Introduction

Le lapin appartient à l'ordre des lagomorphes à la famille des léporides. C'est un monogastrique herbivore, qui est classé comme un animal intermédiaire entre les monogastriques stricts et les poly gastriques **[Lebas F et *al,* 1984]**.Le lapin locale, en Algérie, a fait l'objet de travaux de recherche pour sa caractérisation**[Daoud-Zerrouki,2006 , Méfit-Korey, 2012, Cherfaoui-Yami, 2015]**.Cet animal présent d'intéressantes particularités physiologiques et les principaux avantages sont étroitement liés à son comportement alimentaire et reproductif ainsi qu'à sa rentabilité économique [**Jentzer 2009**]. Le lapin n'est pas élevé uniquement pour sa viande mais peut également fournir un petit revenu à partir des peaux et du poil [**F.A.O, 2011**].

1.1. Particularités anatomiques du tube digestif

1.1.1. La cavité buccale

L'ouverture de la cavité buccale est petite. Ceci est dû au fait que l'articulation temporo-mandibulaire à une forme longitudinale : elle permet ainsi des mouvements d'avant en arrière de la mandibule mais les mouvements latéraux et de bas en haut sont limités. **(Boussarie, 1999).**

1.1.2. Les glandes salivaires

La bouche est le carrefour des voies digestives et respiratoires : des glandes salivaires libèrent la salive qui lubrifie les aliments et débute la digestion, il y a cinq paires de glandes salivaires : les parotides, les zygomatiques, les mandibulaires, les sublinguales et les buccales, ces dernières étant regroupées en une glande unique chez le lapin **(O'Malley, 2005),** elles secrètent des enzymes (amylase, estérases, D-galactosidases, lysozyme…) en réponse à la présence d'aliments dans la bouche **(O'Malley, 2005).**

1.1.3. L'œsophage:

L'œsophage fait suite au pharynx. Il présente trois couches de muscles striés, qui contrairement à ce que l'on observe chez l'homme et le chien par exemple, s'étendent jusqu'au cardia **(Du Chalard, 1981).** Il ne présente pas de glandes muqueuses : sa paroi est revêtue d'un épithélium corné stratifié, il sert exclusivement au transport des aliments vers l'estomac : le vomissement est impossible **(Du Chalard, 1981).**

1.1.4. Particularités de l'estomac néonatal

Après la naissance l'estomac a un pH de 5 à 6,5 et est plein de lait. Cela pourrait en faire un excellent milieu de culture pour les bactéries, mais pendant les 3 premières semaines de vie, une réaction entre les enzymes du lapereau et le lait produit des acides gras qui acidifient le milieu, au bout de deux semaines, en mangeant les caecotrophes de sa mère, le lapereau commence également à acquérir une flore digestive qui colonisera le caecum, au sevrage le pH gastrique descend fortement ce qui rend l'estomac presque stérile **(O'Malley, 2005).**

1.1.4.1. L'estomac

L'estomac sert de réservoir pour une grande partie de la nourriture ingérée : il n'est jamais complètement vide et contient dans les conditions normales un mélange de nourriture, de fourrure et de fluides, même 24 h après un repas. Il stocke ainsi en général de 90 à 120 g d'un mélange d'aliments présentant de 16 à 23 % de Matière Sèche (MS), Son volume est de350 à 400 ml **(Donnelly 2004 , O'Malley 2005, Meredith 2006).**

L'estomac joue un rôle mécanique secondaire dans la digestion, En revanche, il a un rôle sécrétoire très important, en effet les cellules pariétales de la muqueuse fundique secrètent de façon intense et permanente de l'acide chlorhydrique ce qui permet d'atteindre un pH gastrique très bas, de l'ordre de 1 à 2,5 chez le lapin adulte **(Donnelly 2004, O'Malley, 2005, Meredith, 2006).**

Au niveau pylorique, les glandes de la muqueuse secrètent du mucus qui joue un rôle protecteur pour la muqueuse vis-à-vis de l'acidité **(Donnelly 2004, O'Malley 2005 ; Meredith 2006).**

Chez un lapin adulte (4-4,5 kg) ou sub-adulte (2,5 à 3 kg), le tube digestif a une longueur totale d'environ 4,5 à 5 mètre. Le positionnement du tube digestif dans la cavité abdominale est rappelé dans (**la figure 01)**.La différenciation des organes digestifs du lapin correspond à celle des autres herbivores monogastriques **[Schlolaut 1982]** mais la particularité qu'il convient de retenir est l'importance des réservoirs que sont l'estomac et le caecum **[Lebas 1987]**.

