

Lauréat du Prix CUNINOV 2000

BESOINS EN FIBRES ET SECURITÉ DIGESTIVE DU LAPIN EN CROISSANCE

Thierry GIDENNE

Institut National de la Recherche Agronomique, Centre de recherche de Toulouse
Station de Recherches Cunicoles,
BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

1) Introduction et cadre des recherches

Depuis les années 70, la rationalisation de l'alimentation a conduit à une élévation de la concentration en énergie digestible des aliments afin d'accroître les performances de croissance. Mais cette hausse de la concentration énergétique est obtenue le plus souvent par le biais d'une élévation de la teneur en amidon aux dépens de la teneur en fibres. Ceci peut conduire à des dysfonctionnements digestifs graves, en particulier chez le lapin en croissance: altérations de l'activité microbienne caecale, modification de la motricité digestive, diarrhées.

Le lapin est un herbivore monogastrique. Un apport alimentaire minimum de fibres est donc indispensable pour assurer un fonctionnement digestif normal, et éviter ainsi l'apparition d'entérites souvent mortelles, et du moins une morbidité élevée (troubles de l'ingestion et de la croissance, diarrhées transitoires...). Ainsi, les résultats de la gestion technico-économique indiquent une mortalité en engraissement d'environ 12% avant 1997, de plus de 14% en 1997 et 1998 (épidémie d'EEL, Renalap 2000), provenant essentiellement du syndrome non spécifique "entérite du lapin".

Ce besoin en fibres limite donc les possibilités d'accroissement de la concentration énergétique des régimes et par voie de conséquence leur efficacité alimentaire. Cet antagonisme entre performances de croissance et bon état sanitaire constitue un problème majeur en nutrition cunicole. Cette question prend un intérêt supplémentaire dans le contexte actuel de la production cunicole, où la sécurité digestive des animaux devient une question prioritaire.

Beaucoup de travaux ont été réalisés antérieurement, afin d'analyser les effets de la nature et/ou de la quantité de fibres alimentaires sur la digestion du lapin. Mais les apports de fibres varient généralement à l'inverse des apports d'amidon (fibres et amidon constituant les 2/3 d'un régime), et peu d'études ont été effectuées sur les conséquences digestives de l'ingestion d'amidon (nature et/ou quantité) et sur les interactions avec les apports de fibres.

Nous nous proposons ici de faire le point des résultats obtenus à la suite d'un programme de recherche, mené en concertation avec plusieurs acteurs de la filière cunicole. Nous présenterons les conséquences de l'ingestion de fibres **et** d'amidon sur la digestion du lapin, en traitant successivement des effets spécifiques des fibres, puis des interactions avec les apports d'amidon. Nous intégrerons aussi d'autres résultats complémentaires issues d'études menées en parallèle du présent programme. Enfin, nous terminerons en proposant les dernières recommandations en différentes classes de fibres et en amidon pour le lapin en croissance.

2) LE PROGRAMME

2.1) Objectif des travaux

L'objectif est d'étudier l'intérêt des critères Van-Soest d'analyse des différentes fractions pariétales (définition : voir partie suivante), pour évaluer les besoins du lapin en croissance (post-sevrage) et définir le niveau de sécurité digestive d'un aliment complet granulé.

Les recommandations doivent donc répondre au double objectif d'efficacité et de sécurité alimentaire. Les besoins en fibres sont actuellement estimés à l'aide du critère "cellulose brute". Or, ce critère est imprécis, car il correspond à un résidu d'analyse contenant, selon les matières premières, une fraction variable de la cellulose et des lignines. L'objectif de ce programme est donc de rechercher et de valider d'autres critères d'appréciation des besoins en fibres, afin d'en déduire des recommandations plus précises, et permettre ainsi de réduire la mortalité en élevage sans dégradation majeure des performances zootechniques.

2.2) Déroulement du programme et méthodologie expérimentale

Le programme est constitué d'un enchaînement de 5 études, sur une durée d'environ 6 ans. Il a d'abord porté sur les effets zootechniques et digestifs des lignines et de la cellulose, et sur l'effet de leur origine botanique. De plus, le programme a cherché à répondre aux points suivants: Le critère ADF suffit-il, seul, pour prévoir la valeur nutritive et le niveau de sécurité d'un aliment pour lapin? Une interaction entre les apports en fibres plus digestes (hémicelluloses, pectines..) et les apports d'amidon (nature et quantité) est-elle possible? Enfin, nous avons étudié les interactions entre fibres et nature de l'amidon.

