

Additifs alimentaires et maîtrise sanitaire d'un élevage de lapin

François LEBAS
ASFC & Association "Cuniculture"



La maîtrise sanitaire d'un élevage cunicole passe d'abord par :

- **Une hygiène irréprochable dans et autour de l'élevage**
(matériel, locaux, éleveur, désinfections régulières, ...etc)
- **une ventilation, un chauffage et/ou une réfrigération**
bien conçus et bien conduits
- **l'usage d'aliments adaptés aux animaux**
(équilibre protéines énergie, proportion des différents types de fibres, apports minéraux et vitaminiques adaptés, ... etc
- **l'usage d'un rationnement** bien conduit en engraissement
- **un suivi sanitaire régulier** qui seul permet de savoir ce qui se passe et de déterminer la nature des problèmes

Si les difficultés subsistent, alors seulement on peut envisager l'usage d'additifs pour aider à mieux maîtriser la situation

L'usage intensif et non thérapeutique des antibiotiques en production animale (comme facteur de croissance) est désormais prohibé par la loi en raison des possibilités d'accoutumance des bactéries à ces produits et du risque que cela fait courir en médecine humaine.

En production cunicole les antibiotiques étaient utilisés essentiellement à des fins préventives (donc *thérapeutiques*) contre certaines affections. Mais comme on ne savait pas «qui» pouvait devenir malade, on traitait tout le monde. De ce fait, le risque pour l'homme était de même nature qu'un usage des antibiotiques comme facteurs de croissance.

On est donc, en particulier dans le domaine cunicole, à la recherche de produits et substances qui pourraient remplacer les antibiotiques pour réduire les coûts de productions grâce :

- au maintien d'une bonne santé chez les animaux (moins de morts)
- si possible entraînant une amélioration de l'efficacité alimentaire
- tout en ayant un prix de revient le plus faible possible (bénéfice/coût > 1)

Pour une question de praticité à l'usage, les produits et substances proposés sont le plus généralement ajoutés dans l'alimentation des lapins. La loi régit de type d'addition.

Les Additifs au sens de la Loi et les Autres produits ajoutés



The image shows the cover of a document titled "Community Register of Feed Additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003". The cover is blue and white. At the top left is the European Commission logo. In the center is the "ToGEThE" logo with "SINCE 1957" below it. At the top right is the "Health & Consumer Protection Directorate-General" logo. The main title is "Community Register of Feed Additives pursuant to Regulation (EC) No 1831/2003". Below the title is "Appendixes 3 & 4. Annex : List of additives". To the right of the title is "(Status: Released 22 April 2010.)". Below that is "Edition 76" with a yellow circle around the number 76. At the bottom right of the cover is "Directorate D - Animal Health and Welfare" and "Unit D2 - Feed". At the very bottom right of the cover is "350 pages". Below the cover are several small images: a chicken, a pig, a sheep, a cow, a rabbit, and a bowl of feed.

ADDITIFS : http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/comm_register_feed_additives_1831-03.pdf

Les Additifs au sens de la Loi et les Autres produits ajoutés

Additifs régis par la loi

(liste positive)

- 1 - Additifs technologique : conservateurs, **liants**, **anti-agglomérants**, **acidifiants**, ...
- 2 - Additifs sensoriels : colorants, substances aromatiques, **huiles essentielles**
- 3 - Additifs nutritionnels: vitamines, oligoéléments, acides aminés
- 4 - Additifs zootechniques: **enzymes**, **stabilisateurs de flore (probiotiques)**
- 5 - Coccidiostats : *autorisés pour le lapin*
Robénidine (tous lapins) , **Diclazuril** (tous lapins), **Salinomycine** (engrais.)

Autres produits ajoutés

(considérés comme des matières premières)