L'estomac est une poche allongée au revêtement muqueux. L'œsophage arrive dans l'estomac par le cardia. La partie "aveugle" de l'estomac correspond au fundus et la zone opposée est l'antrum qui se termine par le pylore **(figure 01).**

Ce dernier est muni d'un sphincter puissant qui régule des sorties d'aliment en direction de l'intestin grêle**[Lebas 1989, Lebas 1991]**.Les intestins du lapin sont très développes, du fait de son régime exclusivement végétarien, c'est le caecum qui, par sa flore importante, assure la

fermentation de la cellulose pour en extraire un maximum de substances**[Fournier 2005]**, il a en tout une longueur d'environ 6 mètres qui se répartissent a peu près comme suit : intestin 3 mètres ; caecum : soixante centimètres ; gros intestin : 2 mètres**[Avanzi 2006]**.

1.1.5. **L'intestin grêle**

L'intestin grêle est relativement court avec un diamètre généralement inférieur à 1cm et représente seulement 12 % du volume gastro-intestinal. Il comprend 3 parties : le duodénum, le jéjunum et l'iléon **(Meredith, 2006).**

Son contenu est liquide, particulièrement dans la partie supérieure où il présente moins de 10 % de matière sèche, le pH est légèrement basique dans sa partie antérieure (7,2 à 7,5)et plus acide dans l'iléon (6,2 à 6,5) **(Meredith, 2006).**

Il est le site de digestion et d'absorption des sucres et des protéines provenant de la nourriture ainsi que des vitamines, protéines et acides gras des caecotrophes(Meredith, 2006). Les cellules endocrines du duodénum et du jéjunum secrètent de la moitiline qui stimule la motricité de l'intestin grêle, du colon et du rectum (mais pas du caecum). **(Meredith, 2006).**

a) Le duodénum mesure environ 40 cm de long, sa muqueuse renferme de nombreuses glandes de Brunner qui secrètent du mucus, celui-ci permet de protéger l'épithélium duodénale l'acidité du chyme provenant de l'estomac **(Meredith, 2006).**

b) Le jéjunum est un peu moins épais et vascularisé que le duodénum, sa paroi renferme quelques volumineuses plaques de Peyer il présente de nombreuses circonvolutions suspendues au grand mésentère **(Meredith, 2006).**

c) L'iléon est court (15 à 20 cm) sa partie terminale s'élargit avant son abouchement au caecum pour former une ampoule plus ou moins sphérique : le « *Sacculus rotundus*»,Celui-ci est situé dans le quadrant abdominal caudal gauche, il est tapissé intérieurement par de nombreux follicules lymphoïdes, il communique avec le gros intestin par la valvule iléo caecale qui permet au chyme de passer dans le caecum**.(Meredith, 2006).**

- L'intestin grêle qui fait suite au pylore mesure environ 3métres de longueur par 0.8 à 1 cm de diamètre

- a comme fonction d'assimiler le fructose (un sucre présent dans les fruits) et les protéines **[Avanzi 2006]**.