Nous avons développé une double approche à l'aide de modèles alimentaires complexes, proches de ceux employés en élevage:

a) une approche expérimentale : étude de la digestion, et de la valeur nutritive des aliments (laboratoire INRA, SRC).

b) une approche de type "zootechnique": en analysant avec précision la réponse zootechnique (croissance, état sanitaire) sur de très larges effectifs d'animaux, dans un réseau de 6 stations expérimentales cunicoles.

Cette approche nécessite une méthodologie rigoureuse et la collaboration active de LITAVI et de plusieurs partenaires de la filière organisés au sein du groupe d'expérimentation cunicole "GEC".

Soulignons enfin que les études réalisées au sein du GEC ont permis de faire **progresser** nos méthodes de **mesures de l'état sanitaire** des animaux. D'un simple relevé du nombre de morts, nous sommes passés à des mesures plus précises incluant : des relevés d'état sanitaire, des relevés de causes de mortalité (codification, grille de notes, fiche simplifiée d'autopsie), une méthode d'identification des troubles de la croissance (fichiers standardisés de relevés de performances). Ces outils nous permettent désormais d'estimer le taux de morbidité d'un groupe d'animaux. La morbidité correspond aux individus (non morts) présentant des symptômes transitoires de diarrhées ou de troubles digestif et/ou des troubles manifestes de la croissance. Le cumul de la mortalité et de la morbidité correspond à l'index de risque sanitaire (RS%), qui nous permet d'évaluer plus précisément l'état sanitaire des animaux.

2.3) Les partenaires engagés dans ce programme : le GEC

Nous voulons souligner ici l'**originalité** et la **puissance** du dispositif expérimental, probablement unique dans le monde des productions animales. C'est grâce à la collaboration volontaire de nombreux partenaires de la filière que peut fonctionner le groupe GEC, et permettre ainsi de réaliser des études d'interactions entre nutrition et pathologie.

INRA - Station de recherche cunicole

✓Equipe scientifique: Thierry GIDENNE, Jean-Marc PEREZ, François LEBAS

✓Equipe technique (André Lapanouse, Muriel Segura, Carole Beranger)

ITAVI: Isabelle BOUVAREL, Nathalie JEHL, Luc MIRABITO.

Le réseau de 6 stations expérimentales du GEC : Glon-Sanders, Guyomarc'h nutrition animale, le GIE Euronutrition (CCPA+TECHNA), ITAVI, Trouw nutrition (UFAC), UCAAB.

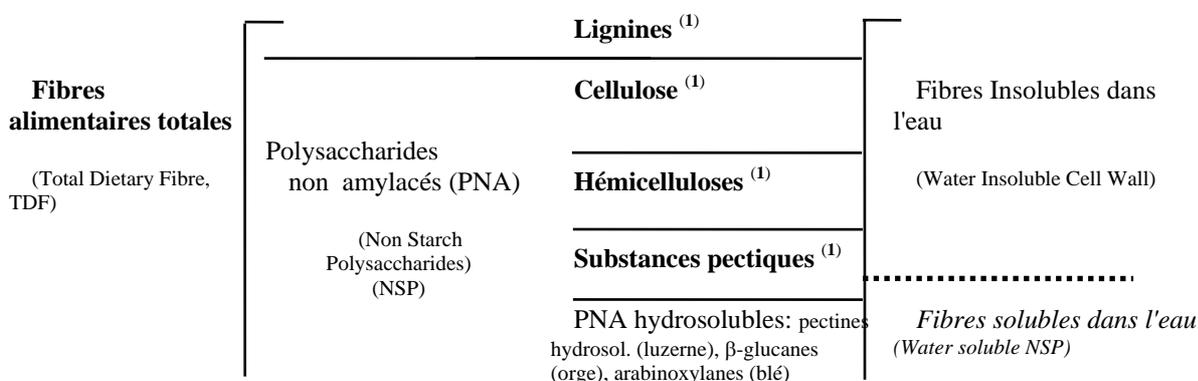
3) CARACTERISTIQUES DES FIBRES ALIMENTAIRES ET CONSEQUENCES SUR LEUR ANALYSE.

