

## Adaptation digestive du lapin à la teneur en constituants pariétaux du régime

T Gidenne, F Scalabrini, C Marchais

avec la collaboration technique de M Segura et A Lapanouse

INRA, laboratoire de recherches sur l'élevage du lapin BP 27  
31326 Castanet-Tolosan cedex, France

(Reçu le 14 novembre 1990; accepté le 22 février 1991)

**Résumé** — Deux aliments différant par leur teneur en constituants pariétaux «CP» (B : 23,6% et H : 35,7% de NDF) sont distribués à 2 lots de 22 lapines de 4 à 13 semaines d'âge; l'attribution des 2 aliments est inversée pour la moitié de chaque lot à partir de 9 semaines d'âge. La croissance des lapins ne diffère pas d'un régime à l'autre, du fait d'une régulation de l'énergie digestible ingérée. L'augmentation de la teneur en CP dans le régime réduit la digestibilité de la ration (MS, MAT) et le temps de séjour moyen des aliments (22,2 et 13,9 h respectivement pour B et H). Par contre, la digestibilité des constituants pariétaux (NDF) de la luzerne est améliorée et parallèlement la teneur en AGV du contenu caecal passe de 18 à 31 mmol/l.

L'adaptation des lapins à l'inversion des régimes est rapide : leur croissance est similaire. La digestibilité de chacun des aliments est inchangée, excepté dans le cas des CP. Les lapins nourris initialement avec le régime fibreux (H) et recevant ensuite un régime moins fibreux (B) conservent, 4 semaines après l'inversion de régime, leur capacité initiale de dégradation des fibres. Ces lapins présentent un transit digestif plus rapide, que ceux nourris constamment avec le régime B.

**lapin / digestion / fibre / adaptation / transit**

**Summary** — *Digestive adaptation of the rabbit to the level of dietary fibre. Two diets differing in lucerne meal levels (B: 48.5%; H: 76.5%) were given ad libitum to 2 groups of 22 Californian female rabbits between 4 and 13 wk of age. For half of each group, diet assignment was switched at 9 wk of age. Live weight gains were similar between B and H groups, showing ability of rabbits to regulate their energy intake. Dry matter digestibility decreased when fibre level increased, but cell-wall (NDF) degradation was improved ( $P < 0.05$ ) and related to shorter rate of passage (21 h and 14 h respectively for B and H diets. At the same time, caecal volatile fatty acid concentrations were increased (18 to 31 mM/l). The adaptation time of the rabbits to diet switching was short; no variations in weight gain were observed. Diet digestibility was unchanged, except for cell-wall constituents. Fibre degradation capacity of rabbits initially fed with the high-fibre diet and which then received the low-fibre diet remained at the same level 3 wk after switching the diet. The rate of passage of these animals was shorter than that of rabbits fed with low-fibre throughout the experiment.*

**rabbit / digestion / fibre / adaptation / rate of passage**

## INTRODUCTION

Du fait de l'importance du rôle nutritionnel des constituants pariétaux «CP» chez le lapin, l'utilisation digestive des sources de fibres a fait l'objet de quelques études récentes (de Blas *et al*, 1986; Partridge *et al*, 1989; Perez, 1989). Toutefois, la valeur nutritive ou les effets des sources de fibres sur le fonctionnement digestif du lapin, sont toujours difficilement prévisibles. En effet, la plupart des études concernent des mélanges divers et complexes de CP : il est alors difficile d'analyser l'origine des effets observés. Notre étude a donc eu pour objectif de tester des régimes alimentaires simplifiés, contenant une source unique de fibres (luzerne) et de glucides intracellulaires (amidon de maïs), afin d'éviter tout phénomène d'interaction entre diverses matières premières, et permettre ainsi une analyse plus aisée des résultats.

Les variations de dégradation des constituants pariétaux proviennent bien sûr de variations d'activité microbienne. Pourtant, très peu de travaux ont porté sur la relation digestion des fibres et fermentations cœcales chez le lapin. Au plan nutritionnel, il semble que l'équilibre des apports alimentaires de glucides pariétaux et de glucides intracellulaires (amidon, etc) joue un rôle important (Morisse *et al*, 1985; Cheeke *et al*, 1986), et plus particulièrement les quantités de chacun de ces glucides susceptibles d'arriver au niveau du site de fermentation : le cæcum. Nous avons donc estimé chez le lapin en croissance la digestibilité apparente des fibres et l'activité fermentaire cœcale, en fonction du rapport constituants pariétaux/glucides cellulaires (CP/GC) dans l'aliment.

Par ailleurs, le système digestif peut s'adapter à la teneur en CP du régime, par des variations de volume et de contenu des organes, d'efficacité digestive ou de transit (Kass *et al*, 1980; Rémésy et Demi-

gné, 1989). Nous avons donc voulu estimer les capacités d'adaptation du lapin au cours de sa croissance, vis-à-vis d'une variation importante et brutale des apports en CP.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Aliments et animaux*

Deux aliments semi-purifiés ont été fabriqués à partir d'une source unique de constituants pariétaux, la luzerne déshydratée LD, et d'un complément énergétique (amidon de maïs purifié) et azoté (concentré protéique soluble de poisson); la composition centésimale est présentée au tableau I. Les régimes diffèrent par le taux d'incorporation de LD, ainsi le rapport amidon/fibres NDF passe de 1,49 à 0,44 de l'aliment B (bas en fibre) à H (haut en fibre). Les aliments sont isoazotés (18% de MAT).

