

INRA Prod. Anim.,  
2000, 13 (2), 109-116

F. LEBAS

INRA Station de Recherches Cunicoles,  
BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex

e-mail : lebas@toulouse.inra.fr

# Granulométrie des aliments composés et fonctionnement digestif du lapin

La granulométrie des aliments a des effets spécifiques chez le lapin, liés aux particularités digestives de cette espèce. Cet article présente les travaux sur l'effet de la finesse de broyage des aliments et ses conséquences zootechniques potentielles.

Le rôle spécifique des particules d'origine alimentaire dans le fonctionnement digestif des lapins et plus particulièrement dans celui de la caecotrophie a été démontré pour la pre-

## Résumé

La taille des particules alimentaires joue un rôle très spécifique dans le fonctionnement de la caecotrophie du lapin. Ainsi les particules fines (moins de 0,1 mm) tendent à être refoulées vers le cæcum lors de la fabrication des crottes dures, tandis que les particules grossières (plus de 0,3 mm) sont incorporées préférentiellement dans ces mêmes crottes dures. La mise au point d'une méthode de mesure de la taille des particules contenues dans les aliments granulés a permis de démontrer le broyage important effectué par la presse à granuler, ce qui limite fortement l'interprétation de toute mesure de granulométrie faite avant granulation sur un aliment encore en farine. En outre, les particules intervenant principalement dans le fonctionnement des parties postérieures du tube digestif (cæcum, côlon), l'intérêt de la connaissance de la répartition des tailles de particules dans l'aliment reste limité, puisqu'une partie de ces particules sera digérée avant d'atteindre la deuxième moitié du tube digestif. Les travaux de recherche ont donc porté principalement sur les effets du broyage plus ou moins fin d'un même aliment. Ainsi, un broyage fin des matières premières modifie l'activité motrice du tube digestif, en particulier en augmentant le temps de séjour dans le cæcum. Une amélioration significative de la digestibilité des aliments par un broyage très fin (grille de 0,25 mm) a pu être démontrée (+7 points de digestibilité de la MO). Par contre, avec les types de mouture réalisables avec les broyeurs classiquement disponibles dans les usines de fabrication des aliments du bétail, la digestibilité n'est pas modifiée, ou seulement de manière insignifiante. Comparativement à un aliment broyé avec une grille grossière (orifices de 7 à 10 mm), un aliment finement broyé (orifices de 2 à 3 mm) sera consommé en quantité éventuellement un peu plus faible, mais sans modification de la vitesse de croissance. En revanche, le risque de troubles digestifs mortels (diarrhées) sera légèrement accru. En conclusion, si des effets physiologiques nets liés à la répartition des tailles de particules alimentaires peuvent être démontrés, les effets zootechniques attendus chez les lapins en production sont beaucoup plus frustes.

mière fois par Björnhag en 1972. Cet auteur a en particulier démontré que lors de la fabrication des crottes dures, les particules fines tendent à être séparées de la masse du contenu digestif dans le côlon proximal et à être refoulées vers le cæcum en même temps qu'une partie des liquides et des fractions solubles. Ce mécanisme est permis par des combinaisons d'ondes de contraction sans déplacement apparent (séparation des particules fines et des liquides se plaçant dans les séries de renflement formées par la paroi et maintien des particules grossières au centre de la lumière cæcale) et d'ondes de contraction propulsives péristaltiques et surtout anti-péristaltiques (Bouyssou *et al* 1988). Dans le même temps, les particules grossières tendent à rester sur place lors du passage des ondes anti-péristaltiques puis à prendre la direction du rectum à l'occasion du passage des ondes péristaltiques.

Selon Björnhag, les particules grossières seraient celles restant sur un tamis à mailles de 0,3 mm et les particules fines celles passant à travers des mailles de 0,1 mm.

## 1 / Mesure de la taille des particules

Pour déterminer l'incidence précise de la granulométrie des aliments sur le fonctionnement digestif, il est nécessaire de connaître la taille des particules alimentaires. Lorsque l'aliment est distribué en farine, la détermina-

**Tableau 1.** Proportion de particules (en % MS de l'aliment) restant sur les différents tamis lors du tamisage de deux préparations du même aliment en fonction du mode de tamisage et du stade de fabrication (d'après Lebas et Lamboley 1999). L'aliment contenait 25% de paille, 25% de luzerne déshydratée, 31% de blé, 16% de tourteau de soja + minéraux et vitamines.