1.1.6. Caecum

Il est très volumineux. Il a 10 fois la capacité de l'estomac et contient 40% du contenu intestinal c'est-à-dire 100 à 120g d'un mélange pâteux (20 à 24% de MS) **[Donnelly 2004]**.Il serait prédisposé au développement de tumeurs primaires, il est fortement sensible aux stimulations physique et chimique **(Roger 2009),]**.Le contenu du caecum passe ensuite dans le colon. Il est constitué par des particules alimentaires n'ayant pas été dégradées préalablement mélangées aux secrétions digestives et par des bactéries **(Galouin 1995), (Gidenne 2005)**

1.1.7.Colon

Le côlon du lapin est très long et comprend deux parties distinctes: le côlon proximal, d'environ 50 cm de long et le côlon distal, de 90 cm. [**Donnelly 2004**]

Le côlon proximal présente trois bandes musculaires longitudinales appelées *taenias*qui créent trois sacculations ou haustras. Le côlon distal n'a pas de sacculations. Le côlon proximal est séparé du côlon distal par le *fusus coli*. Le *fusus coli* est propre aux Lagomorphes : il s'agit d'une zone de 5 à 8 cm de muscle circulaire épais entouré d'une fine muqueuse, une portion épaisse riche en tissu lymphoïdes qui permet de contrôler les contractions musculaires aboutissants à la production séparée des selles molles, les caecotrophes et des selles dures [**Roger 2009**].

Le tube digestif dans son ensemble atteint pratiquement sa taille définitive dés le poids de 2,5-2,7 kg, alors que le lapin ne pèse encore que 60 à 70 % de son poids adulte (**Lebas 1989)** Les contractions musculaires du côlon séparent les fibres du contenu digestif. Les contractions péristaltiques les font avancer rapidement dans le côlon pour être excrétées sous forme de fèces dures tandis que des contractions anti péristaltiques font passer les fluides et les autres particules de façon rétrograde dans le caecum où elles sont retenues pour être fermentées. A intervalles réguliers, le caecum se contracte et son contenu est envoyé à traversle côlon jusqu'à l'anus où il va être directement consommé.

Une membrane mucilagineuse autour des caecotrophes agit comme une barrière contre le pH acide de l'estomac et permet la réabsorption dans l'intestin grêle **(Donnelly 2004 ; O'Malley, 2005 ; Meredith, 2006).**

Le contenu colique est identique à celui du caecum mais il s'épaissit en gagnant la partie distale

1.1.8. Foie

Le foie du lapin comporte 4 lobes : le lobe médial gauche, les lobes latéraux gauches et droit et le lobe caudé, il recouvre entièrement la face abdominale du diaphragme la vésicule biliaire s'insère entre le lobe latéral droit et le lobe médial gauche **(Meredith, 2006).**

La jonction du conduit cystique et du conduit hépatique forme le canal cholédoque, il débouche dans la partie crâniale du duodénum à 1 cm du pylore **(Du Chalard, 1981).**

1.1.9.Pancréas

Le pancréas forme une petite masse irrégulière le long du duodénum, difficile à différencier du mésentère, les canaux pancréatiques débouchent dans le duodénum à 40 cm des canaux biliaires **(Du Chalard, 1981).**