Les aliments ont été distribués *ad libitum* à 2 lots (B et H) de 22 lapines de race californienne, entre 4 et 9 semaines d'âge (période 1, P<sub>1</sub>). Puis l'attribution des aliments est inversée, pour la moitié de chaque lot, entre 9 et 13 semaines d'âge (période 2, P<sub>2</sub>). Quatre sous-lots sont donc constitués, définis par 2 lettres : la première désignant l'aliment reçu pendant P<sub>1</sub> la seconde désignant l'aliment reçu pendant P<sub>2</sub>. Les contrôles de consommation et de poids vifs ont été hebdomadaires. Les mesures de digestibilité apparente fécale ont été réalisées entre 10 et 12 semaines d'âge, sur 6 animaux par sous-lot, pendant 2 périodes de 4 jours (Colin et Lebas, 1976).

### *Analyses*

Les analyses suivantes ont été réalisées sur les aliments et les fèces : matière sèche (MS) par dessiccation durant 24 h à 103 °C, matière minérale par calcination durant 5 h à 550 °C, matières azotées totales (méthode Kjeldhal, N x 6,25), teneur en énergie (calorimètre adiabatique PARR). Les constituants pariétaux (NDF, ADF, AD lignine : ADL, HC : NDF-ADF) ont été analysés selon la méthode de Van-Soest et

**Tableau I.** Composition des régimes expérimentaux.

Régimes	B	H	
<i>Composition centésimale (% brut)</i>			
Luzerne déshydratée	48,5	76,5	
Amidon de maïs	39,0	16,6	
Concentré protéique soluble de poisson	10,0	4,8	
Minéraux et vitamines	2,5	2,1	
<i>Analyse chimiques (% sec)</i>			
	B	H	Luzerne déshydratée
Amidon	35,3	15,8	—
Matière organique	91,2	88,9	87,6
Matières minérales	8,8	11,1	12,4
MAT (N x 6,25)	17,6	18,2	16,6
Énergie brute (MJ/kg)	17,6	17,5	18,1
NDF	23,6	35,7	47,6
ADF	18,2	26,9	36,2
ADL	6,3	9,3	12,7

Wine (1967) adaptée par Giger *et al* (1979), après un prétraitement amylasique et protéasique. L'amidon a été dosé sur les aliments, après hydrolyse enzymatique, en mesurant le glucose résultant, par le système hexokinase/G6PDH/NAD (Böehringer, Mannheim).

#### **Mesure du pH et des concentrations en acides gras volatils (AGV) dans le cæcum**

Les animaux sont sacrifiés entre 10 et 11 h le matin; après séparation du cæcum, le pH du contenu est mesuré à l'aide d'un pH mètre muni d'une électrode à viande. Le cæcum est ensuite incisé; environ 2,5 g de contenu sont prélevés dans un tube contenant 1 ml de conservateur (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 5%, HgCl<sub>2</sub> 1%). L'échantillon est maintenu à -18 °C jusqu'à analyse des AGV, par chromatographie en phase gazeuse (Jouany, 1982).

#### **Mesure du temps de séjour moyen des aliments**

Les mesures de temps de séjour moyen total (TSM) des aliments sont réalisées, à 12 semaines d'âge, pour chaque lapin ayant subi auparavant une mesure de digestibilité. Une dose d'environ 250 mg de particules de luzerne marquées avec de l'ytterbium (Yb) est administrée par tubage œsophagien. Les particules marquées sont placées dans une seringue, en suspension dans 5 cm<sup>3</sup> d'eau; la durée totale d'un tubage ne dépasse pas 1 min. L'Yb est fixé sur la luzerne par trempage selon la technique de Ellis et Beever (1985) : la luzerne débarrassée de ses constituants solubles (lavage avec un détergent) est trempée dans une solution d'Yb pendant 24 h, puis l'Yb en excès est ensuite chélaté à l'aide d'acide citrique. Après rinçage et séchage, la teneur finale en Yb du produit est de 13 mg d'Yb/kg de MS. Après administration du marqueur au temps T<sub>0</sub> entre 9 h et 9 h 30 le matin, une collecte fécale fractionnée est réali-

sée à l'aide d'un système automatique : toute les 2 h de 11 h 30 (J1) à 3 h 30 (J2), toutes les 4 heures de 3 h 30 (J2) à 23 h 30 (J2) et toutes les 8 h de 23 h 30 à 15 h 30 (J3). Pour chaque récolte, les fèces sont séchées (24 h à 103 °C), pesées, puis leur teneur en Yb est mesurée par spectrométrie d'absorption atomique (Perkin-Elmer 2380) après minéralisation nitrique (Ellis *et al*, 1982; Lalles, 1988).

Le temps de séjour moyen (TSM) des aliments est calculé selon la formule générale proposée par Faichney (1975), qui est bien adaptée à l'excrétion discontinue (excrétion fécale) des marqueurs :  $TSM = \sum M_i T_i$ .