Préparation	Broyage fin			Broyage grossier		
	Farine à sec	Farine avec eau	Granulé avec eau	Farine à sec	Farine avec eau	Granulé avec eau
Maille des tamis (mm)						
1,000	0,5	0,8	0,4	31,9	33,7	7,6
0,500	18,6	17,3	8,5	25,8	10,5	14,8
0,315	29,1	17,4	14,4	12,9	6,8	10,1
0,100	37,7	16,3	20,3	18,2	9,1	13,4
< 0,100 & soluble	16,1	48,2	56,4	11,1	39,8	54,2

**Chez le lapin, la taille des particules joue un rôle principalement dans les parties postérieures du tube digestif.**

tion des différentes fractions par tamisage physique est assez aisée. Elle est en revanche plus problématique lorsque l'aliment est granulé. Or les aliments des lapins utilisés pour la production commerciale sont systématiquement agglomérés. Après différents essais, nous avons mis au point une technique de mesure de la proportion des différentes particules contenues dans un granulé après délitage dans l'eau et tamisage en milieu liquide. Cette méthode mise au point au début des années 80, n'a été publiée que récemment (Lebas et Lamboley 1999). Elle est relativement bien adaptée pour la détermination des particules moyennes et grossières (plus de 0,1 mm de diamètre), mais est imparfaite pour les petites particules puisque celles-ci sont confondues avec la fraction soluble des matières alimentaires. Son avantage principal est la simplicité de sa mise en œuvre et la modestie de l'investissement nécessaire, mais elle reste d'une précision limitée (coefficient de variation moyen de l'ordre de 5 %) et, en général, nous conseillons de faire au moins quatre déterminations par échantillon pour obtenir une valeur moyenne fiable et répétable.

Faute de disposer d'une telle méthode, certains auteurs ont étudié le rôle de la granulométrie des aliments sur le fonctionnement digestif en utilisant des aliments non granulés (Robinson *et al* 1986). Ceci ne correspond pas aux conditions optimales d'alimentation du lapin et, surtout, peut modifier certains paramètres de la physiologie digestive par rapport à une alimentation « classique » en granulés (Candau *et al* 1986). D'autres auteurs ont déterminé le profil granulométrique sur les farines avant de granuler celles-ci (Laplace et Lebas 1977). Or, à l'occasion de la mise au point de la méthode de mesure de la taille des particules contenues dans un aliment granulé, nous avons montré que les profils granulométriques mesurés à sec et en milieu humide sur des farines sont nettement différents (tableau 1), ce qui était attendu, mais, surtout, nous avons souligné le broyage effectué par la presse à granuler. Cet effet de réduction de la taille des particules est d'autant plus marqué que la proportion de grosses particules est élevée (broyage grossier des matières premières). Il n'en est pas moins vrai qu'il existe une relation étroite entre le profil granulométrique déterminé sur un aliment en farine et celui

du même aliment granulé, mais il ne saurait être question d'utiliser des mesures sur farine pour déterminer les proportions souhaitables des particules les unes par rapport aux autres pour fabriquer ensuite un aliment granulé.

Par ailleurs, les différents auteurs n'ont pas tous utilisé la même gamme de tamis pour caractériser les aliments, ce qui peut poser des problèmes d'extrapolation d'une série expérimentale à l'autre : par exemple, des particules d'une taille donnée sont incluses dans le groupe des particules de grande taille dans un essai et dans celui des particules de taille moyenne dans un autre essai.

En outre, et c'est un des points importants de la physiologie du lapin, la taille des particules intervient principalement dans les segments postérieurs du tube digestif (cæcum, côlon), alors que les particules alimentaires facilement dégradables (moutures de céréales par exemple) ont presque totalement disparu. Ainsi certaines grosses particules présentes dans l'aliment pourront jouer un rôle important dans les segments antérieurs du tube digestif, mais ne plus en jouer pour la partie postérieure en raison de leur digestion. C'est pourquoi la connaissance précise de la granulométrie d'un aliment, même pour les particules contenues dans les granulés, ne sera jamais qu'une indication très partielle du rôle que ces particules pourront jouer dans le tube digestif de l'animal.

Heureusement, pour les études sur les effets de la granulométrie des aliments chez le lapin, les différents auteurs ont pris la précaution de modifier les tailles de particules à partir des mêmes aliments en jouant seulement sur les finesses de broyage. Nous pouvons donc estimer que les effets qualitatifs ont été déterminés dans des conditions acceptables pour permettre une analyse globale. En revanche, il nous est très difficile de proposer ou même de suggérer des recommandations quant aux tailles de particules souhaitables dans un aliment ou quant à leur équilibre. Les effets dépendent plus de la nature des particules elles-mêmes que de leurs dimensions avant ingestion : à taille identique, des particules riches en amidon hautement digestible ou riches en fibres peu digestibles n'auront pas les mêmes conséquences physiologiques.