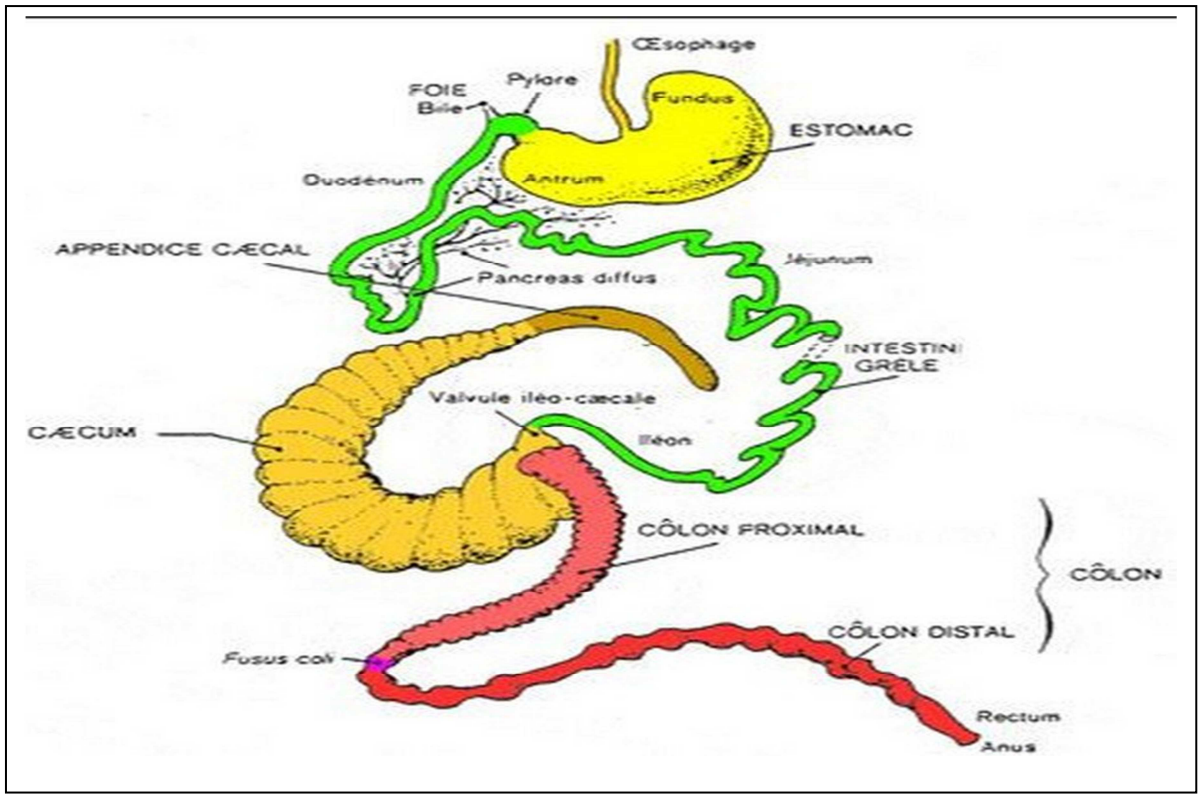


Figure 01 : Vue schématique du tube digestif du lapin (Lebas 1989)

1.2. Particularités physiologiques digestives

1.2.1. Transit digestif

Le lapin satisfait ses besoins nutritifs élevés par une grande consommation d'aliments, associée à un faible temps de transit des digestes dans le tube digestif **(Carabano 1992).**

Le transit digestif du lapin est relativement rapide pour un herbivore, de 17 à 20h. En moyenne comparativement au cheval (38h) et au bœuf (68h) **(Warner 1981)** .Selon Gidenne et *a*l en 1991, Jehl et Gidenne en 1998 (**Jehl N 1998), (Gidenne 1991) .**Le taux de la nature des fibres alimentaires influencent la durée du transit. Il est d'autant plus élevé que le taux de fibre est bas, et ou que les fibres alimentaires sont hautement digestibles. Le rationnement augmente également le temps de séjour global des aliments dans relatif du temps de transit de 26% en passant d'une alimentation à volonté à une alimentation rationnée **(Gidenne 1986), (Carabano 1992)**.

II. Particularités physiologiques

L'anatomie et la physiologie du lapin sont caractérisées par son régime alimentaire : c'est un rongeur.

1.2.2. Double fonctionnement du côlon proximal et dualité d'excrétion

La particularité digestive des Lagomorphes se situe dans le fonctionnement distale du côlon proximal, régulé à la base par le cycle lumineux nycthéméral. Si le contenu cæcal se déverse dans le côlon en fin de nuit ou en début de matinée, il subit peu de changements biochimiques : les digestats progressent vers le rectum sous l'action du péristaltisme de la paroi colique, et sont progressivement enrobés de mucus. Les digestats prennent alors la forme d'agglomérat de petits granules mous (n=5 à 8), nommés cæcotrophes. Si le contenu cæcal se déverse dans le côlon dans la journée (ou en début de nuit), il progresse dans le côlon sous l'action d'un double péristaltisme dans des directions opposes (successivement vers le cæcum puis vers le rectum).**(Gidenne et Lebas, 2005)**

Les contractions de la paroi du colon proximal ont pour effet de presser le contenu digestif (comme on presserait une éponge).Cette compression a pour effet d'envoyer la partie liquide accompagnée des petites particules (<0,1 mm) et des éléments solubles en périphérie de la lumière intestinale, puis de la faire remonter vers le cæcum (contractions antipéristaltiques). Dans le même temps, les particules plus grosses (>0,3 mm) sont maintenues au centre de la lumière intestinales puis évacuées par des contractions péristaltiques vers le rectum sous forme de crottes dures **(Björnhag, 1972).**