$T_i$  = temps moyen écoulé entre  $T_0$  (tubage) et la  $i^{\text{e}}$  récolte;

$M_i$  = masse de marqueur excrété entre  $T_{i-1}$  et  $T_i$ .

Le temps de transit ( $TT$ ) est le délai (temps moyen) d'apparition du marqueur dans les fèces. Les différents auteurs ayant étudié les cinétiques d'excrétion de marqueurs (Ellis *et al*, 1979; Grovum et Williams, 1973) semblent s'accorder pour identifier ce paramètre à la durée de passage dans les compartiments tubulaires du tube digestif. Dans le cas du lapin,  $TT$  pourrait être assimilé au temps de passage dans l'intestin grêle et le côlon distal. Le côlon proximal est plutôt considéré comme un compartiment de mélange, car en période d'excrétion de crottes dures, il possède une double activité motrice, péristaltique et antipéristaltique qui conduit au refoulement des fines particules alimentaires vers le caecum. Nous avons également défini un index de transit «Ecp», (exprimé en pourcentage du total excrété) qui correspond à la quantité de marqueur excrété avant la période de caecotrophie, le jour suivant l'administration du marqueur. Par différence, on obtient une estimation de la quantité de marqueur susceptible d'être recyclée par la caecotrophie. C'est donc une mesure de l'incidence potentielle de la caecotrophie sur le TSM.

### Analyse statistique

L'analyse statistique des données est réalisée par analyse de variance à deux facteurs de classification (avec interaction) : le taux de CP et la séquence des régimes (programme GLM, SAS; 1985). De plus, la comparaison des

moyennes de chaque sous-lot est réalisée après une analyse de variance, à l'aide de test de Bonferroni, qui est adapté aux modèle déséquilibrés.

## RÉSULTATS

### Effet du taux d'incorporation de luzerne déshydratée

L'évolution du niveau d'ingestion au cours de la croissance (fig 1) indique dès 5 semaines d'âge une consommation d'aliment supérieure ( $P < 0,05$ ) pour les lapins recevant l'aliment H, qui s'amplifie ensuite jusqu'à 9 semaines d'âge. Un fléchissement du niveau d'ingestion entre 9 et 10 semaines est observé, provenant sans doute du fait que 6 lapins sur 11 ont été transférés à cet âge dans des cages à métabolisme pour les mesures de digestibilité. La croissance des lapins ne diffère pas entre les 2 lots que ce soit en période 1 ou 2 (tableaux II et III), les animaux ayant régulé leur ingestion d'énergie digestible : 1,26 MJ/j en moyenne de 4 à 13 semaines d'âge.

La digestibilité globale (MO, énergie) de la ration est fortement réduite par l'élévation du taux de fibres (tableau IV), sans interaction avec l'effet de la séquence alimentaire. On constate de plus une baisse de 4 points de la digestibilité apparente de l'azote (N x 6,25). Dans le cas des constituants pariétaux CP, on constate une interaction forte entre l'effet du taux de CP et de la séquence alimentaire. La comparaison des lots HH et BB indique alors un effet favorable ( $P < 0,05$ ) du taux de CP sur la dégradation de l'ensemble des fibres (NDF) de l'aliment (+3,5 points), sans variation significative de la dégradation de la fraction lignocellulose (ADF). De ce fait, on constate une élévation significative de la dégradation de la fraction hémicellulose

**Tableau II.** Performances zootechniques de 4 à 9 semaines d'âge (moyennes et écarts types).

Régimes	B	H	Signification statistique Taux CP
	n = 22	n = 22	
Poids à 4 semaines (g)	659 (100)	664 (100)	NS
Poids à 9 semaines (g)	1 671 (175)	1 707 (201)	NS
Ingéré moyen (g/j)	78,8 (8,4)	102,5 (12,0)	P < 0,001
Gain de poids moyen (g/j)	28,9 (2,8)	29,8 (5,5)	NS
Indice de consommation	2,73 (0,19)	3,53 (0,71)	P < 0,001

NS : non significatif.

(HC : NDF-ADF). La digestibilité des fibres demeure toutefois relativement faible (< à 20%).

La formule simplifiée des aliments permet de calculer (lots HH et BB) par substitution la teneur en énergie digestible de la

luzerne, en supposant constante seulement celle des 2 concentrés. Les hypothèses suivantes sont donc retenues : additivité des apports d'énergie pour les 3 matières premières; teneur en énergie digestible estimée à 15,3 MJ/kg brut (INRA

**Tableau III.** Performances zootechniques de 9 à 13 semaines d'âge (moyennes et écarts types).

Régimes	n = 11				Signification statistique		
	HB	HH	BH	HB	Taux CP	Séquence	Interaction
Ingéré (g/j)	96,0 <sup>a</sup> (10,5)	126,3 <sup>b</sup> (9,8)	117,9 <sup>b</sup> (9,4)	101,7 <sup>a</sup> (9,8)	P < 0,001	NS	P < 0,02
Poids à 13 semaines (g)	2 261 (252)	2 334 (235)	2 283 (152)	2 287 (192)	NS	NS	NS
Gain de poids (g/j)	21,0 (2,4)	21,9 (3,6)	22,0 (3,8)	22,2 (3,7)	NS	NS	NS
Indice de consommation	4,59 <sup>a</sup> (0,39)	5,87 <sup>b</sup> (0,67)	5,45 <sup>ab</sup> (0,61)	4,95 <sup>a</sup> (1,02)	P < 0,001	NS	NS

NS : non significatif; a, b : dans une même ligne, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas au seuil P = 0,05 (effet du lot).