Essentiellement les **prébiotiques et produits de même nature**

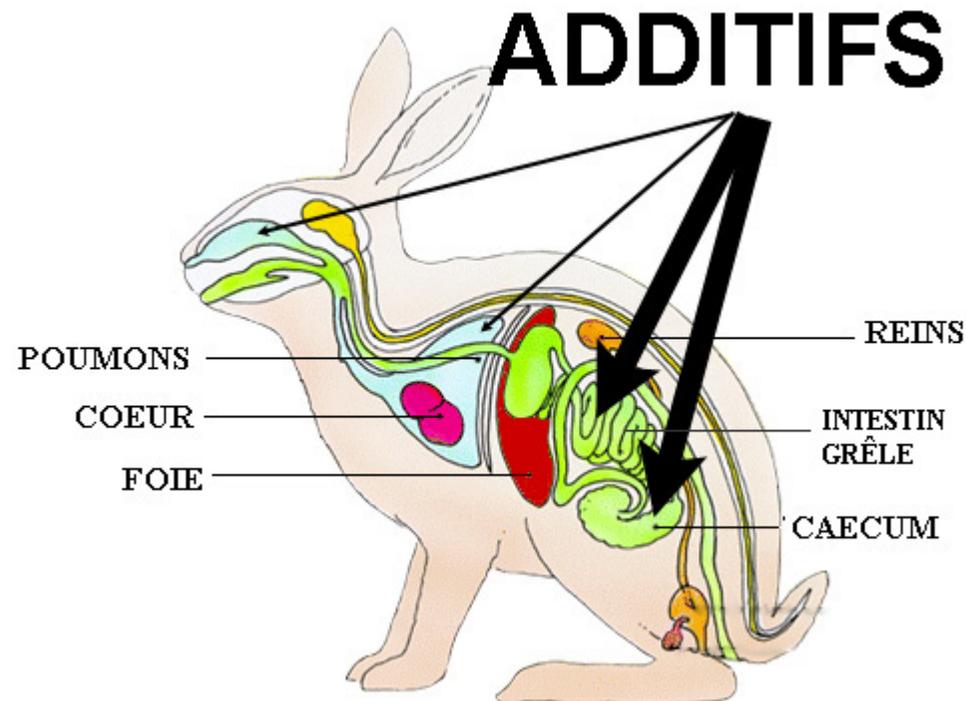
- Inuline
- Fructo-oligo-saccharides (FOS)
- Manno-oligo-saccharides (MOS)
- Galacto-oligo-saccharides (GOS)

Mais aussi

- tanins extraits du bois (châtaigner , ...)
- levures mortes et parois de levures
- plantes ± aromatiques entières

Source: EU Community Register of Feed Additives.
édition du 22.04.2010, 350 pages

Dans la très grande majorité des cas, les produits actifs «*non médicamenteux*» vont permettre une action sur la **sphère digestive**, très peu auront une action sur la sphère respiratoire, ou l'organisme en général.



C'est essentiellement à ce type d'action que nous allons nous intéresser

Les additifs technologiques

(liants, argiles, anti-mottants, acidifiants, ...)

Les additifs technologiques

(liants, argiles, anti-mottants, ...)

Ils sont en principe utilisés pour améliorer la qualité physique des aliments et leur conservation AVANT leur utilisation par les animaux

Toutefois, l'expérience montre que différents produits de cette catégorie tels que les argiles et différents composés minéraux à base de silice peuvent avoir des effets positifs sur la santé des lapins.

Le mécanisme d'action supposé repose sur la forte capacité de ces produits à séquestrer différentes molécules, dont des toxines, voire certaines bactéries, mais aussi des enzymes et à favoriser leur évacuation hors du lapin.

Exemple d'efficacité de l'addition de **zéolite** naturelle (Clinoptilolite) (seules les zéolites naturelles d'origine volcanique sont autorisées pour le lapin)



Les zéolites sont des aluminosilicates poreux, proches des argiles

Balakirev *et al.* (2000) utilisation de zéolite chez le lapin en croissance [50-100 j et 90-150 j] - Etude russe – Congrès de Valence (Espagne) -

	Témoin	2-3% Zéolite	Signif.
Gain de poids 1	16,0	19,3	**
Gain de poids 2	18,5	20,1	**
CUD mat organi.	72,5	76,7	**
CUD protéines	67,9	71,7	**
CUD fibres	35,0	42,5	**
<i>Effectif total n</i>	150	150	-
Mortalité essai	11,5%	7,5%	ns

Exemple d'efficacité **douteuse** de l'addition de **zéolite** naturelle

Grobner et coll. (1982) USA concluent leur étude sur l'emploi de la zéolite en engraissement en conseillant l'usage de 3% de zéolite pour réduire la mortalité (testée 0% - 1,5% et 3%). Effectivement, lors des deux expériences conduites, cette mortalité est divisée par deux avec 3% de zéolite

Essai 1 : 2 morts /16 lapins contre 4 morts /16 pour le témoin

Essai 2 : 1 mort /16 lapins contre 2 morts /16 pour le témoin

Malheureusement pour Mr Grobner la différence de mortalité est très loin du seuil de signification ! ($P = 0,474$ pour le test exact de Fisher / 2 essai)
En parallèle les gains de poids ne diffèrent pas significativement entre lots

=> Attention aux conclusions hâtives et bien faire attention aux conditions d'observation avant de prendre pour soi les conclusions des auteurs

Exemple d'efficacité de l'addition de **bentonite** (additif E558)

(argile parfois utilisée pour améliorer la tenue des granulés)

Nowar et coll. (2000) – Egypte – Effets sur la reproduction d'un apport de 1% à 3% de bentonite dans un aliment naturellement *contaminé par de l'aflatoxine*. alimentation des mâles et des femelles mais seulement 7 lapines par lot)