Ainsi, les particules les plus grossières forment l'essentiel de ces crottes dures, dont la composition chimique diffère notablement de celle cæcotrophes, ces dernières étant plus riches en protéines et plus pauvre en fibres (voir le tableau 1). **(GidenneetLebas, 2005).**

1.2.3. Caecotrophie et son intérêt nutritionnel

1.2.3.1. Définition

La caecotrophie est défini comme étant l'alternance au cours d'une journée de l'émission des caecotrophes ou crottes moelles qui sont reingérées par l'animal et l'émission des excréments normaux qui sont évacués à l'extérieur : crottes dures plus sèches **(figure02)**.Les caecotrophes ont une composition chimique différente des crottes dures, Elles sont en particulier plus riches en eau et en matière azotée, et plus pauvre en cellulose **(Heneef 1988)**.

1.2.3.2. Mécanisme de la caecotrophie

D'après Maertens et De Groote en 1987 **(Maertens et Degroote 1987),]** l'émission des caecotrophes s'établit selon un rythme nycthéméral, c'est-à-dire obéissant à la succession du jour et de la nuit **(Lebas 1999)**.En effet Lebas en 1990 **(Lebas 1990)** a constaté qu'en cas d'une alimentation ad libitum, la caecotrophie a lieu dans la matinée, alors que dans le cas d'une alimentation limitée, la production de caecotrophes commence généralement 4 à 5 heures après la fin du repas. En raison de la caecotrophie, le temps du transit de certaines particules alimentaires dans le tube digestif augmente fortement, suivant la ration, le temps du transit élevé en moyenne à 20 heures **(Maertens 1987)**.. Quand tout est, normal en fin de matinée, on retrouve les caecotrophes en grand nombre dans l'estomac ou ils peuvent représenter jusqu'aux trois quarts du contenu. A partir de ce moment, le contenu des caecotrophes suit une digestion identique à celle des aliments « normaux », compte tenu des fractions éventuellement recyclées une, deux voire 3 ou 4 fois, et de la nature des aliments **(Maertens et Degroote 1987)**.