**Tableau IV.** Digestibilité apparente fécale des régimes (%) (moyennes et écarts types).

Régimes	n = 6				Signification statistique		
	BB	HH	BH	HB	Taux CP	Séquence	Interaction
Matière sèche	69,6 <sup>a</sup> (1,1)	56,7 <sup>b</sup> (1,3)	56,6 <sup>b</sup> (0,7)	70,8 <sup>a</sup> (1,1)	P < 0,001	NS	NS
Matière organique	69,2 <sup>a</sup> (1,1)	54,4 <sup>b</sup> (1,4)	54,2 <sup>b</sup> (0,8)	70,4 <sup>a</sup> (1,1)	P < 0,001	NS	NS
Matières minérales	74,3 (2,5)	74,9 (3,0)	75,6 (1,1)	75,5 (2,1)	NS	NS	NS
MAT (N x 6,25)	69,6 <sup>ab</sup> (3,6)	65,4 <sup>c</sup> (2,6)	66,0 <sup>bc</sup> (1,4)	70,0 <sup>a</sup> (2,3)	P < 0,001	NS	NS
Énergie	65,8 <sup>a</sup> (1,2)	51,0 <sup>b</sup> (1,2)	50,4 <sup>b</sup> (1,1)	67,3 <sup>a</sup> (1,2)	P < 0,001	NS	P < 0,1
NDF	14,7 <sup>a</sup> (2,8)	18,2 <sup>bc</sup> (3,3)	15,6 <sup>ab</sup> (1,8)	19,3 <sup>c</sup> (4,9)	NS	NS	P < 0,01
ADF	15,8 (2,8)	15,9 (3,6)	14,1 (2,9)	19,7 (6,3)	P < 0,05	NS	P < 0,05
HC (NDF-ADF)	10,7 (5,3)	25,4 (5,6)	20,1 (4,5)	18,0 (10,0)	P < 0,002	NS	P < 0,01

NS; a, b, c : voir tableau III.

1989) pour l'amidon de maïs, et à 18,1 MJ/kg brut pour le concentré protéique de poisson (soit une digestibilité estimée à 85%, la solubilité du produit étant supérieure à 80%). Dans ces conditions, on calcule une teneur en énergie digestible de la luzerne de 6,0 et 6,2 MJ/kg (1 437 et 1 488 kcal/kg) respectivement dans les aliments B et H (soit un CUDa de l'énergie de 36,8 et 38,1%). De même, l'apport de protéines alimentaires est fourni en totalité par 2 matières premières : luzerne et concentré protéique soluble de poisson «CPSP». Par substitution, on calcule la digestibilité des protéines de la luzerne en retenant comme hypothèse que la digestibilité apparente des protéines du CPSP

est constante (CUDa = 85%). La digestibilité des protéines de la luzerne est alors estimée à 68,5%, sans variations importantes en fonction de la teneur en fibres du régime (B ou H).

Le développement de la paroi cœcale n'est pas affecté par la teneur en fibres de la ration (en moyenne : 20,0 ± 3,2 g). Par contre, on observe une élévation significative du contenu cœcal chez les lapins nourris avec le régime riche en fibres (tableau V). Parallèlement, la teneur en AGV totaux augmente de 70% du lot BB au lot HH, et le contenu cœcal en AGV est doublé. Cette hausse provient essentiellement d'une élévation des teneurs en acétate, les teneurs en butyrate ayant peu varié. Ainsi,

**Tableau V.** Contenu caecal et concentration en acides gras volatils (moyennes et écarts types).

Régimes	n = 9		n = 10		n = 11		Signification statistique		
	BB	HH	BH	HB	Taux CP	Séquence	Interaction		
Contenu caecal (g/kg P vif)	42,9 (6,5)	48,2 (9,1)	47,3 (9,0)	44,4 (4,4)	P < 0,05	NS	NS		
pH du contenu caecal	6,18 (0,36)	6,04 (0,19)	6,09 (0,26)	6,05 (0,27)	NS	NS	NS		
Contenu caecal en AGV (mmol.l <sup>-1</sup> )	1,36 <sup>a</sup> (0,54)	2,78 <sup>b</sup> (0,62)	2,56 <sup>b</sup> (0,88)	2,20 <sup>b</sup> (0,37)	P < 0,001	NS	P < 0,1		
AGV totaux (mmol.l <sup>-1</sup> )	18,1 <sup>a</sup> (5,1)	30,9 <sup>b</sup> (4,7)	28,8 <sup>b</sup> (3,4)	27,6 <sup>b</sup> (3,2)	P < 0,001	P < 0,01	P < 0,001		
Acétate (%)	72,9 <sup>a</sup> (3,2)	79,4 <sup>b</sup> (4,6)	77,5 <sup>ab</sup> (4,4)	73,1 <sup>a</sup> (2,8)	P < 0,001	NS	NS		
Propionate (%)	5,7 (0,8)	5,8 (1,1)	6,1 (0,6)	6,0 (0,7)	NS	NS	NS		
Butyrate (%)	20,0 <sup>a</sup> (1,3)	13,7 <sup>b</sup> (0,9)	15,1 <sup>ab</sup> (0,6)	19,9 <sup>a</sup> (1,5)	P < 0,001	NS	NS		

NS; a, b : voir tableau III.

les proportions molaires des AGV sont modifiées : élévation des proportions de C2 (+9%), forte baisse de la proportion de C4 (-30%), proportion de C3 inchangée.