<i>paramètres</i>	Témoin	1% à 3% de bentonite
% conception	64,5%	85,6%
Nés vivants/MB	4,4	7,9
Pds portée naissance	275 g	508 g
Viabilité portées	57,1%	100%

La grande capacité d'adsorption de la bentonite peut présenter un intérêt pour limiter les conséquences d'une pollution des matières premières , **mais attention à ne pas trop vite généraliser**

En effet, dans une autre expérimentation ayant duré 30 jours, Lambertini et al. (1987) n'ont trouvé aucun effet de l'addition de 1 – 2 ou 3% de bentonite sur les performances de croissance, de mortalité ou de rendement à l'abattage, **mais ils ont constaté l'accumulation de bentonite dans le caecum. Quel est l'effet à long terme?**

Les additifs technologiques

acidifiants

Une mention particulière doit être faite pour les acidifiants. En effet dans l'esprit du législateur, les acidifiants introduits dans les aliments ont en principe pour rôle principal d'abaisser le pH de l'aliment pour y bloquer les développement bactériens intempestifs comme le fait naturellement l'acide lactique dans l'ensilage.

On trouve dans cette catégorie :

des acides forts : a. orthophosphorique (H_3PO_4), a. sulfurique (H_2SO_4), a. chlorhydrique (HCl)

Et un grand nombre **d'acides faibles** ainsi que beaucoup de leurs sels de sodium, de potassium ou de calcium : en particulier les acides de la série des acides gras volatils (acétique, propionique, butyrique, isobutyrique, valérique) ainsi qu'un certain nombre d'acides organiques (formique, lactique, citrique, tartrique, sorbique, ...)

Une augmentation de la teneur en acides gras volatils dans le contenu caecal et plus particulièrement celle de l'acide butyrique est systématiquement associée à une réduction de la population de colibacilles, attestant une meilleure « santé digestive ». L'addition de butyrate dans l'alimentation des lapins réduit effectivement la flore colibacillaire du caecum (Lebas 1993). => **quelle est l'action réelle des acidifiants sur la santé des lapins ?**

Quelques tests de croissance conduits avec différents acidifiants

Acidifiant testé	GMQ	Mortalité	Auteurs
a. citrique (1,5%)	ns	ns	Zaghini et al. 1985
a. fumarique (1,5%)	ns	ns	
a. phosphorique + citrique + lactique + tartrique + malique (1,5%)	↗ 7,7%	ns	Castrovilli 1991
a. phosphorique + citrique + lactique + tartrique + malique (3%)	↗ 10,0%	↘	
a. malique (0,5%)	+++	-	El-Kerdawy, 1996
a. fumarique (0,5%)	++	-	
a. citrique (0,5%)	+	-	
a. fumarique (1,5%)	ns	ns	Hollister et al. 1990
a. fumarique (0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0%)	ns	ns	Scapinello et al. 1998
a. acétique (0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0%)	ns	ns	
a. citrique (0,5%)	ns	ns	Tawfeek et al. 1994
a. caprylique (0,5%)	ns	13% ↘ 1%	Skrivanova 2002

Les additifs sensoriels

Produits naturels botaniquement définis

Les additifs sensoriels

Produits naturels botaniquement définis

Dans cette catégorie on trouve principalement les huiles essentielles, mais aussi des substances modifiant la saveur des aliments (édulcorants naturel ou artificiels)

Seuls les produits naturels sont autorisé chez la lapin

On appelle **huile essentielle** (ou parfois *essence végétale*) le liquide concentré et hydrophobe des composés aromatiques (odoriférants) volatils d'une plante. Il est obtenu par distillation ou extraction chimique par solvants (eau, alcool, etc.). Contrairement à ce que suppose la dénomination, ces extraits ne sont pas forcément huileux.

Il existe des centaines d'huiles essentielles. Beaucoup ont des propriétés bactéricides. Celles-ci dépendent de la nature des molécules présentes

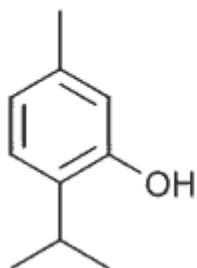
Vis-à-vis de l'activité bactéricide on classe généralement les molécules présentes dans les huiles essentielles en 3 groupes principaux :

Molécules à activité bactéricide marquée : les phénols

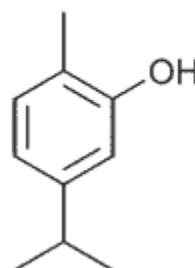
Thymol – Carvacrol – Eugénol – Iso-eugénol -....

Leur présence entraîne une lésion irréversible des membranes cellulaires conduisant à une perte de potassium . Par ce processus, le thymol exerce par exemple un effet létal sur différentes souches bactériennes et, parmi elles, *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*. Par contre, il n'est pas actif sur *Pseudomonas aeruginosa*.