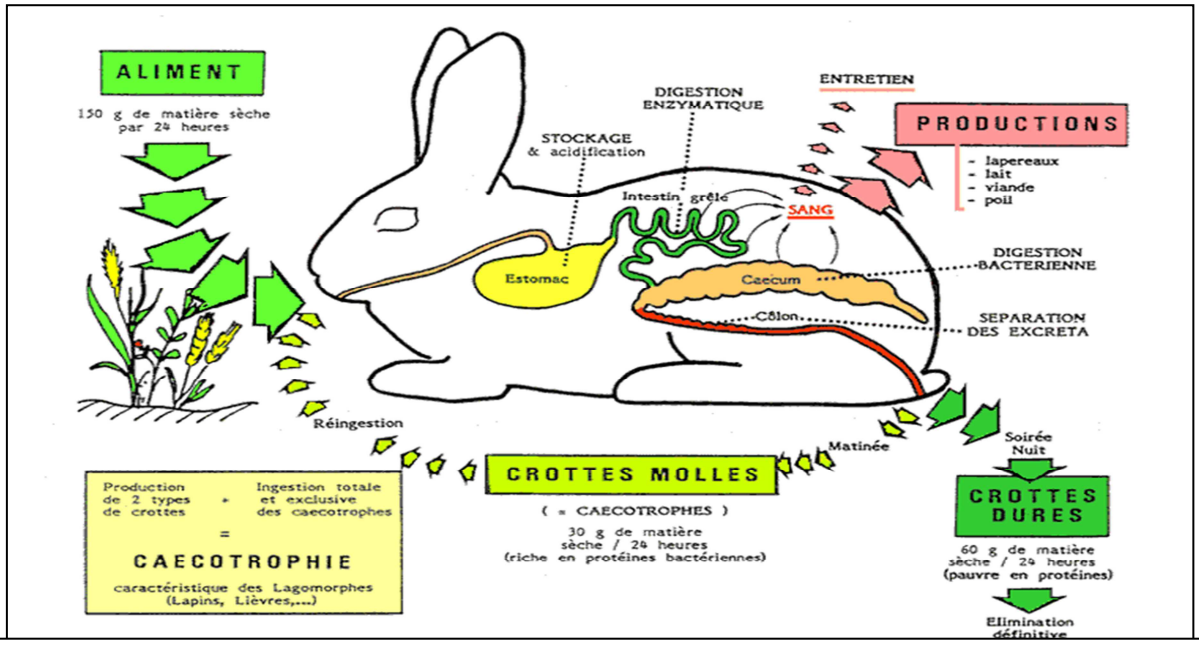


Figure 02 : Schéma général du fonctionnement de la digestion chez le lapin [Heneef 1988]

1.2.3.3. Importance de la caecotrophie

Les travaux conduits par les équipes de recherches tant espagnoles (**Carabano 1988) Carabano 1992)** que françaises (**Gidenne 1985) (Lebas 1987) (Gidenne 1991)** souligne l'importance de la caecotrophie dans le recyclage partiel des différents nutriments. L'importance de la caecotrophie dans le fonctionnement digestif est plus marquée pour les protéines que pour l'autre élément de la ration. La caecotrophie assure un apport appréciable de protéines de haute valeur biologique couvrant 20% des besoins du lapin, ainsi que les vitamines hydrosolubles, et d'AGV. En plus de l'utilisation optimale des protéines et selon Maertens et De Groote en 1987 **(Maertens 1987)** qu'ont montré qu'elle permet aussi au lapin de reprendre lui-même à ces besoins en vitamines B et K ainsi que certains minéraux (entre autre le fer).De plus, du point de vue qualitatif, les caecotrophes permettent une supplémentassions non négligeable en acides aminés banaux **(Gallouin 1983)**

Tableau I : composition des crottes dures et des crottes molles **(Cherfaoui 2015).**

Teneur en éléments	Crottes dures	Crottes molles
Matière sèche	63,3	34,9
Protéines brutes (en M de MS)	12,6	28,9
Fibres brutes (en % de MS)	32,2	18,4
Cendre (en % de MS)	9,0	12,5
Teneur en vitamines (Mg/g de MS)		
Vitamine B1 (Thiamine)	11,24	41,23
Vitamine B2 (Riboflavine)	9,4	30,2
Vitamine PP (Ni acine)	39,7	139,1
Acide pantothénique	8,4	51,6
Micro-organismes par g de MS	11 3,10	11 14,10

1.2.3.4. Perturbation de la caecotrophie

Le phénomène de la caecotrophie est très complexe, il est soumis au contrôle du système nerveux et est en relation étroite avec les hommes corticosurrenales **(Lebas 1984)**. Cependant, tout variation brutale des conditions du milieu ambiant (notamment le stress) peut provoquer l'anxiété des animaux, qui provoque l'arrêt de la caecotrophie qui a son tour entraîne un état de sous nutrition des lapins. Par ailleurs, Gallouin en 1981 **(Gallouin 1981)** a constaté que l'ablation des glandes surrénales entraîne un arrêt de la pratique de la caecotrophie, l'inoculation de cortisones à ces animaux surrenalectomisés, permet de restituer le comportement normale, de ce fait il apparaît que le transit digestif est sous la dépendance de secrétions d'adrénaline de la medulosurrénale qui associée à un stress peut affecter la motricité digestive et constitue un risque élevé de troubles digestifs. L'arrêt de la caecotrophie peut entraîner une diminution de la croissance (**Demaux 1980)**

1.3. Stratégies visant à renforcer l'immunité digestive

La lutte contre la pathologie digestive peut se faire en agissant directement contre l'agent pathogène, par des traitements antibiotiques par exemple, mais également en cherchant à renforcer le système immunitaire de l'hôte pour l'aider à mieux se défendre contre les agressions. De nombreuses stratégies sont actuellement étudiées dans ce but. **(Fortun-Lamothe et Boullier, 2007).**

1.3.1. Nutriments stimulant l'immunité digestive

Les nutriments jouent un rôle direct dans l'immunité en tant que substrats et coenzymes lors de la réponse immunitaire : il parait donc envisageable qu'en modifiant la quantité ou la qualité de certains d'entre eux on puisse influer sur la résistance des lapins aux problèmes digestifs.