Le temps de séjour moyen de la fraction particulaire de l'aliment (tableau VI) est notablement réduit (-30%) par l'élévation du taux de fibres alimentaires. Ceci s'accompagne d'une diminution du temps de transit (TT); mais qui n'est pas significative en raison de fortes variations interindividuelles (excrétion fécale discontinue chez le lapin). La proportion de marqueur excrétée avant la phase de cœcotrophie du jour suivant le tubage (Ecp) augmente de manière plus modeste du lot BB au lot HH (+15%). Pour l'aliment H, 90% de l'Yb est excrété en environ 24 h; l'impact de la cœcotrophie

sur le transit digestif pour un régime riche en fibres est donc moins important.

### Effet de la séquence des régimes

Par rapport aux lots témoins (BB et HH), l'adaptation au nouveau régime se traduit globalement par une surconsommation du régime B chez les lapins accoutumés au régime H (lot HB), et inversement par une sous-consommation du régime H chez les lapins accoutumés au régime B (lot BH). De ce fait, on mesure une interaction significative entre les effets du taux de constituants pariétaux et de la séquence alimentaire; il est alors nécessaire de comparer indépendamment BB vs HB et HH vs BH.

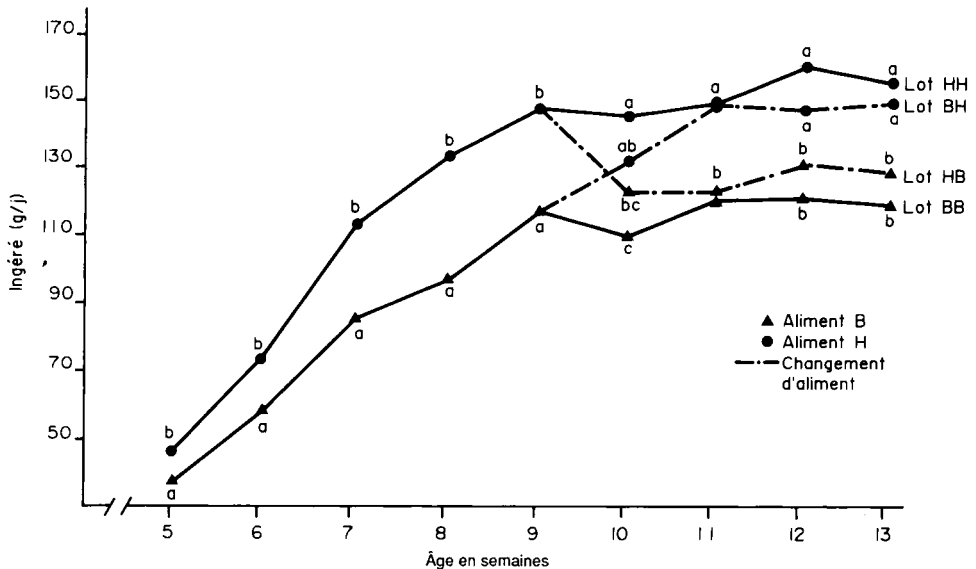
**Tableau VI.** Temps de séjour moyen (TSM) temps de transit (TT) et proportion de marqueur excrété avant cæcotrophie (Ecp) (moyennes et écarts types).

Régimes	n = 5		n = 6		Signification statistique		
	BB	HH	BH	HB	Taux CP	Séquence	Interaction
TSM (h)	22,2 <sup>a</sup> (2,9)	13,9 <sup>b</sup> (2,5)	13,4 <sup>b</sup> (0,9)	16,3 <sup>b</sup> (2,9)	P < 0,001	P < 0,005	P < 0,02
TT (h)	10,8 (3,3)	6,8 (2,7)	7,5 (2,0)	7,1 (2,4)	NS	NS	NS
Ecp (%)	75,7 <sup>b</sup> (5,5)	89,6 <sup>a</sup> (4,8)	93,5 <sup>a</sup> (2,5)	76,3 <sup>b</sup> (6,5)	P < 0,001	NS	NS

NS; a, b, c : voir tableau III.