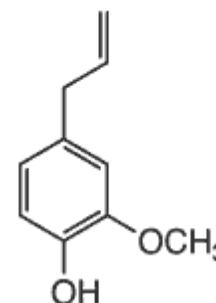
Thymol



Carvacrol
(iso-thymol)



Eugénol



Molécules à activité antibactérienne modérée : les alcools à 10 atomes de carbone (ou monoterpénols)

géraniol, linalool, thujanol, myrcénol, terpinéol, menthol et pipéritol sont les plus connus

Molécules à activité antibactérienne modeste : les aldéhydes

Le néral, le géranial (des citrals), le citronnellal, le cuminal sont les plus connus

Ces différentes molécules n'exercent pas seulement des activités antibactériennes.

Par exemple l'eugénol (principal principe actif du clou de girofle) a une nette **activité vasodilatatrice** par relâchement des muscles lisses chez le lapin (Nishijima et al., 1999). Cette même molécule introduite dans le système circulatoire **réduit efficacement la fièvre** chez le lapin (Feng et al. 1987) => **rôle de l'absorption des huiles essentielles dans le tube digestif (demi-vie de 1 à 2 heures après ingestion)**

Enfin il ne faut pas oublier que les huiles essentielles contiennent aussi des tannins, des saponines, etc ... molécules susceptibles d'avoir des actions par elles-mêmes sur la flore, le fonctionnement digestif et l'organisme en général.

Effet comparatif de l'addition

- d'antibiotiques (colistine+avilamycine+tiamuline)
- d'acides organiques (acide formique + acide lactique)
- des 2 mêmes acides + **huiles essentielles** (romarin+thym+cannelle)

d'après Cesari et coll. (2008) Congrès de Vérone

	Témoin	+ Antibio- tiques	+ Acides organi.	+ Acides + Huiles essent.	Signifc.
Gain de poids 30-84 jours	39,3	39,6	41,5	40,4	ns
Mortalité % 30-84 jours	13,0^{ab}	3,7^b	22,2^a	7,6^b	P<0,05

Essai d'utilisation de 2 huiles essentielles seules ou en combinaison, d'après Erdély et coll. (2008) Congrès de Vérone

50 lapins par lot. Engraissement entre 23 j (sevrage précoce) et 77 jours

Huile Essentielle **d'ail** (H.E.) à 0,025% dans l'aliment

Huile Essentielle **de romarin** (H.E.) à 0,15% dans l'aliment

	Témoin	H.E. d'Ail	H.E. de Romarin	2 H.E. Ail + Romarin	<i>Signific.</i>
GMQ g/jour	35,9	36,1	37,8	37,1	ns
% mortalité	32 ^{ab}	32 ^{ab}	24^b	38^b	P<0,10

Les essais réalisés avec des huiles essentielles montrent parfois des effets positifs sur la santé, d'autres fois ne montrent aucun effet, voire un effet négatif.

De ce fait il n'est possible d'avoir une idée d'efficacité qu'en prenant en compte la nature précise des huiles essentielles utilisées (nature de leurs composants et leur activité) et la situation sanitaires des animaux

Enfin, il faut se rappeler que les huiles essentielles peuvent être toxiques à forte dose pour le lapin comme pour l'homme (le Thymol par exemple est toxique pour les parois de TOUTES les cellules) ou en fonction de la nature même des composés présents (cas de l'Absinthe par exemple en raison de la présence de thuyone , un terpénoïde représentant 50% de cette huile essentielle, dont la forme alpha est particulièrement neurotoxique)

Les additifs nutritionnels

Vitamines, minéraux, acides aminés

Leur usage est un problème basique de **couverture des besoins nutritionnels des animaux**, contrairement à tous les autres additifs couverts par la loi.

Les additifs zootechniques

Enzymes, stabilisateurs de flore (**Probiotiques**)

ENZYMES : aucune enzyme n'est actuellement autorisée pour le lapin, ...parce que personne n'a déposé de dossier

De fait, les résultats observés chez le lapin sont rarement convaincants (Lebas, 2005)

Travail de Eiben et coll. présenté en 2004 lors du congrès de Puebla : addition d'un complexe de **cellulases-hémicellulases** à doses croissante