**Tableau 2.** Principales caractéristiques des quatre aliments expérimentaux utilisés par les équipes toulousaines de l'ENSAT et de l'ENVT pour étudier l'incidence de la taille des particules alimentaires sur le fonctionnement digestif du lapin. (L ou P : aliments à base de luzerne ou de pulpe de betterave, 1 ou 4 : grilles de broyage de 1 ou 4 mm).

Aliments	L1	L4	P1	P4
<b>Composition chimique (% MS)</b>				
- Protéines brutes	16,1	16,2	16,6	16,1
- Cellulose brute	14,9	16,3	12,3	13,1
- NDF	30,6	34,2	37,2	38,1
- ADF	18,5	20,4	17,2	17,8
- ADL	5,5	6,1	3,4	4,3
<b>% de particules restant sur le tamis à mailles (mm)</b>				
- 1,000	4,5	13,1	11,1	16,2
- 0,500	15,6	13,8	20,2	18,7
- 0,315	11,9	9,8	12,3	11,0
- 0,100	15,0	14,4	13,9	12,1
- 0,050	5,4	5,0	5,2	3,4
- Soluble et fines	47,5	43,9	37,4	36,7

## 2 / Effets de la taille des particules sur le fonctionnement digestif

Deux aliments, l'un à base de pulpe de betterave (50 %) et l'autre à base de luzerne, broyés grossièrement (grille de broyeur avec des perforations de 4 mm) ou finement (perforations de 1 mm) ont servi de base commune à plusieurs travaux conduits par les équipes toulousaines de l'École Nationale Supérieure Agronomique et de l'École Nationale Vétérinaire au cours des années 80.

La composition sommaire et les caractéristiques granulométriques des quatre aliments obtenus est donnée au tableau 2. Les profils granulométriques ont été déterminés par la méthode de Lebas et Lamboley (1999) en milieu liquide.

### 2.1 / Effet sur la motricité digestive et le transit digestif

Les travaux de Pairet *et al* (1986) n'ont pas montré d'effet de la finesse de mouture sur la motricité antro-duodénale. En revanche, ils ont permis de montrer que la motricité jéuno-iléale est stimulée par un broyage grossier (tableau 3). La conséquence est un transit plus rapide entre la bouche et l'iléon terminal avec la mouture grossière ( $P < 0,001$ ). Ainsi, 50 minutes après son administration, la quantité de marqueur de la phase liquide récupérée à la sortie de l'iléon représente 6 % de la quantité administrée avec les aliments broyés finement et atteint 10,5 % en moyenne avec ceux broyés grossièrement (Auvergne *et al* 1987).

La motricité cœcale est également modifiée par la taille des particules, dans le sens d'une plus forte activité de remplissage du cœcum

**Tableau 3.** Effets des quatre régimes sur la motricité jéuno-iléale et cœcale (d'après Pairet *et al* 1986). Enregistrement pendant 6 heures consécutives de 9h00 à 15h00.

	L1	L4	P1	P4	Effet de la mouture
<b>Jéjunum</b>					
Nb de CMM <sup>(1)</sup> en 6h	3,50	4,25	1,50	1,33	ns
<b>Iléon</b>					
Nb de CMM en 6 h	3,25	4,00	1,25	1,67	$P < 0,10$
<b>Caecum</b>					
Nb contractions / min	2,22	1,92	1,67	1,46	$P < 0,05$
<b>Coordination (%) des contractions iléo-cœcales</b>					
- cœcum précédé iléon <sup>(2)</sup>	83,2	88,5	51,1	60,7	$P < 0,05$
- iléon suivi cœcum <sup>(3)</sup>	83,7	88,9	55,2	60,2	$P < 0,05$
<b>% des contractions initiées à une extrémité et se propageant vers l'autre</b>					
- base vers pointe	85,4	87,5	56,5	67,6	ns
- pointe vers base	84,2	71,2	42,8	27,1	$P < 0,10$

<sup>(1)</sup> CMM = Complexes myoélectriques migrants

<sup>(2)</sup> Une onde de contraction du cœcum est précédée par une contraction de la paroi de l'iléon

<sup>(3)</sup> Une onde de contraction observée sur l'iléon est suivie par une onde de contraction sur le caecum

**Tableau 4.** Incidence moyenne de la finesse de mouture sur la motricité du côlon (d'après Bouyssou et al 1988). Durée des enregistrements : 48 heures consécutives.