Avant, de présenter les résultats du programme de recherche, il nous paraît utile de faire un bref rappel des caractéristiques biochimiques des fibres et des fractions fibreuses obtenues par les méthodes d'analyses applicables à l'alimentation animale.

Au plan de la structure biochimique, il existe de nombreuses classes de fibres, dont la plupart sont des constituants de la paroi des cellules végétales. Il est cependant possible de distinguer 5 classes majeures (figure 1) : lignines, cellulose, hémicelluloses insolubles dans l'eau, substances pectiques insolubles dans l'eau, et une classe de divers polysaccharides non amyliques hydrosolubles.

On peut définir les fibres alimentaires, comme la somme des polysaccharides non amyliques et des lignines. Ces polymères végétaux ne sont pas hydrolysables par les enzymes endogènes de l'animal, en raison de la nature des liaisons chimiques entre les monomères. Par contre, la flore bactérienne, présente essentiellement dans le caecum et le côlon proximal du lapin, possède les enzymes permettant l'hydrolyse des chaînes polysaccharidiques en oses simples, dont la fermentation conduit à une production d'acides gras volatils (absorbés par la paroi caecale) et de gaz (CO₂, CH₄, H₂).

Figure 1 : Les principales classes de fibres alimentaires



(1) : constituants de la paroi des cellules végétales.

Les polysaccharides solubles dans l'eau comprennent plusieurs classes de molécules de degrés de polymérisation d'environ 15 à plus de 2000 (β-glucanes, arabinoxylanes...). Les substances pectiques recouvrent plusieurs classes de polymères ; incluant les pectines, constituées d'un squelette rhamnogalacturonique et de chaînes latérales d'arabinose et de galactose, mais aussi des polysaccharides neutres (arabinanes, galactanes, arabinogalactanes), souvent associés aux pectines. Les hémicelluloses regroupent plusieurs types de polysaccharides, tels que les xylanes, les mannanes (chaînes linéaires, liaisons β1→4), les arabino-galactanes (chaînes ramifiées, liaisons β1→3 et β1→6). Par contre, la cellulose est un homopolymère linéaire de glucose (liaisons β1→4), qui s'agrège en microfibrilles formant ainsi le squelette de la paroi végétale et donc de la plante. Les lignines sont des constituants pariétaux non glucidiques (Monties, 1980). Ce sont des polymères phénoliques organisés en réseaux très complexes. Plus globalement, la paroi végétale est donc constituée de fibrilles de cellulose (squelette) intégrées dans une matrice composée de lignines, hémicelluloses, pectines et protéines.

Compte tenu de la diversité des molécules composant les fibres alimentaires, il n'y a actuellement aucune méthode de dosage permettant un fractionnement précis des différentes classes de fibres. Il existe cependant des méthodes, plus ou moins précises, pour isoler certaines classes de fibres dans les aliments (figure 2).

Les résultats d'analyse des fibres dans les aliments et matières premières destinés aux animaux correspondent donc rarement à des classes de fibres précises. En fonction de la technique de dosage, l'estimation de la part des fibres dans un aliment pour lapins pourra évidemment varier fortement (tableau 1).

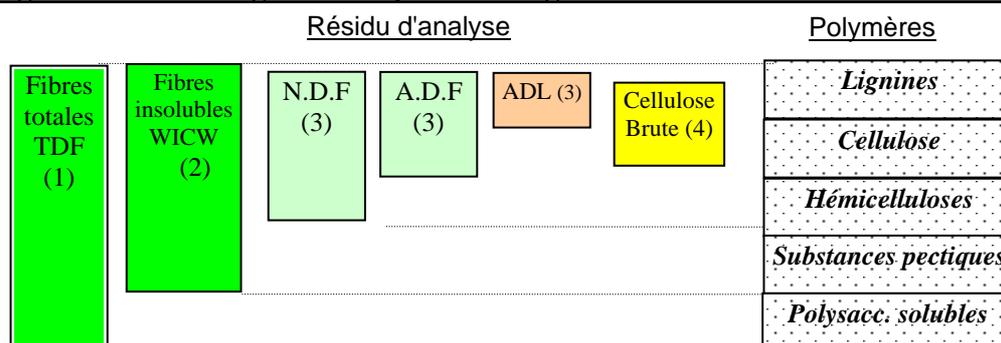
Rappelons le cas de la méthode Weende, utilisée en routine en alimentation cunicole, pour définir les recommandations en fibres. Cette technique permet d'isoler un résidu fibreux "la cellulose brute", qui correspond selon les matières premières à une fraction plus ou moins importante de la cellulose et des lignines, et qui n'inclut pas les hémicelluloses et les substances pectiques.