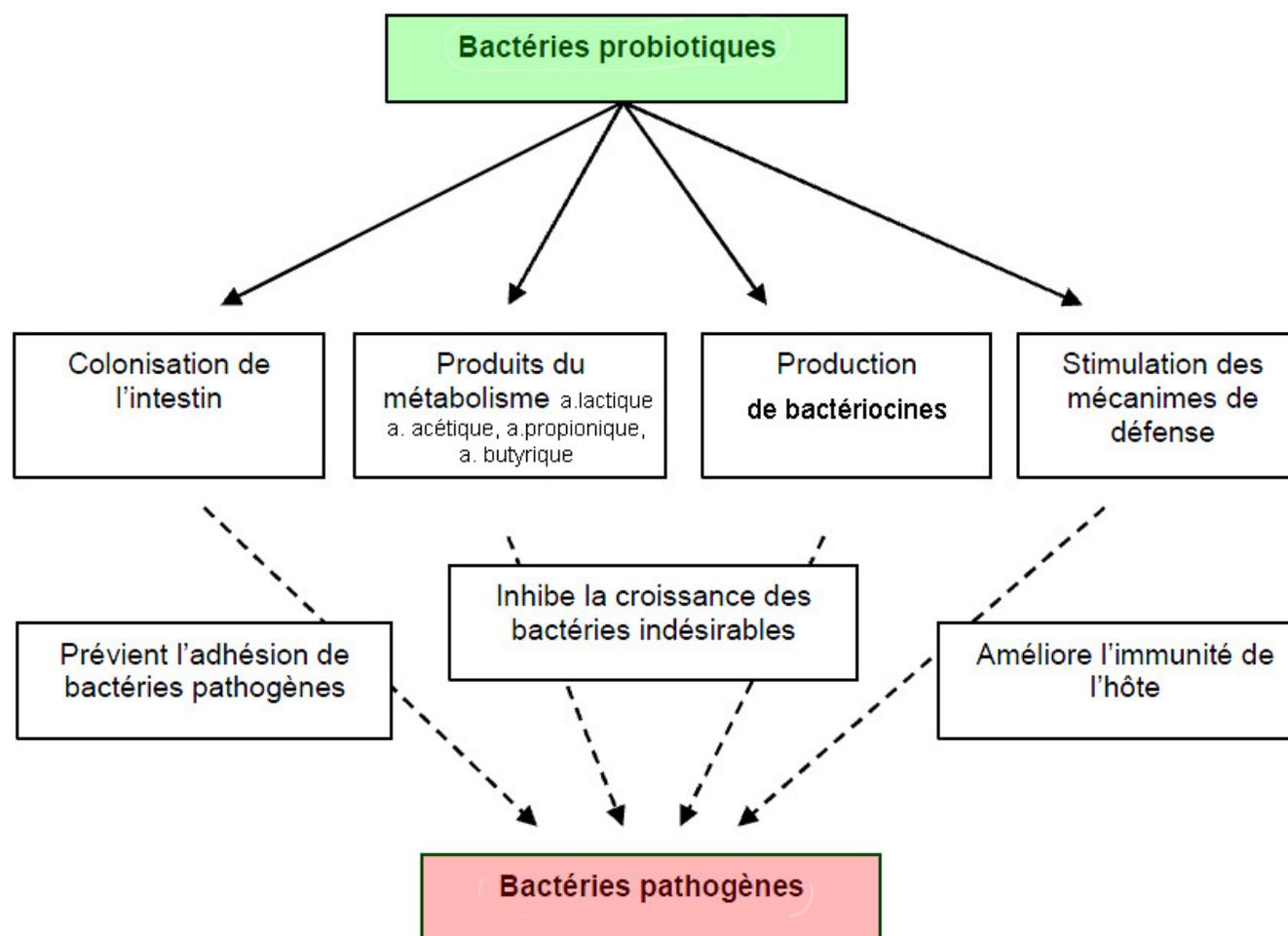
	Témoin	Enzyme 12 FPU/kg	Enzyme 35 FPU/kg	Enzyme 53 FPU/kg	signific
GMQ g/jour 23-77 jours	43,1	42,6	43,5	43,9	ns
Mortalité 23-77 jours	6/30 ^a	4/30 ^{ab}	4/30 ^{ab}	1/30 ^b	P=0,049 selon les auteurs (1)

(1) Ne concerne que l'écart entre les 2 lots extrêmes

Les probiotiques : Ce sont des microorganismes vivants (bactéries, levures, ...) normalement absents de la flore digestive, mais censés avoir un effet bénéfique sur la flore digestive et la santé de l'hôte

Les mécanismes d'action des probiotiques ne sont que partiellement connus. Une des premières voie identifiées est la production de métabolites (AGV, acide lactique) inhibant les bactéries de la flore résidente directement et indirectement par consommation du substrat. Les probiotiques produisent aussi des « *bactériocines* » pour se défendre contre les bactéries les environnant.

L'une des propriétés clés des micro-organismes probiotiques identifiée plus récemment est la modulation du système immunitaire de l'hôte. Ils stimulent les défenses immunitaires innées (phagocytose, cytokines pro-inflammatoires) et agissent favorablement sur la durée des épisodes infectieux.