Les acides gras par exemple sont des précurseurs de la synthèse de molécules de l'inflammation comme les icosanoïdes. Si la quantité apportée par l'alimentation n'est pas adéquate, aussi bien par excès que par défaut, le système immunitaire peut être affaibli. De même, le profil de ces acides gras issus de l'alimentation a un impact non négligeable : le niveau d'acides gras polyinsaturés des séries oméga 6 ou oméga 3 semble ainsi avoir une importance primordiale dans l'immunodulation.

Les acides aminés fournis par l'aliment ont une fonction clé dans l'optimisation de la réponse immunitaire : la plupart des médiateurs des réactions inflammatoires et immunitaires sont en effet des protéines. Le rôle immuno-modulateur de l'arginine, de la glutamine et de lataurine a ainsi été démontré. On ne dispose cependant actuellement d'aucune recommandation vis-à-vis de ces acides aminés.

Enfin, l'influence sur l'immunité de minéraux tels que le zinc, le cuivre, le sélénium, le magnésium et le fer a été démontrée. De même, quasiment toutes les vitamines sont impliquées dans le fonctionnement des cellules immunitaires : phagocytose, synthèse d'interleukines, production d'immunoglobulines, Chez le lapin la plupart des vitamines hydrosolubles (B et C) sont synthétisées par la flore caecale. Elles sont ensuite utilisées par le biais de la caecotrophie. Cependant, chez l'animal malade, la caecotrophie est souvent perturbée, notamment en cas de troubles digestifs : on peut alors avoir des carences en vitamines B et C ce qui peut diminuer la résistance de l'animal. Des supplémentassions en vitamines hydrosolubles peuvent donc être utiles pendant les épisodes de maladies digestives **(Fortun-Lamothe et Boullier, 2007).**

1.3.2. Stratégies visant à agir sur la flore du système digestif

Des stratégies basées sur l'emploi de pré biotiques ou de pro biotiques pourraient permettre de renforcer le système immunitaire digestif des lapins. Les pré biotiques sont des composants alimentaires non digestibles censés influencer favorablement la flore digestive par une stimulation sélective de certaines bactéries. Certains oligosaccharides pourraient ainsi inhiber l'adhésion de bactéries pathogènes dans le tube digestif du lapin.

Les pro biotiques sont des microorganismes vivants qui, lorsqu'ils sont ingérés en quantité suffisante, exercent un effet bénéfique sur la santé de l'hôte. L'administration de *Bacillus toyoi* par exemple semble diminuer le nombre d'*E. Coli*. Les propriétés de ces produits sont cependant encore mal connues chez le lapin (**Maertens *et al* , 2006).**

1.3.3 Stratégies vaccinales

Un autre procédé visant à améliorer la réponse du système immunitaire est l'utilisation de vaccins : la protection vaccinale permet d'induire une réponse de l'organisme vis-à-vis d'agents pathogènes spécifiques. Cependant l'organisation de la réponse immunitaire intestinale complique le développement des vaccins contre les pathogènes digestifs. En effet, pour obtenir une bonne réponse immunitaire intestinale, il faut quasi obligatoirement que l'inoculation se fasse par voie orale. Le vaccin doit donc pouvoir résister à la digestion avant d'atteindre les plaques de Peyer.

De plus, la stimulation de la réponse locale par des antigènes ne se répliquant pas est relativement inefficace : il faut donc administrer de grandes quantités d'antigènes. Une solution est d'administrer des souches atténuées dérivées des souches pathogènes. Cette solution demande de bien connaitre les mécanismes de virulence en jeu **(Fortun-Lamothe et Boullier, 2007).**

.