	Mouture		Effet mouture
	fine (1mm)	grossière (4mm)	
Répartition des activités myoélectriques : <b>% du temps occupé par une activité électrique</b> dont	35-40 %	15-20 %	P < 0,05
- type localisé	26 %	-	
- type propagé	-	15 %	
<b>% de salves à activité propagée de type</b>			
- anti-péristaltique (=> cæcum)	59 %	38 %	P < 0,05
- péristaltique (=> rectum)	41 %	62 %	P < 0,05

**Un broyage fin augmente le temps de séjour digestif des aliments.**

en présence d'un plus grand nombre de particules grossières (tableau 3).

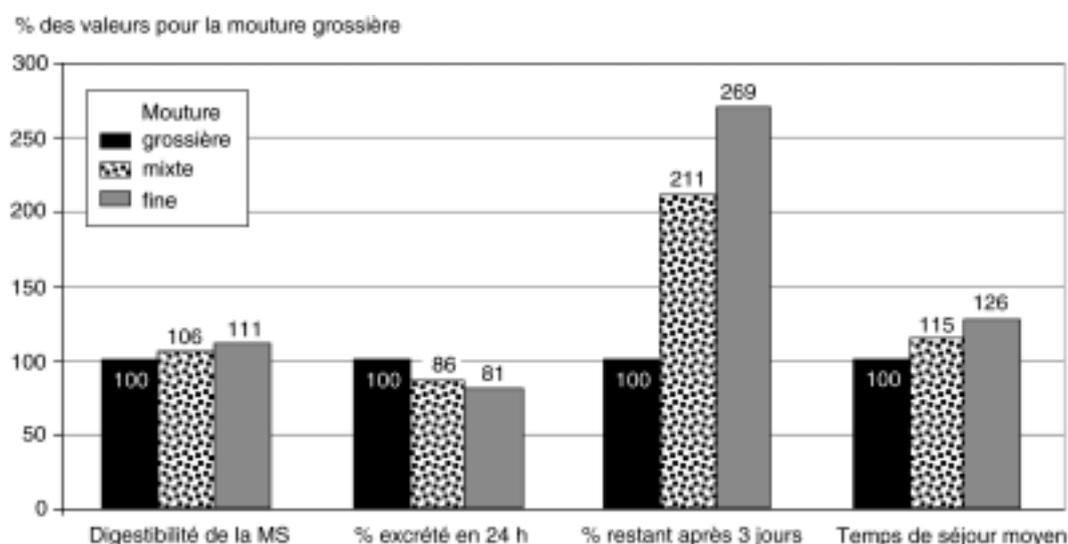
Les travaux complémentaires de Bouyssou *et al* (1988) avec les quatre mêmes aliments ont permis de montrer que le profil électromyographique du côlon est aussi clairement modifié par la finesse de broyage (tableau 4). Ainsi, un broyage fin favorise les ondes de contraction n'entraînant pas de déplacement du contenu (pendant 26 % des 24 heures). Pour les contractions entraînant un déplacement du contenu du côlon, une forte proportion de particules fines favorise les contractions anti-péristaltiques (refoulement vers le cæcum). A l'inverse, le broyage grossier favorise l'évacuation du contenu colique vers le rectum.

Compte tenu de ces éléments, un broyage fin entraîne un séjour digestif des aliments plus long qu'un broyage grossier. Ceci avait été montré par exemple par Laplace et Lebas

en 1977 (figure 1), mais sans que soit apportée la preuve du mécanisme.

Une analyse détaillée du temps de séjour des particules dans le tube digestif a été réalisée par Gidenne (1993) avec deux aliments contenant un taux modéré (16,9 %/MS) ou élevé d'ADF (22,1 %/MS), dont les particules avaient été spécifiquement marquées. Les lapins adultes recevaient tous la même quantité d'aliment chaque jour (110 g). Comme attendu des observations de motricité, les particules grossières d'un aliment séjournent moins longtemps dans le tube digestif (28,8 h en moyenne) que les particules les plus fines (34,1 h). La différence vient en grande partie du temps de séjour dans les compartiments de mélange comme le cæcum, le côlon et l'estomac (tableau 5). Des résultats similaires avaient déjà été observés par Uden et Van Soest (1982) et par Sakaguchi *et al* (1992) chez des lapins adultes nourris à volonté.

**Figure 1.** Effet de la finesse de mouture avant granulation d'un aliment à base de luzerne déshydratée (50 %), de blé et de tourteau de tournesol (d'après Laplace et Lebas 1977). La mouture grossière correspond à un broyage de toutes les matières premières avec une grille ayant des perforations de 2,5 mm. La mouture fine correspond au re-broyage de la mouture précédente avec une grille de 0,25 mm. La mouture mixte correspond au broyage le plus fin de la fraction luzerne exclusivement. Les résultats sont exprimés en pourcentage des valeurs observées pour l'aliment broyé grossièrement, à savoir : digestibilité de la matière sèche = 68,7 % ; pourcentage de marqueur récupéré en 24 h = 67,2 % ; pourcentage de marqueur encore présent dans le tube digestif après trois jours = 3,6 % ; temps moyen de séjour = 24 h et 2 mn.