Mécanismes d'action possibles des probiotiques pour améliorer la résistance aux bactéries pathogènes

d'après Lessart 2004

Quelques exemples d'études des probiotiques chez le lapin en engraissement



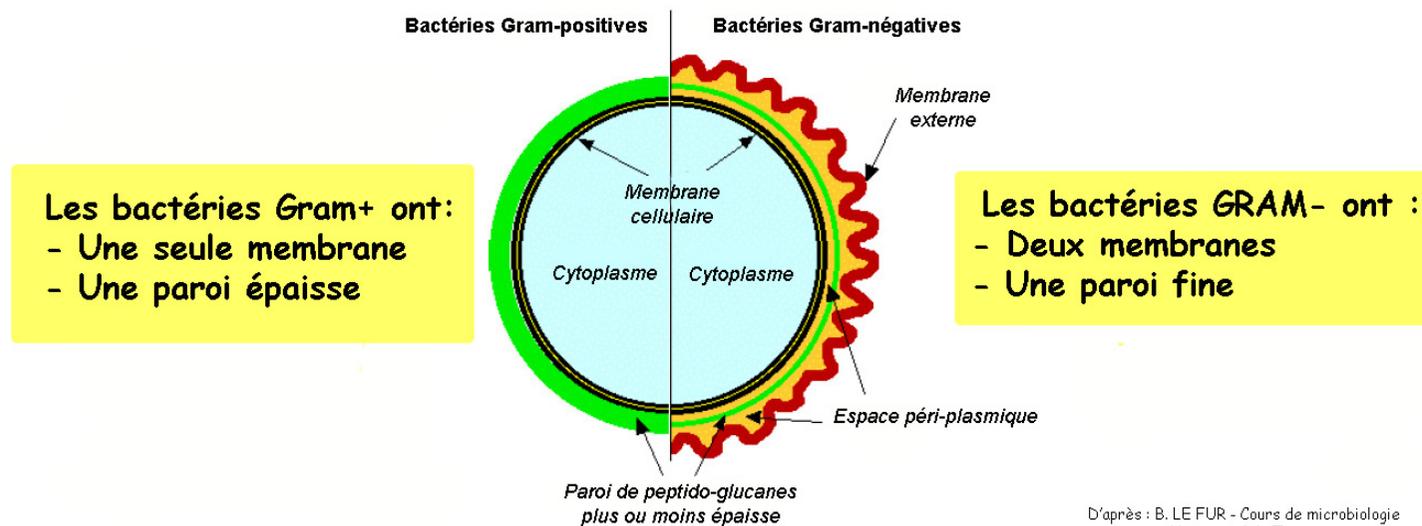
Effets en % du témoin sans probiotique ou valeurs observées

Probiotique	Gain de poids	Indice de cons.	Mortalité	Auteurs
Lacto-Sacc levure	ns	ns	ns	Luick et al. 1992 a
Lacto-Sacc levure	ns	ns	ns	Luick et al. 1992 b
Lacto-Sacc levure	ns	ns	ns	Gippert et al. 1992
Lacto-Sacc levure	+12,5%	ns	-	Yamani et al. 1992
Paciflor <i>Bacillus</i> CIP5832	+6,1%	ns	ns	De Blas et al. 1991
Paciflor <i>Bacillus</i> CIP5832	ns	- 2,4%	ns	Maertens et al 1994 a
Paciflor <i>Bacillus</i> CIP5832	ns	ns	ns	Maertens et al 1994 b
Biosaf 0,15% <i>Sacchar. cere.</i>	ns	ns	ns	Maertens et al 1992 a
Biosaf 0,15% <i>Sacchar. cere</i>	+4%	-	- 10,5%	Maertens et al 1992 b
Biosaf 0,10% <i>Sacchar. cere</i>	ns	ns	9% vs 18%	Kimsé et al. 2008
Bioplus2B 2 <i>bacillus</i>	ns	ns	- 16,6%	Kustos et al. 2004
Lact-ABac <i>Lac. acidophilus</i>	+9,6%	- 6,5%	ns	Amber et al. 2004
Toyocérine <i>B.cereus toyoi</i> 1x10 ⁵	ns	-	ns	Hattori et al., 1976
Toyocérine <i>B.cereus toyoi</i> 5x10 ⁶	+ 51,9% !	-	0% vs 25%	Hattori et al., 1976
Toyocérine <i>B.cereus toyoi</i>	+4,2%	- 3,7%	ns	Trocino et al. 2005
Toyocérine <i>B.cereus toyoi</i>	ns	ns	2% vs 8%	Pascual et al. 2008

Il est impératif de bien déterminer dans quelles conditions on recherche une action des probiotiques

Les bactéries probiotiques sont le plus souvent des bactéries Gram positives, dont les **bactériocines** vont plus facilement atteindre les bactéries également Gram+

Gram + et Gram-



Lactobacilles, Lactococcus,
 Entérocoques, Staphylocoques,
 Clostridium, Streptocoques,...