Deux semaines après l'inversion de la distribution des aliments, les animaux ont atteint le niveau d'ingestion des lots témoins (fig 1), et sur l'ensemble de la période 2, le changement de régime n'a pas affecté la

croissance des lapins. La digestibilité apparente fécale, mesurée 2 semaines après l'inversion des régimes, n'a pas été modifiée significativement chez les lapins des lots HB et BH, excepté dans le cas des

**Fig 1.** Évolution de l'ingestion alimentaire au cours de la croissance.

a,b : pour un même âge, les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas au seuil  $P = 0,05$ .



fibres (tableau IV). On observe alors une interaction significative entre l'effet du taux de CP et de la séquence alimentaire : un meilleur CUDA de la fraction NDF est mesuré pour les animaux du lot HB comparé à BB (inversement pour la comparaison BH vs HH). De plus, des contenus cæcaux de ces animaux (HB) présentent des teneurs en AGV supérieures à celles du lot BB (équivalente au lot HH), mais des proportions molaires en AGV similaires. Les teneurs et les proportions molaires en AGV sont équivalentes entre les lots BH et HH.

L'effet significatif de la séquence alimentaire sur le temps de séjour moyen (tableau VI) provient essentiellement d'une réduction du TSM chez les lapins du lot HB comparé à BB, l'index *Ecp* demeurant inchangé.

## DISCUSSION

Le niveau des performances de croissance obtenu avec nos aliments à formule simplifiée est peu élevé; il demeure toutefois dans des limites raisonnables. La proportion importante de particules fines (taille < 0,3 mm) dans ces aliments (86,3 et 77,7% respectivement pour B et H) peut être à l'origine d'une sous-consommation alimentaire et donc d'une vitesse de croissance modérée.

Les lapins ont un temps d'adaptation au contenu énergétique de l'aliment très rapide : environ une semaine. L'ingestion d'énergie digestible similaire entre les régimes à basse et haute teneur en fibres montre l'aptitude du lapin à réguler son niveau d'ingestion en fonction de ses besoins énergétiques. Nos résultats indiquent une régulation pour des aliments contenant 7,9 et 10,3 MJ d'ED/kg, alors que la plage classique de régulation de l'in-

géré se situe entre 9,2 et 13,4 MJ d'ED/kg (Maertens et Lebas, 1989). Cette régulation de l'ingéré en-dessous des seuils classiques provient sans doute d'une faible valeur d'encombrement de nos aliments riches en fines particules. La teneur en énergie digestible de la luzerne estimée pour les régimes H et B est notablement plus faible que celle proposée dans les tables de composition des matières premières INRA (1989) : respectivement 6,1 vs 10,0 MJ/kg. Ceci peut provenir d'une part du niveau élevé d'incorporation de la luzerne, et d'autre part de la nature semi-purifiée de l'aliment (haute proportion de particules fines, etc). Une hausse de l'incorporation de luzerne n'a pas sensiblement modifié la digestibilité de l'énergie de cette dernière. Ceci peut provenir du fait que le niveau de digestibilité de l'énergie pour la luzerne est déjà très bas dans le cas de l'aliment B, et ne pourrait donc pas être réduit de manière importante dans le cas de l'aliment H.

En augmentant l'incorporation de luzerne, la digestibilité des protéines de l'aliment baisse logiquement, puisque la digestibilité du concentré protéique est supérieure à celle des protéines de luzerne. Toutefois la digestibilité de ces dernières ne varie pas en fonction du taux de luzerne dans l'aliment. Les valeurs de digestibilité apparente des fractions NDF et ADF sont peu élevées ( $\approx 20\%$ ); Robinson *et al* (1986) obtiennent des valeurs similaires aux nôtres pour un régime contenant plus de 80% de luzerne déshydratée. Par contre, un effet positif de l'incorporation de LD sur la dégradation des fibres est observé. Cet effet, quoique modéré, a une incidence sur la teneur en énergie digestible de la luzerne : + 3,5% de hausse entre les régimes B et H. Il semble donc qu'une hausse de la teneur en fibres a favorisé leur dégradation, mais aussi leur valorisation sous forme d'énergie par l'animal. Les

travaux antérieurs n'indiquent pas un effet net de la teneur en fibres sur leur dégradation; cet effet peut être négatif ou nul (Hoover et Heitmann, 1972; Auxilia et Masoero, 1980) ou positif (Toscano *et al*, 1986; Parigi-Bini, 1989). L'effet positif que nous observons provient d'une meilleure dégradation de la fraction «hémicellulose» (NDF-ADF). Cette meilleure digestibilité apparente des fibres est accompagnée d'une élévation de l'activité fermentaire cœcale. Cet effet favorable d'une diminution du rapport amidon/fibre sur les teneurs en AGV dans le cæcum est également rapportée par Abou-Ashour et Ahmed (1986), Gidenne (1986) ainsi que par Dehalle et Lebas (1980) mais sans variations importantes du profil fermentaire.

Cette élévation d'activité fermentaire pour le régime plus riche en fibres est associée à une réduction du temps de séjour moyen total. Un transit digestif plus rapide, lors de l'ingestion d'un aliment plus riche en fibres avait déjà été observé chez le lapin par Lebas et Laplace (1977). Les résultats obtenus chez l'adulte avec les mêmes régimes expérimentaux (Gidenne *et al*, 1990) indiquent que cette réduction de TSM total provient surtout d'une réduction du TSM dans l'ensemble cæcum-côlon. En effet, une diminution de la proportion de luzerne équivaut pour nos aliments à une hausse de la quantité de fines particules. De ce fait, l'activité de refoulement de ces particules par le côlon proximal en période de formation de crottes dures est stimulée. Cette rétention prolongée des fines particules dans le cæcum équivaut à une baisse de la quantité de marqueur directement excrétée dans les crottes dures, avant cæcotrophie. On observe ainsi une diminution de l'index Ecp du lot H au lot B.