**Tableau 5.** Temps de séjour digestif des particules de deux aliments ayant une teneur moyenne (M) ou haute (H) en ADF (d'après Gidenne 1993).

	Taille des particules <sup>(1)</sup>				Effet taille des particules
	S4	S3	S2	S1	
<b>Proportion des particules dans les aliments (%)</b>					
- aliment M	11,1	20,7	11,7	18,4	-
- aliment H	14,4	21,0	12,9	17,4	-
<b>Temps de séjour moyen dans le tube digestif (heures)</b>					
- aliment M	26,0	28,8	28,7	36,6	P=0,020
- aliment H	25,4	27,9	28,9	32,2	
<b>Temps de transit minimum entre la bouche et le rectum (heures)</b>					
- aliment M	9,2	7,3	6,8	8,1	ns
- aliment H	3,9	7,0	7,6	6,1	
<b>% marqueur excrété avant la 1<sup>ère</sup> phase de caecotrophie (~ en 20 h)</b>					
- aliment M	69,2	65,9	61,4	58,4	P=0,028
- aliment H	64,0	62,9	57,9	60,5	
<b>Temps de séjour dans les compartiments de mélange (heures)</b>					
- aliment M	22,1	23,4	23,5	25,4	P=0,004
- aliment H	19,2	21,5	24,0	26,9	

<sup>(1)</sup> S4 > 1,0 mm - 1,0 > S3 > 0,50 mm - 0,50 > S2 > 0,315 mm - 0,315 > S1 > 0,05 mm ; tamisage en phase liquide

Dans une autre expérimentation où les parois végétales étaient apportées exclusivement par de la luzerne (Gidenne *et al* 1991), les auteurs ont montré que le broyage de la luzerne (76,5 % de l'aliment) avec une grille de 1 mm au lieu de la grille classique de 3 mm de perforation, entraîne un accroissement net du temps de séjour dans le tube digestif : 19,8 au lieu de 13,9 heures. Cette différence provient quasi exclusivement de l'accroissement du temps de séjour dans la partie terminale du tube digestif (cæcum + côlon), qui passe de 6,9 à 9,4 heures avec le broyage fin (P<0,01). En revanche, le temps de transit entre la bouche et la fin de l'iléon n'est pas modifié de manière significative. Il est intéressant de souligner (Gidenne 1992) que le broyage fin n'a modifié ni la digestibilité de la matière organique (59,2 % et 59,2 %) ni celle des fibres (coefficient d'utilisation digestive du NDF de 24,7 % contre 26,6 % pour le témoin broyé avec une grille grossière).

## 2.2 / Effet sur la digestibilité des aliments

Nous avons vu que le broyage très fin (grille de 0,25 mm) pouvait permettre d'améliorer sensiblement la digestibilité de l'aliment, ce qui semble cohérent avec l'accroissement du séjour digestif de l'aliment. En revanche, le broyage avec une grille de 1 mm de perforation au lieu de 3 mm ne modifie ni la digestibilité globale de la ration ni celle des constituants membranaires (Gidenne 1992). Dans un essai un peu plus ancien, Robinson *et al* (1986) avaient montré un accroissement faible mais significatif de la digestibilité d'un

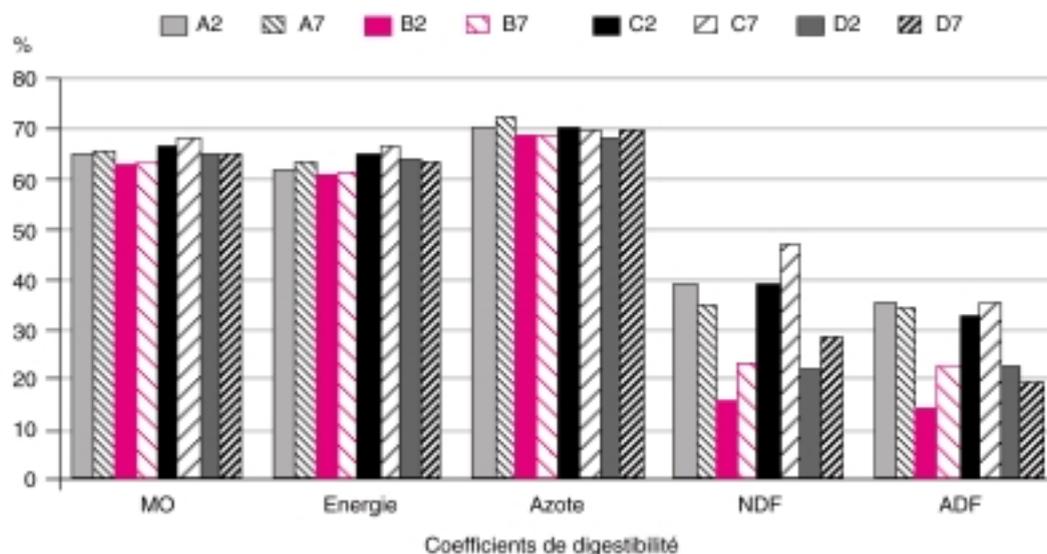
son de blé après un broyage ne laissant subsister pratiquement aucune particule de plus de 1 mm (tableau 6). Il convient de souligner que dans ce cas également, la digestibilité des fibres n'avait pas été modifiée, ni celle de l'azote d'ailleurs.