Escherichia coli, Pasteurelles,
 Bordetelles, Bactéroïdes, ...

Les « additifs » non concernés par la loi

Prébiotiques , levure mortes et plantes entières

Les **oligosaccharides prébiotiques** sont des hydrates de carbone relativement simples, non hydrolysés lors du passage dans l'estomac et l'intestin grêle, mais susceptibles d'être hydrolysés par les bactéries dans le caecum.

Les résultats obtenus avec le **fructo-oligosaccharides (FOS)** et avec les **gluco-oligosaccharides (GOS)** sont très irréguliers d'une expérimentation à l'autre, d'un auteur à l'autre. Un cas d'accroissement de la mortalité avec un GOS a même été décrit par Gidenne en 1995.

L'inuline est un hydrate de carbone présentant les mêmes caractéristiques fonctionnelles que les oligosaccharides. Un essai réalisé par Bonai et al. (2008) avec 4% d'inuline n'a montré aucun effet sur les performances de croissance ou la viabilité des lapins

Les **Manno-oligosaccharides (MOS)** méritent une attention particulière

Le **mannose** par lui-même est capable d'empêcher les bactéries pathogènes de coloniser le tube digestif. En effet ce sucre en C6 bloque le mécanisme d'adhésion des bactéries sur les cellules de la paroi digestive. Le mannose est aussi catabolisé par la flore et transformé en acides gras volatils

Les manno-oligosaccharides libèrent du mannose lors de leur hydrolyse et sont donc susceptibles d'avoir les mêmes effets. Ces MOS peuvent être fabriqués artificiellement mais sont naturellement présents dans certains fruits ou dans les parois des levures par exemple.

Composition du contenu caecal de lapins de 46 jours en fonction de l'apport alimentaire distribué depuis 2 semaines (d'après Scapinello et al., 2004)

Contenu caecal (AGV en mmol./litre)	Témoin	MOS			Bacitracine	Effet Statist.
		0,10%	0,15%	0,20%		
a. acétique	43,1 ^b	79,0a	63,5ab	68,2a	65,2ab	0,04
a. propionique	3,9	4,9	4,9	3,8	4,0	ns
a. butyrique	4,6c	14,1a	9,3bc	11,4ab	10,7b	< 0,01
AGV totaux	51,6b	98,0a	77,8ab	83,4a	80,0a	0,02
pH	6,33c	5,79a	6,19bc	5,92ab	5,87ab	0,04

30

Fonseca et al. (2004) avec l'usage de MOS (0,2% de l'aliment de 18 à 46 jours puis 0,1% de 47 à 70 jours) ont observé une plus faible mortalité des lapins au cours de l'engraissement qu'avec l'usage d'oxytétracycline (OTC) (2000 puis 1000 ppm) : 6,3% vs 11,9% pour les 2 cas d'application du traitement durant tout l'essai

Effect of MOS and OTC on performance and mortality of rabbits.

Treatment	MOS-MOS	MOS-OTC	OTC-MOS	OTC-OTC	Prob.	RSD
Initial BW (d 18), g	286	300	286	297	ns	
Final BW, (d 70), g	2075	2181	2063	2102	ns	
Daily feed intake, g	103	107	105	117	ns	9.3
Daily weight gain, g/d	35.1	36.9	34.8	35.4	ns	3.7
Feed conversion rate	2.93 ^a	2.90 ^a	3.01 ^{ab}	3.31 ^b	*	0.28
Mortality, %	6.3 ^a	9.3 ^{ab}	10.1 ^b	11.9 ^b	**	5.2

** P<0,01 *P<0,05, ns: not significant

Un autre essai utilisant des **parois de levures** a été conduit par Garcia-Luiz et coll (2008) , en soulignant la présence de bêta-glucanes dans ces parois.

La vitesse de croissance été améliorée de manière significative avec 150 ppm du produit commercial (Fibrocel®) 42,6 vs 38,8 g/jour. Par contre la réduction de mortalité observée n'était pas significative compte tenu des effectifs mis en œuvre (120 lapins par lot)

Conclusion sur l'usage des différents additifs

Nous retiendrons que l'effet des additifs étudiés est rarement d'une grande constance d'un essai à l'autre

Les effectifs mis en œuvre dans beaucoup d'essais ne sont pas toujours adaptés à l'objectif de l'essai, en particulier en ce qui concerne la viabilité des lapins (voir ci-après)