La procédure séquentielle de Van-Soest *et al.* (1991), officialisée en France seulement en 1997 (AFNOR, 1997), présente l'avantage d'estimer à partir d'un seul échantillon plusieurs fractions fibreuses, telles que les hémicelluloses (NDF-ADF), la cellulose (ADF-ADL) et les lignines (ADL). Bien qu'imparfaits au plan biochimique, ces critères présentent l'avantage d'une assez bonne reproductibilité dans un laboratoire d'analyse classique des aliments pour animaux.

Tableau 1: Proportions courantes de fibres dans un aliment complet destiné a des lapins en croissance.

Résidu d'analyse	Proportions (%)
Cellulose brute (CB)	14 à 18
Acid Detergent Fibre (ADF)	15 à 20
Neutral Detergent Fibre (NDF)	25 à 40
Fibres insolubles (WICW)	27 à 45
Fibres totales (TDF)	30 à 48
Autres constituants	
Amidon	10 à 20
Matière azotée totale (Nx6,25)	13 à 18

Figure 2 : Méthodes gravimétriques de dosage des fibres et nature du résidu d'analyse.



(1) : TDF = total dietary fibre (Lee et al., 1992)

(2) : WICW = water insoluble cell-wall (Carré et Brillouet, 1989)

(3) : NDF = neutral detergent fibre; ADF = acid detergent fibre; ADL = acid detergent lignin (procédure séquentielle de Van-Soest *et al.*, 1991; AFNOR, 1997).

(4) : selon la méthode dite de Weende (Henneberg et Stohmann, 1864).

4) BESOINS EN FIBRES DU LAPIN EN CROISSANCE

Compte tenu des méthodes d'analyses des fibres, disponible en alimentation animale, nous avons choisi de mesurer la validité des critères Van-Soest (ADF, ADL) pour mieux prévoir la "sécurité" d'un aliment complet équilibré pour le lapin.

Le besoin en fibre, du point de vue de la "sécurité digestive", se manifeste plus particulièrement dans la période post-sevrage. Ainsi, une trop forte réduction de la quantité de fibres ingérée, sans variations de la nature ou de l'origine, entraîne des baisses de vitesse de croissance durant les 2 semaines qui suivent le sevrage, souvent associée à des troubles de l'ingestion ou de la digestion.

L'origine botanique des fibres peut aussi influencer la digestion et l'activité microbienne cœcale, indépendamment de la quantité ou de la nature des fibres. Ainsi, l'apport de fibre à partir d'une origine botanique unique (par ex. le blé: paille - son) ne paraît pas favorable aux fermentations cœcales ni à

l'état sanitaire. Cette situation est normalement improbable en élevage rationnel, où les lapins sont nourris avec des aliments granulés contenant des végétaux d'origine très diversifiée.

Pour prendre en compte la nature des fibres et les interactions avec les apports d'amidon, il est nécessaire de tenir compte respectivement, de quatre points:

1. la quantité minimum de lignocellulose (ADF).
2. la qualité de la lignocellulose, c'est à dire le rapport lignines / cellulose.
3. la quantité de fibres digestibles (hémicelluloses et pectines) par rapport à la lignocellulose (fibres peu digestibles) = ratio "FD/ADF".
4. la quantité et la nature de l'amidon (en particulier en période périsevrage).

L'ensemble des recommandations est récapitulé dans le tableau 2.