Dans un autre essai publié la même année et impliquant quatre formules alimentaires, Lebas et Franck (1986) n'ont observé aucune différence de digestibilité (figure 2) selon que les matières premières étaient broyées finement (grille de 2 mm) ou grossièrement (grille de 7 mm). De même dans un essai toujours publié en 1986, Lebas *et al* n'ont également observé aucune différence de digestibilité entre trois types de broyages appliqués à deux formules alimentaires (figure 3).

**Tableau 6.** Granulométrie et digestibilité d'un son de blé distribué en l'état ou après broyage (d'après Robinson *et al* 1986).

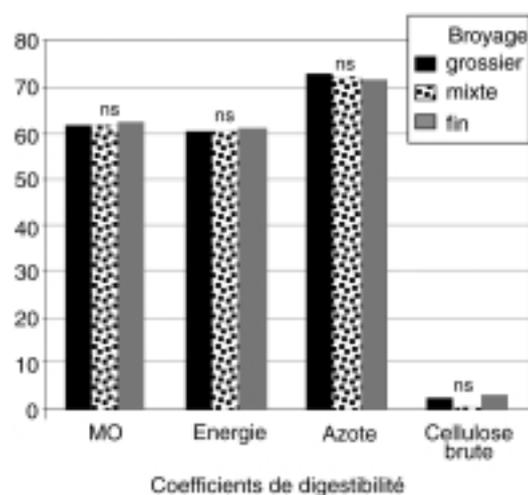
	Son brut	Son broyé	Effet broyage
<b>% des particules de taille T</b>			
T > 1 mm	35,8	0,9	
1,00 > T > 0,50 mm	41,2	25,0	
0,50 > T > 0,25 mm	17,3	53,3	
0,25 > T > 0,125 mm	3,7	12,8	
T < 0,125	2,0	7,9	
<b>Digestibilité (%)</b>			
- Matière sèche	58,5	59,7	P < 0,05
- Energie	63,2	64,4	P < 0,05
- Azote	76,6	75,6	ns
- ADF	8,1	7,9	ns

**Figure 2.** Digestibilité de quatre aliments broyés avec des grilles de 2 ou 7 mm (d'après Lebas et Franck 1986). En moyenne, avant agglomération, les farines des aliments broyés avec la grille de 2 mm contenaient 7 % de particules de taille supérieure à 1 mm et 25 % de particules de taille inférieure à 0,2 mm. Pour le broyage grossier (grille de 7 mm), les proportions étaient, dans le même ordre, de 19 % et 14 %. Les particules intermédiaires étaient représentées dans des proportions équivalentes (67-68 %). Selon un schéma factoriel, les aliments A et C contenaient 12 % d'amidon tandis que les aliments B et D en contenaient 23 % et, parallèlement, les aliments A et B contenaient 5,7 % de lignine (ADL) tandis que les aliments C et D en contenaient 3,3 %.



**La digestibilité est la même pour un aliment subissant un broyage fin ou grossier.**

**Figure 3.** Incidence du type de broyage sur la digestibilité moyenne de deux aliments (d'après Lebas et al 1986). Les matières premières ont été broyées soit finement (grilles de 3 ou 2 mm selon, les matières premières) soit grossièrement (grilles de 10 ou 7 mm). Pour le broyage « mixte », la luzerne et la paille avaient été broyées avec des grilles de 10 et 7 mm respectivement, tandis que les autres matières premières (céréales, son, tourteau de soja) avaient été broyées avec une grille de 2mm.



De ces différents essais nous pouvons retenir que le broyage des matières premières modifie peu ou pas la digestibilité des aliments fins, à moins que ce broyage ait été très poussé (grilles de 1 mm ou moins). Mais ces conditions sont rarement rencontrées en milieu industriel. Par contre, ces mêmes broyages fins accroissent de manière signifi-

cative le temps de séjour des aliments dans le tube digestif, plus particulièrement dans le caecum.