Les variations d'activité fermentaire peuvent dépendre non seulement du temps de séjour, mais aussi du flux de nu-

triments arrivant au cæcum : un flux trop important de glucides rapidement fermentescibles (tel que de l'amidon : régime B) peut favoriser la flore amylolytique aux dépens de la flore cellulolytique. Il serait donc nécessaire de faire varier le transit digestif à taux constant de fibres pour analyser séparément l'effet propre du transit et du taux de fibres alimentaires. Or, cette situation est obtenue indirectement si l'on compare les lots HB et BB. Les animaux reçoivent le même aliment, mais les lapins accoutumés auparavant à un régime plus fibreux (lot HB) présentent un transit digestif plus rapide associé à une digestibilité plus élevée des fibres, par rapport aux animaux constamment nourris avec l'aliment B. De plus, Gidenne *et al* (1990) ont montré sur les mêmes régimes, que l'effet positif du broyage sur la digestibilité des fibres semble contrebalancé par un allongement du temps de séjour iléo-rectal (sans baisse de l'ingéré). Il semblerait donc qu'un renouvellement trop lent du contenu cæcal (équivalent à un allongement du TSM) pourrait être défavorable à l'activité bactérienne cellulolytique du fait d'un appauvrissement de milieu en éléments nutritifs pour la flore; et par conséquent, la dégradation des constituants pariétaux serait réduite.

L'adaptation du lapin à un changement de régime est relativement rapide. Après 3 semaines, la digestibilité des aliments est similaire, en accord avec les résultats de Lebas *et al* (1982). Cette accoutumance vis-à-vis d'une élévation de la teneur en fibres alimentaires est observée aussi bien au plan de l'activité fermentaire qu'à celui du transit digestif. À l'inverse, l'accoutumance à une baisse des apports en fibres n'est pas complète; ainsi la capacité à dégrader les constituants pariétaux (CUDA NDF, activité fermentaire) semble se maintenir chez les lapins initialement nourris avec un régime fibreux (lot HB). On constate en effet chez ces animaux une modifi-

cation du profil fermentaire (celui observé pour le régime B) mais sans variations des teneurs en AGV dans le cæcum. De plus, ces animaux conservent un transit digestif rapide (TSM inférieur à ceux du lot BB), bien que la quantité de marqueur excrétée avant cæcotrophie (Ecp) soit similaire à celle des lapins constamment nourris avec un régime peu fibreux. L'écart de TSM pour l'ensemble de tube digestif proviendrait plutôt d'une différence de temps de séjour dans les parties tubulaires du tube digestif, comme le montrent les valeurs de temps de transit «TT».

## CONCLUSION

La liaison positive entre digestibilité apparente des constituants pariétaux et teneurs en AGV dans le cæcum est confirmée; mais l'origine des variations de digestibilité des fibres est plus difficile à mettre en évidence. Il semble que la dégradation des fibres soit défavorisée dans le cas d'une élévation du rapport amidon/fibres, ou dans le cas d'un transit digestif ralenti. Il convient toutefois de ne pas généraliser des conclusions obtenues sur un modèle alimentaire particulier, pour lequel la dégradation des constituants pariétaux est peu élevée.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier M Bouille-Oudot, C Benchaar, H Mance, et le professeur Montcoulon pour l'aide technique qu'ils m'ont apportée lors des analyses d'acides gras volatils et d'ytterbium, au laboratoire de zootechnie de l'ENSA de Toulouse.

Cette étude a été réalisée avec le soutien de l'action incitative programmée de l'INRA «physiologie des activités digestives fermentaires et métaboliques de l'ingestion de fibres alimentaires» (AIP n°90/4725).

## RÉFÉRENCES

- Abou-Ashour AM, Ahmed BM (1986) Effects of dietary fiber levels on digestibility, performance and caecal microbial activity in growing rabbits. *World Rev Anim Prod* 22, 3-4, 5-6, 51-54
- Auxilia MT, Masoero G (1980) Emploi du maïs-fourrage déshydraté dans l'alimentation des lapins. 2<sup>e</sup> Congrès Mondial de Cuniculture, 2, 147-156
- Cheeke PR, Grobner MA, Patton NM (1986) Fiber digestion and utilization in rabbits. *J Appl Rabbit Res* 9, 25-30
- Colin M, Lebas F (1976) Méthode d'étude de la digestibilité des aliments chez le lapin. 2) Périodicité des collectes. *Sci Tech Anim Lab* 1, 129-133
- De Blas C, Santoma G, Carabano R, Fraga MJ (1986) Fiber and starch level in fattening rabbit diets. *J Anim Sci* 63, 1897-1904
- Dehalle C, Lebas F (1980) Influence de régimes alimentaires à base de luzerne sur la composition en acides gras volatils du contenu digestif chez le lapin. *Reprod Nutr Dev* 21, 5B,867
- Ellis WC, Beever DE (1985) Methods for binding rare earths to specific feed particles. In: *Techniques in Particle Size Analysis of Feed and Digesta in Ruminants* (PM Kennedy, ed), Can Soc Anim Sci, Occasional publ n°1, Edmonton, Canada, 154-165
- Ellis WC, Matis JH, Lascano C (1979) Quantitating ruminal turnover. *Fed Proc* 38, 2702-2706
- Ellis WC, Lascano C, Teeter T, Owens FN (1982) Solute and particulate flow markers. In *Protein requirements for cattle: symposium*, (FN Owens ed) Oklahoma State Univ, Okla Misc Publ 109, 37-56
- Faichney GJ (1975) The use of markers to partition digestion within the gastro-intestinal tract of ruminants. In: *Digestion and Metabolism in the Ruminant* (IW Mc Donald and ACI Warner, eds) 227-241
- Gidenne T (1986) Évolution nyctémérale des produits de la fermentation bactérienne dans le tube digestif du lapin en croissance. Relations avec la teneur en lignines de la ration. *Ann Zootech* 35, 121-136