4.1) Besoin en lignocellulose (ADF)

L'effet favorable de l'apport d'ADF sur la fréquence des troubles digestifs et la mortalité en engraissement a été montré par Maître *et al.* (1990) à l'aide d'un dispositif expérimental puissant (380 lap./régime, dans 5 sites). Plus récemment, et avec le même dispositif, Gidenne *et al.* (1998b) ont montré que le risque sanitaire (cumul de la mortalité et de la morbidité) passe de 18 à 28% lorsque le taux d'ADF passe de 19 à 15%.

Néanmoins, un critère unique, tel que l'apport de lignocellulose, peut-il suffire pour définir les apports de fibres et le "niveau de sécurité" d'un aliment ?

4.2) Rôle nutritionnel des lignines et de la cellulose

Outre la quantité de lignocellulose, il convient de préciser les effets de la qualité de l'ADF, c'est à dire les effets respectifs des lignines et de cellulose (selon la procédure Van-Soest).

L'ingestion de lignines (critère ADL = Acid Detergent Lignin) entraîne une réduction plus que proportionnelle de la digestion de la ration (voir figure 2, pente =-1,6), associé à une réduction du temps de séjour des aliments (-20%), et à une hausse de l'indice de consommation (Gidenne et Perez, 1994 ; Perez *et al.*, 1994). Sur ce dernier point, l'origine botanique des lignines semble moduler les effets observés.

Une relation linéaire précise ($R^2=0,99$; fig. 3, n=5 régimes) entre un critère chimique de la paroi végétale (ADL) et la mortalité en engraissement (par diarrhée) a été mise en évidence pour la première fois (sans effet majeur de l'origine botanique des lignines). L'effet favorable de l'apport de lignines sur le risque sanitaire (RS = cumul du taux de mortalité et de morbidité) a été confirmé ultérieurement dans plusieurs essais, comme l'indique la figure 4 ($r^2=0,83$; **n=13** régimes).

Tableau 2: Recommandations^(*) alimentaires en fibres et en amidon, pour le lapin en croissance, en vue d'une prévention des risques de pathologie digestive.

<u>Critères</u>	<u>Animaux : Lapins en</u>	
	<u>Post-sevrage</u>	<u>Finition</u>
(g pour 100 g d'aliment brut à 90% de MS).		
<i>Lignocellulose "ADF"</i>	≥19	≥17
<i>Lignines "ADL"</i>	≥5,5	≥5
<i>Cellulose "ADF-ADL"</i>	≥13	≥11
<i>Ratio Lignines/Cellul.</i>	>0,40	>0,40
<i>Hémicelluloses "NDF-ADF"</i>	>12	>10
<i>FD/ADF</i>	≤1,3	≤1,3
<i>NDF</i>	>31	>27
<i>Amidon</i>	<14	≤18

ADF : Acid Detergent Fibre ; ADL : Acid Detergent Lignin (Van-Soest *et al.*, 1991 ; AFNOR, 1997, procédure séquentielle).

FD : fibres digestibles (pectines + hémicelluloses).

* Les recommandations sont adaptées à des lapins ayant un niveau d'ingestion d'environ 90 à 120 g/j pour le post sevrage (soit jusqu'à 45j d'âge), et 120 à 150g/j en finition. Elles ne tiennent pas compte des marges de sécurité lors de la fabrication des aliments.

Les effets de l'ingestion de cellulose sont moins marqués en ce qui concerne la baisse de la digestion de la ration (voir fig.3: pente = -1), l'accélération du transit ou l'indice de consommation (Gidenne et Perez, 1996 ; Perez *et al.*, 1996). La cellulose est également favorable à l'état sanitaire des animaux; mais à quantité égale ingérée, l'effet semble moins puissant que celui observé avec les lignines.

Ces deux constituants de la lignocellulose jouent donc un rôle assez proche sur la prévention des troubles digestifs chez le lapin. Néanmoins, on peut attribuer un rôle majeur à la lignine. En effet, à taux constant d'ADF, la réduction du ratio lignine/cellulose "VS" (L/C) entraîne une hausse des troubles digestifs. De même, lorsque le ratio L/C est inférieur à 0,4 on observe une réduction de la vitesse de croissance (-5%) et un ralentissement du transit digestif.

En comparant des mélanges de sources de fibres, on constate que l'origine botanique des lignines (figure 3) pourrait affecter l'indice de consommation mais n'aurait pas d'effet sensible sur l'état sanitaire, tandis que l'origine de la cellulose n'aurait pas d'incidence majeure.