### 3 / Incidence sur les performances zootechniques

Pour l'étude de l'incidence de la granulométrie des aliments sur les performances des lapins, on dispose d'un nombre beaucoup plus restreint de travaux que pour l'étude des paramètres physiologiques.

Dans l'essai rapporté sur la figure 3, Lebas *et al* (1986), n'ont observé aucune incidence de la finesse de broyage sur les performances d'engraissement ou la viabilité des lapins (tableau 7).

A l'inverse, mais avec un nombre plus restreint d'animaux (30 lapins au départ par lot), Auvergne *et al* (1987) observent un accroissement significatif ( $P < 0,10$ ) de l'ingestion des aliments grossiers (+10 g/j) dont les caractéristiques et l'incidence sur le fonctionnement digestif ont été présentées aux tableaux 2 à 5. Étant donné que la finesse de mouture n'a pas entraîné de différence de croissance, l'indice de consommation a été significativement détérioré avec la mouture grossière (+ 0,3 point,  $P < 0,05$ ). Il convient de signaler que, dans cet essai, 16 lapins sur 60 sont morts de troubles digestifs avant la fin des 49 jours d'essai avec la mouture fine, contre 8/60 seulement avec la mouture grossière ( $P=0,054$ ). Enfin, et pour nuancer encore ce constat, il faut aussi indiquer que si les 16 lapins morts de troubles digestifs avec le broyage fin étaient tous atteints de diarrhées, 4 des 8

**Tableau 7.** Incidence du type de broyage sur les performances de croissance des lapins (d'après Lebas et al 1986). Au total 720 lapins suivis depuis le sevrage (à l'âge de 28 jours) jusqu'à la fin de l'engraissement à 77 jours.

	Broyage			Signification statistique
	fin	mixte	grossier	
% particules > 0,3 mm	25,6	29,0	35,8	-
% particules entre 0,1 et 0,3 mm	17,9	17,5	13,9	-
% particules < 0,1 mm & solubles	56,5	53,2	50,3	-
Gain de poids moyen (g/j)	41,5	40,6	40,6	ns
Consommation (g/j)	137	133	136	ns
Indice de consommation	3,30	3,28	3,35	ns
Taux de mortalité (%)	17,5	18,3	15,8	ns

lapins morts avec le broyage grossier avaient un blocage du cæcum communément appelé «parésie cæcale» ( $P < 0,01$ ), les 4 autres ayant des symptômes de diarrhée.

## Conclusion

En conclusion, nous pouvons retenir que dans la limite des grilles de broyeur disponibles dans les usines de fabrication (perforations variant de 2 à 10 mm) les variations de la mouture d'une formule donnée ont peu d'incidence sur la valorisation ultérieure par les lapins des aliments granulés. Mais, un

broyage fin accroît incontestablement le temps de séjour des aliments dans le tube digestif. Or un ralentissement du transit digestif n'est jamais favorable à la santé des animaux (Lebas *et al* 1998), qu'il soit la conséquence du développement d'un agent pathogène spécifique comme une coccidie (Fioramonti *et al* 1981), lié à une réduction du taux de lignine (Gidenne *et al* 1997) ou à taux de fibres réduit dans l'aliment en général (Gidenne 2000). En tout état de cause, les effets du broyage plus ou moins fin des aliments sur la santé des lapins restent marginaux par rapport aux effets de l'équilibre nutritionnel de ces mêmes aliments.