- Gidenne T, Carré B, Ségura M, Lapanouse A, Gomez J (1990) Fibre digestion and rate of passage in the rabbit. Effect of particle size and level of lucerne meal. *Anim Feed Sci Technol* 31, sous presse
- Giger S, Sauvant D, Dorleans M, Morand-Fehr P (1979) Détermination semi-automatique des constituants membranaires des aliments concentrés par la méthode de van-Soest. 30th *Ann meet Eur Assoc Anim Prod*, Harrogate, England, July 1979, commission of animal feeding, N° 3,5
- Grovum WL, Williams VJ (1973) Rate of passage of digesta in sheep. 3. Rate of passage of water and dry matter from the reticulo-rumen, abomasum and caecum and proximal colon. *Br J Nutr* 30, 231-240
- Hoover WH, Heitmann RN (1972) Effects of dietary fiber levels on weight gain, cecal volume and volatile fatty acid production in rabbits. *J Nutr* 102, 375-379
- INRA (1989) Tables de compositions des matières premières. In : *L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles*. 2<sup>e</sup> edn, INRA éd, chap 8, p 197
- Jouany JP (1982) Dosage des acides gras volatils (AGV) et des alcools, dans les contenus digestifs, les jus d'ensilage, les cultures bactérienne et les contenus de fermenteurs anaérobies. *Sci Alim* 2, 131-144
- Kass ML, van-Soest PJ, Pond WG, Lewis B, Mc Dowell RE (1980) Utilisation of dietary fiber from alfalfa by growing swine. 1. Apparent digestibility of diet components in specific segments of the gastrointestinal tract. *J Anim Sci* 50, 175-191
- Lalles JP (1988) Étude de la digestion, du transit digestif et de quelques paramètres métaboliques et immunologiques chez le veau au cours du sevrage, dans le cas de deux rations différant par la nature des protéines de l'aliment concentré (pois ou tourteau de soja). Thèse de docteur ingénieur, ENSA Rennes, mai 1988, 217 p
- Lebas F, Laplace JP (1977) Growth and digestive transit in the rabbit. Variations determined by the physical from composition and crude fiber content of the feed. *Ann Biol Anim Biochim Biophys* 17, 535-538
- Lebas F, Laplace JP, Droumenq P (1982) Effects de la teneur en énergie de l'aliment chez le lapin. Variations en fonction de l'âge des animaux et de la séquence des régimes alimentaires. *Ann Zootech* 31, 233-256
- Maertens L, Lebas F (1989) Mesure de la valeur énergétique des aliments et des matières premières chez le lapin. Une approche critique. *Cun Sci* 5, 35-46
- Morisse JP, Boilletot E, Maurice R (1985) Alimentation et modifications du milieu intestinal chez le lapin (AGV, NH<sub>3</sub>, pH, flore). *Rec Med Vet* 161, 443-449
- Parigi-Bini R (1989) Digeribilità e utilizzazione della fibra. *Prof alev* 16, 43-44
- Partridge GG, Garthwaite PH, Findlay M (1989) Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fibre. *J Agric Sci* 112, 171-178
- Perez PM (1989) Utilizacion de distintos tipos de fibra por los conejos en cebo. These univ politec, Madrid, ETS Ing Agron, 115 p
- Rémésy C, Demigné C (1989) Effet des polysaccharides de soja ou de betterave sur le développement des fermentations cœcales chez le rat. 30-31 mai, Nantes, *Journ Assoc Fr Nutr*
- Robinson KL, Cheeke PR, Kelly JD, Patton NM (1986) Effect of fine grinding and supplementation with hay on the digestibility of wheat bran by rabbits. *J Appl Rabbit Res* 9, 166-167
- SAS (1985) SAS/STAT. *Guide for Personal Computers*, version 6. Edition Cary, NC: SAS Institute INC, 378 p
- Toscano PG, Benatti G, Zoccarato I (1986) Comparison of crude fiber and the Van Doest detergent method for fiber determination in rabbit feeds. *J Appl Rabbit Res* 9, 69-75
- Van Soest PJ, Wine RH (1967) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Agric Chem* 50, 50-55