En conclusion, nous estimons que le besoin en lignines (ADL) est d'environ 5 à 7g/j, et celui en cellulose (VS) d'environ 11 à 12 g/j. Ceci impose donc qu'un aliment, ingéré à raison de 100 g/j, doit contenir au moins 5% d'ADL (voir tableau 2).

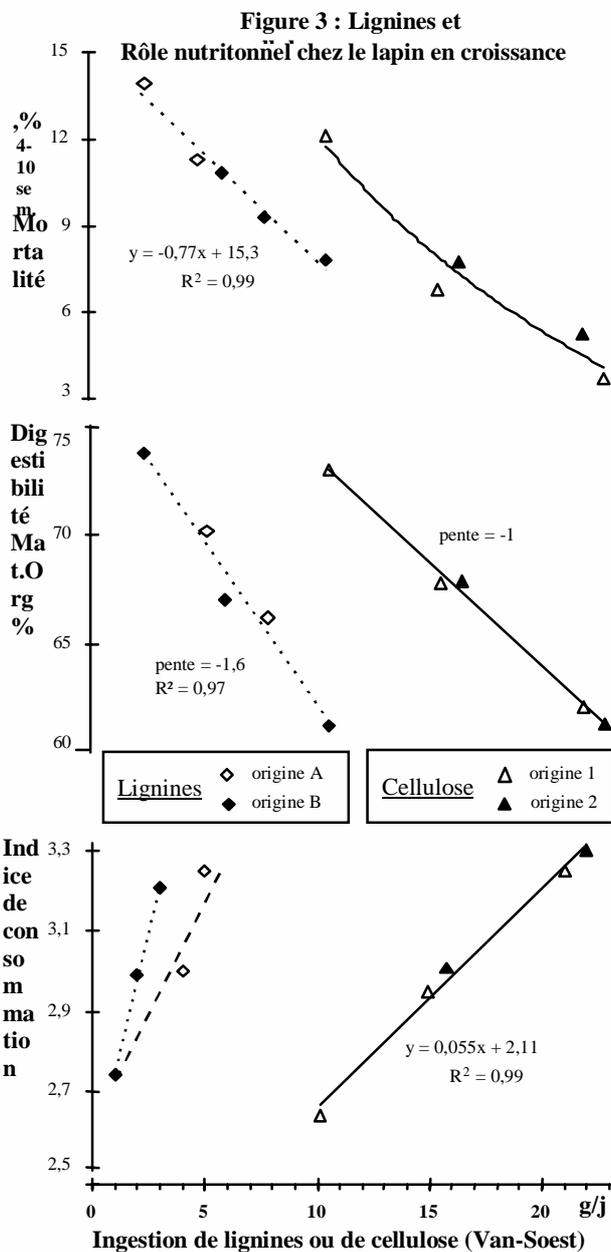
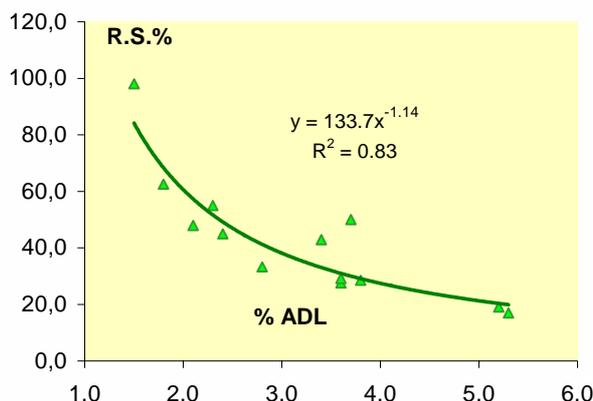


Figure 4 :

Variation du risque sanitaire "R.S.", en fonction du taux d'ADL du régime.



(RS mesuré entre 28 et 70j d'âge sur au moins 40 lapins/régime; un point = un régime; Gidenne et Jehl, 1999; Pinheiro et Gidenne, 1999; Gidenne et al., 1998b, Bennegadi et al., 2000).

4.3) Apports de "fibres digestibles" et interaction avec les apports d'amidon.