## Références

- Auvergne A., Bouyssou T., Pairet M., Bouillier Oudot M., Ruckebusch Y., Candau M., 1987. Diet type, grinding size and anatomical and functional characteristics of the proximal digestive tract in rabbits. *Reprod. Nutr. Dev.*, 27, 755-768.
- Björnhag G., 1972. Separation and delay of contents in the rabbit colon. *Swedish. J. Agric. Res.*, 2, 125-136.
- Bouyssou T., Candau M., Ruckebusch Y., 1988. Réponses motrices du côlon aux constituants pariétaux et à la finesse de mouture des aliments chez le lapin. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28, 181-182.
- Candau M., Auvergne A., Comes F., Bouillier Oudot M., 1986. Influence de la forme de présentation et de la finesse de mouture de l'aliment sur les performances zootechniques et la fonction caecale chez le lapin en croissance. *Ann. Zootech.*, 35, 373-386.
- Fioramonti J., Sorraing J.M., Licois D., Buéno L., 1981. Intestinal motor and transit disturbances associated with experimental coccidiosis (*Eimeria magna*) in the rabbit. *Ann. Rech. Vét.*, 12, 413-420.
- Gidenne T., 1992. Rate of passage of fibre particles of different size in rabbit: effect of the dietary lignin level. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15, 1175-1182.
- Gidenne T., 1993. Measurement of the rate of passage in restricted-fed rabbits: effect of dietary cell wall level on transit of fibre particles of different sizes. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 42, 151-163.
- Gidenne T., 2000. Recent advance in Rabbit nutrition: emphasis on fibre requirements. *World Rabbit Sci.*, 8, 23-32.
- Gidenne T., Carré B., Segura M., Lananouse A., Gomez J., 1991. Fibre digestion and rate of passage in the rabbit: effect of particle size and level of lucerne meal. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 32, 215-221.
- Gidenne T., Perez J.M., Lebas F., Bouvarel I., Arveux P., Bourdillon A., Jarrin D., Dupperay J., Messenger B., 1997. Taux de lignine dans la ration. *Cuniculture*, 21 (n°116), 79-83.
- Laplace J.P., Lebas F., 1977. Le transit digestif chez le lapin. VII. Influence de la finesse du broyage des constituants d'un aliment granulé. *Ann. Zootech.*, 26, 413-420.
- Lebas F., Franck T., 1986. Incidence du broyage sur la digestibilité de quatre aliments chez le lapin. *Reprod. Nutr. Develop.*, 26, 335-336.
- Lebas F., Lamboley B., 1999. Méthode de détermination par tamisage en phase liquide de la taille des particules contenues dans un aliment granulé pour lapins. *World Rabbit Sci.*, 7, 229-235.
- Lebas F., Maître I., Séroux M., Franck T., 1986. Influence du broyage des matières premières avant l'agglomération de deux aliments pour lapins, différents par leur taux de constituants membranaires : digestibilité et performances de croissance. 4ème Journées de la Recherche Cunicole en France, Tome 1, 9.1- 9.13.

Lebas F., Gidenne T., Perez J. M., Licois D., 1998. Chapter 11 : Nutrition and pathology. In : C. de Blas & J. Wisemann (eds), The Nutrition of the Rabbit, 197-213. CABI Publishing, Oxon, UK.

Pairet M., Bouyssou T., Auvergne A., Candau M., Ruckebusch Y., 1986. Stimulation physico-chimique d'origine alimentaire et motricité digestive chez le Lapin. *Reprod. Nutr. Dev.*, 26, 85-95.

Robinson K.L., Cheeke P.R., Kelly J.D., Patton N.M., 1986. Effect of fine grinding and supplementation with hay on

the digestibility of wheat bran by rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 9, 166-167.

Sakaguchi E., Kaizu K., Nakamichi M., 1992. Fibre digestion and digesta retention from different physical forms of the feed in the rabbit. *Comp. Biochem. Physiol. A. Comp. Physiol.*, 102, 559-563.

Uden P., Van Soest P.J., 1982. The determination of digesta particle size in some herbivores. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 7, 35-44.

## Abstract

### *Particle size in compound feeds and digestive tract activity in the rabbit.*

Dietary particle size plays a specific role in the rabbit's digestive tract activity. In the colon, small particles (less than 0.1 mm) tend to return to the caecum during hard faeces elaboration, and in the same time, large particles (more than 0.3 mm) are preferentially included in hard faeces. A new measurement method of the size of particles included in pelleted feeds, made the demonstration of the grinding activity of the pelleting machines possible. As a consequence, knowledge of particle size of a meal before pelleting is of scarce interest. In addition, the physiological effects of particle size are observed mainly in the hind part of the digestive tract (caecum, colon), i.e., after digestion of a variable proportion of the particles observable in the pellets before ingestion. Fortunately, most of the published experiments related to particle size effects, were performed after various grinding intensities of the same diet. A fine grinding modifies the propulsive activities in the digestive tract and specially increases the

digesta retention time in the caecum. A very fine grinding (holes of 0.25 mm) may increase organic matter digestibility by 7 points. But with the different grinding facilities generally available in compound feeds factories (holes varying from 2 to 10 mm), effects of grinding intensity on the diet's digestibility are very small or absent. A fine grinding may reduce feed intake without modification of weight gain, but it also increases the risk of fatal diarrhoea in fattening rabbits. From the various studies on the effects of dietary particle size distribution, one may conclude that physiological effects on digestive tract activities are easy to demonstrate. But from a practical point of view, only scarce effects on feed utilisation by the rabbit may be expected of particle size control of the diet.

LEBAS F., 2000. Granulométrie des aliments composés et fonctionnement digestif du lapin. *INRA Prod. Anim.*, 13, 109-116.