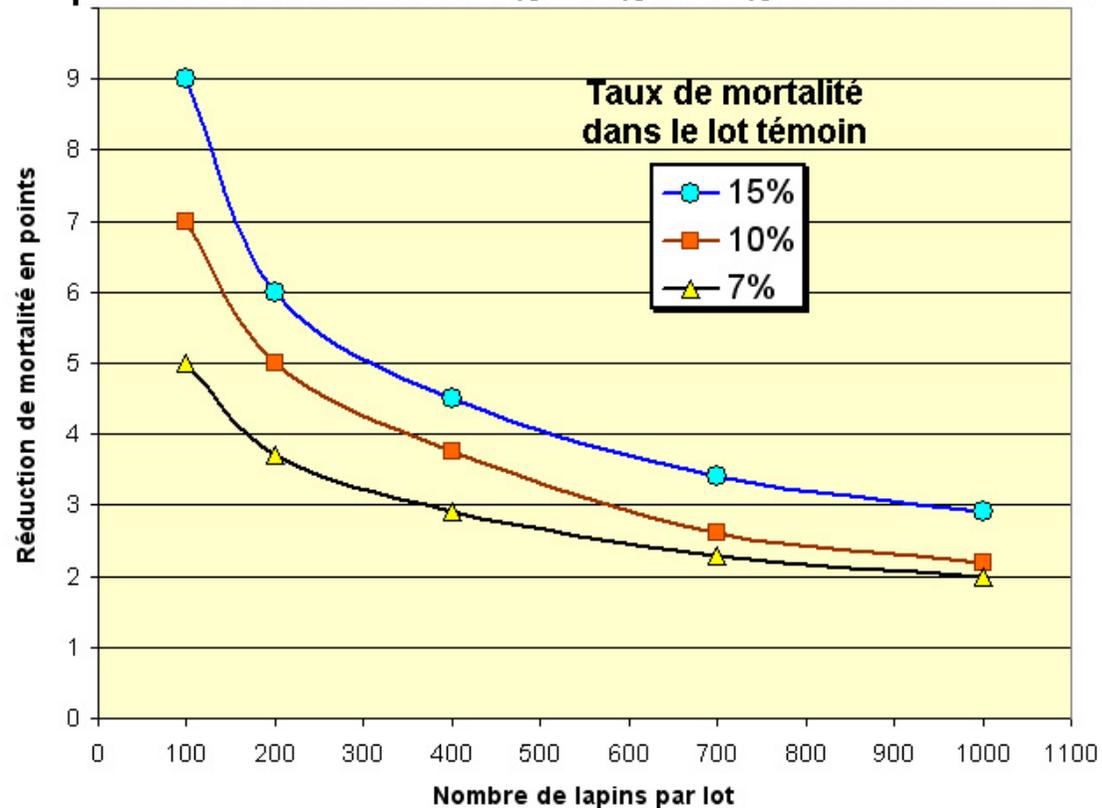
Enfin une voie nouvelle mériterait d'être explorée chez le lapin: celle de **la symbiotique**. C'est-à-dire de l'usage combiné et complémentaire d'un prébiotique et d'un probiotique par exemple. On peut espérer qu'en fournissant ensemble le microorganisme et son substrat spécifique de fermentation, on puisse avoir un effet plus régulier et renforcé.

Recommandations pratiques pour tester des additifs

- Privilégier les **essais de terrain**, là où sont les problèmes à résoudre
- Mettre en œuvre des **effectifs adaptés** aux problèmes que l'on veut étudier

Effectifs à mettre en œuvre pour tester une amélioration de la viabilité et importance de la différence minimum significative au seuil $P=0,05$ par rapport au témoin

Réduction de la mortalité significative au seuil de 5% en fonction du nombre de lapins par lot, pour des mortalités de 7% - 10% et 15% dans le lot témoin



Enfin, même dans un essai terrain si on dispose seulement du poids moyen des lapins au départ et du poids moyen à l'arrivée de chaque lot, **il est encore possible de comparer les performances moyennes** de croissance.

La variabilité du poids des lapins est un paramètre classique. Elle est de 10 à 12% pour les poids au sevrage et à l'abattage.

Les moyennes de 2 lots différent entre elles au seuil de $P= 5\%$ si leur écart est plus grand que la plus petite différence significative (PPDS).

PPDS = 2 fois [(moyenne générale x coeff variation) / racine carrée de l'effectif par lot]

Exemple : poids final 2400 g et coefficient de variation de 12% ;
400 lapins par lot (racine carrée de 400 = 20)

PPDS = $2 \times (2400 \times 0,12) / 20 = 28,8 \text{ g}$. Si un additif permet d'accroître le poids d'abattage de 28,8 g au moins , son effet est significatif au seuil $P=0,05$.

NB : S'il y avait eu 1000 lapins par lot, la PPDS aurait été de 18,2 g

Merci pour votre attention

Sites Web : www.asfc-lapin.com *site de l'ASFC*
www.cuniculture.info *site de Cuniculture*
world-rabbit-science.com *site de la WRSA*