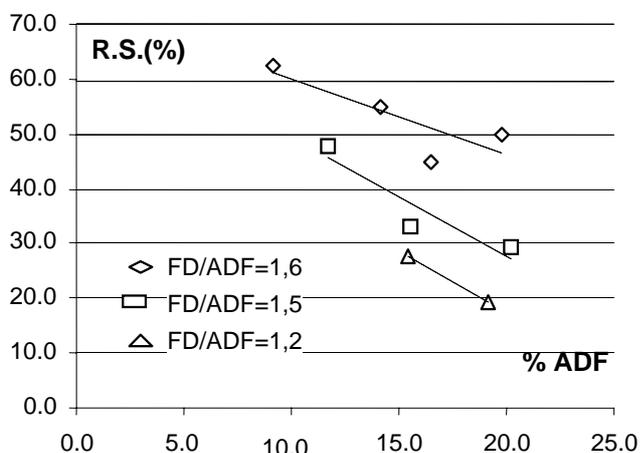
Outre la quantité d'ADF et sa qualité, est il nécessaire de préciser les besoins en fibres plus digestibles, telles que les hémicelluloses et les pectines ?

Comme le montre la figure 5, on peut observer une variation importante (20 à 50%) du risque sanitaire pour un taux d'ADF fixe (19,5 à 20%), par exemple en faisant varier le rapport FD/ADF (Jehl et Gidenne, 1996).

Nous définissons les fibres digestibles comme le cumul des fractions hémicelluloses (détermination selon la procédure séquentielle de Van-Soest: NDF-ADF) et des pectines insolubles dans l'eau. La procédure d'analyse des pectines demeure complexe, il est néanmoins possible d'estimer leur valeur dans les aliments à partir de tables. Par rapport à la lignocellulose, cette fraction présente une plus forte digestibilité (35 à 50%). Ainsi que le montre la figure 6, dans le cas d'aliments dont le taux d'ADF est supérieur à 15%, nous observons une relation très étroite ($R^2=0,88$) entre l'élévation du ratio FD/ADF et le risque sanitaire. Il conviendrait donc de maintenir un ratio FD/ADF inférieur à 1,3.

Compte tenu de la bonne digestibilité des FD, il semble donc pertinent de les substituer à de l'amidon, afin de favoriser l'activité microbienne et le transit digestif. Par ailleurs, lors de la substitution d'amidon par des FD, soulignons le fait que les performances de croissance (indice de consommation, vitesse de croissance) sont peu affectées. Ceci confirme la très bonne valorisation des fibres digestibles par le lapin.

Figure 5:
Risque sanitaire "R.S.", et taux d'ADF.



(RS mesuré entre 28 et 70j d'âge sur au moins 40 lapins/régime; un point = un régime) ; (Gidenne et Jehl, 1999; Pinheiro et Gidenne, 1999; Gidenne et al., 1998b).

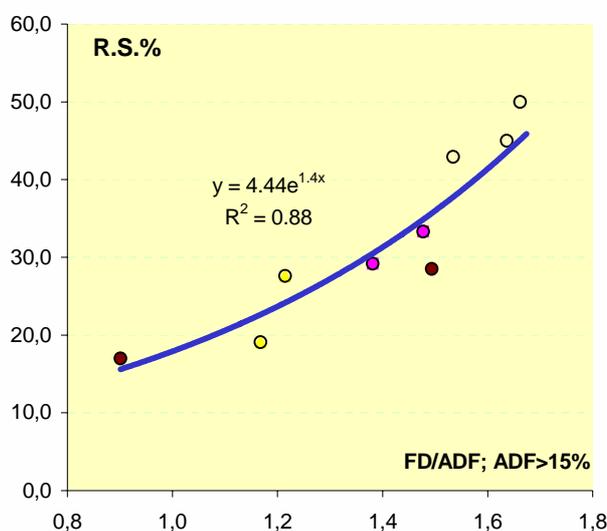
Pour des régimes respectant les contraintes précédentes (soit un taux **constant** d'ADF de 18 à 19%; et un ratio FD/ADF < 1,3), la substitution d'amidon (24 à 12%) par des fibres digestibles "FD" (ratio hémicelluloses / pectines = 75/25), permet de réduire la mortalité sevrage-abattage (10,1 à 4,6% ; Perez et al., 2000). Cette mortalité liée à un apport élevé d'amidon est plus importante dans la période post-sevrage..

