Rouergue une expérimentation sur porcelet, visant à comparer des graines provenant de différentes usines et appliquant des traitements technologiques différents : toastage seul, toastage suivi d'un floconnage, extrusion. Les produits ont été testés

lors de trois essais successifs impliquant 360 porcelets à chaque fois, avec des graines de soja provenant de 7 usines différentes.

L'aliment deuxième âge était à base de blé (56 %), de tourteau de soja (20 %) et de graines de soja (15 %). Il a été complété en acides aminés de synthèse et en minéraux (4,5 %). Les performances des porcelets ont été mesurées de 7,5 à 26 kg, la durée du postsevrage variant de 35 à 41 jours selon les essais.

Malgré la variabilité des teneurs en inhibiteurs antitrypsiques des lots de graines (de 2,9 à 15,2 UTI/mg), la consommation d'aliments ne diffère pas selon les

lots. Pourtant, d'après le test à l'uréase, un lot semblait insuffisamment cuit (activité uréasique de 0,45 mg/g contre 0,01 à 0,12 mg/g pour les autres lots). Les croissances des animaux étaient semblables dans les trois essais, quels que soient les traitements appliqués aux graines de soja. Seule l'extrusion n°2 du deuxième essai était significativement plus faible, sans qu'on puisse pour autant relier ce résultat au taux d'inhibiteurs ou à une cuisson insuffisante. Il faut donc relativiser l'impact réel des différences de traitements thermique des graines sur l'efficacité alimentaire.

## Performances zootechniques des animaux

		Graines toastées	Graines toastées puis floconnées	Graines extrudées 1	Graines extrudées 2
Essai 1	GMQ	469	481	476	468
	IC	1,52	1,55	1,50	1,56
Essai 2	GMQ	463	470	466	436
	IC	1,57	1,57	1,56	1,60
Essai 3	GMQ	447	457	459	454
	IC	1,60	1,54	1,52	1,57

GMQ : Gain moyen quotidien (g/j)

IC : Indice de consommation

Source : Royer, Albar et Granier, ITP, 2001

## ... ET CHEZ LES VACHES LAITIÈRES



Les graines entières de soja broyées peuvent être utilisées en quantité limitée chez les ruminants - vaches laitières surtout - sans altérer la digestion des

protéines. Cet usage est particulièrement intéressant chez les vaches laitières à haute production (VLHP) en début de lactation : leur appétit étant diminué, on cherche à augmenter la concentration énergétique de la ration par des lipides qui peuvent être apportés par des graines entières d'oléagineux. Les facteurs antinutritionnels des graines de soja broyées étant détruits par la fermentation dans le rumen, il n'y a pas d'effet antitrypsique. La limitation vient de la quantité totale de matières grasses (MG) qui ne doit pas dépasser 5 % de la matière sèche (MS) ingérée (tenir compte de l'apport éventuel des lipides

du maïs ensilage), soit un apport maximal en MG de 0,8 à 1 kg pour 20 kg de MS ingérée.

Une vache adulte peut ingérer jusqu'à 4,5 - 5 kg de graines de soja pour une teneur en huile du soja de 18 %. Des quantités plus importantes pourraient entraîner des désordres de l'activité du rumen par destruction des protozoaires. Un effet favorable sur la production laitière a été constaté à long terme, au delà de 120 jours. Ce complément est plus riche en énergie qu'en azote : 244 PDIN pour 86 PDIE (sur MS). La valeur énergétique est de 1,23 UFL et 1,19 UFV par kg de MS.

**Pour toute information complémentaire, contactez :  
Jacques Evrard (evrard@cetiom.fr) ou Jean-Jacques Baudet (baudet@cetiom.fr).**