4.4) Apports d'amidon en fonction du stade physiologique.

Le flux d'amidon iléal chez le lapin en période de fin d'engraissement demeure très faible (<2g/j), même pour des taux très élevés d'amidon alimentaire (30%). En période de finition, l'amidon ne serait donc qu'un facteur secondaire dans le déterminisme de troubles digestifs, le facteur majeur demeurant l'apport de fibres.

Figure 6 : Variation du risque sanitaire "R.S.", en fonction du ratio FD/ADF (ADF>15%)

(RS mesuré entre 28 et 70j d'âge sur au moins 40 lapins/régime; un point = un régime) ; (Gidenne et Jehl, 1999; Pinheiro et Gidenne, 1999; Gidenne et al., 1998b).



Néanmoins, selon la nature de l'amidon, sa résistance à la digestion dans l'intestin grêle est variable, ce qui peut aussi modifier l'activité microbienne caecale. Ce facteur est donc susceptible de moduler la réponse zootechnique, en particulier chez le lapin en période péri-sevrage dont la digestion enzymatique n'est pas encore mature. Ainsi après sevrage, l'ingestion d'amidon relativement résistant, tel que l'amidon de maïs, entraîne peu de modifications des performances de croissance ou de digestion. Cependant cela tend à dégrader l'état sanitaire des animaux. Les traitements physique, tel que l'extrusion, permettent d'améliorer la digestion de l'amidon et donc d'atténuer cet effet sur la sécurité digestive.

Donc, en période de post-sevrage, il conviendrait donc de respecter un taux d'amidon inférieur à 14%, tout en maintenant un apport d'ADF de 19%. En période de finition, il semble possible d'accroître le niveau énergétique des aliments via une hausse du taux d'amidon, toujours en respectant un apport minimum de fibres (tableau 2).

5) CONCLUSIONS

Soulignons d'abord que l'ensemble des résultats présentés précédemment, sont le fruit d'un travail d'équipe et d'une collaboration efficace entre la recherche du secteur public et du secteur privé.

L'objectif initial qui était une meilleure définition des besoins en fibres en vue de sécuriser

l'état sanitaire des animaux, a été atteint. Nous avons ainsi précisé le champ de validité du critère ADF, et amélioré la définition des besoins en lignocellulose. Nous avons mis en évidence un nouveau critère permettant d'améliorer la prévision de la "sécurité digestive" d'un aliment : la lignine ADL (méthode Van-Soest séquentielle). De plus, de nouveaux critères de mesures de l'état sanitaire d'un troupeau ou groupe d'animaux ont été mis au point.

Si ce programme a permis de mieux connaître les relations entre alimentation et maîtrise de la sécurité du lapin sevré, il convient désormais de s'intéresser au jeune lapin non sevré. En effet une bonne préparation nutritionnelle de ce dernier contribuerait notablement à une bonne maîtrise sanitaire post-sevrage.

Publications issues du programme de recherche

- Gidenne T., Perez J.M., 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Annales de Zootechnie*, 43: 313-322.
- Gidenne T., Perez J.M., 1996. Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Annales de Zootechnie*, 45: 289-298.
- Gidenne T., Perez J.M., Lebas F., 1998. Besoins en constituants pariétaux du lapin de chair. *Ed. By B. Archambeaud, Fonds SYPRAM, SOFIPROTEOL publ. Paris, 2p.*
- Gidenne, T., Perez, J.M., 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. I. Effects on digestion, rate of passage and retention of nutrients. *Annales de Zootechnie* 49, 357-368
- Perez J.M., Gidenne T., Lebas F., Caudron I., Arveux P., Bourdillon A., Duperray J., Messenger B., 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances de croissance et la mortalité. *Annales de Zootechnie*, 43: 323-332.
- Perez J.M., Gidenne T., Bouvarel I., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Le Naour J., Messenger B., Mirabito L., 1996. Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Annales de Zootechnie*, 45: 299-309.
- Perez, J.M., Gidenne, T., Bouvarel, I., Arveux, P., Bourdillon, A., Briens, C., Le Naour, J., Messenger, B., Mirabito, L., 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Annales de Zootechnie* 49, 369-377.