



# **17<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole**



**21 et 22 novembre 2017**

**Le Mans  
Palais des Congrès Cénomane**

avec le concours de :





« Ensemble pour innover  
au service des éleveurs  
et de la filière »



Hypharm est une société du

**GROUPE GRIMAUD**  
L'éclosion de la Vie

[www.hypharm.fr](http://www.hypharm.fr)

MSD Santé Animale

**PARTENAIRE  
DE LA FILIÈRE  
CUNICOLE**



Dans la **PRÉVENTION**  
de la myxomatose  
et de la maladie  
hémorragique virale,

et dans  
la **MAITRISE** de la  
reproduction.

FR/ORUM/0917/0092

# COMITE D'ORGANISATION

## COMITE D'ORGANISATION

- Marie BOURIN - ITAVI
- François CADUDAL- ITAVI
- Chantal DAVOUST - ASFC
- Valérie FLEURY - ITAVI
- Laurence FORTUN-LAMOTHE - INRA
- Thierry GIDENNE - INRA
- Angélique TRAVEL - ITAVI

## COMITE SCIENTIFIQUE

- Stéphane BERTAGNOLI - ENVT
- Marie BOURIN - ITAVI
- François CADUDAL- ITAVI
- Sylvie COMBES - INRA
- Gérard COUREAUD - INRA
- Chantal DAVOUST - ASFC
- Laurence FORTUN-LAMOTHE - INRA
- Hervé GARREAU - INRA
- Thierry GIDENNE - INRA
- François LEBAS - ASFC
- Angélique TRAVEL - ITAVI

# Les 17<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole ont été organisées avec le soutien financier des organismes et sociétés suivantes :



# SOMMAIRE



## Synthèse d'ouverture

<b>Synthèse Innovations en élevage cunicole : des réussites d'hier aux défis de demain</b> <i>L. FORTUN-LAMOTHE, C. DAVOUST</i> .....	11
--	----

## Systemes d'Élevage, Économie, Environnement

Comparaison de différents indicateurs de consommation d'antibiotique et lien avec les performances zootechniques en élevage cunicole. <i>S. LOPEZ, L. NOUVEL, Y. PIEL, N. CAPDEVIELLE, C. FAVIER, B. MAHÉ</i> .....	25
Evaluer les conséquences des changements de pratiques sur l'organisation et la pénibilité du travail en élevage cunicole. <i>A. POTHIN, N. HOSTIOU, L. FORTUN-LAMOTHE</i> .....	29

## Bien-être Animal et Comportement

Construction d'une méthode pratique et partagée d'évaluation du bien-être du lapin d'élevage: EBENE. <i>L. WARIN, A. MIKA, C. SOUCHET, I. BOUVAREL, L. BIGNON</i> .....	35
Comportement maternel péri-partum chez la lapine domestique de population locale Algérienne élevée en cage. <i>I. ILES</i> .....	39
Application de médicament cicatrisant sur l'ombilic du lapin nouveau-né : Intérêt pour son transport à l'âge de 3 jours. <i>S. BOUCHER, S. SAUVAGET, A. NICOLIER</i> .....	43
Performances de croissance et d'abattage de lapins engraisés en cages ou en parcs avec une alimentation rationnée. Effet de la distribution de foin. <i>P. ROY, J. FONTENIAUD, J-F. CHARRIER, F. LEBAS</i> .....	47
Effet d'un logement collectif en parc sur les performances zootechniques du lapin en engraissement en conditions d'élevage commercial. <i>L. LEBLATIER, F-X. MENINI, A. BOURDILLON, J-M. SALAÛN, A. LE FLOCH, A. PERDRIAU</i> .....	51
Logement de lapines "part-time" en groupe: résultats dans un élevage équipé avec des parcs polyvalents. <i>L. MAERTENS, Y. DE BIE</i> .....	55

## Physiologie et Qualité de la Viande

<b>Synthèse</b> : Comprendre pour contrôler les facteurs génétiques et non génétiques de la transmission des caractères maternels.	
<i>I. DAVID, L. CANARIO, J. DEMARS, S. COMBES</i> .....	61
Effet de différentes durées quotidiennes de jeûne sur l'état sanitaire et les performances zootechniques des lapins en engraissement.	
<i>J. DUPERRAY, E. GRAND, E. PICARD, G. TROISLOUCHES, C. LAUNAY</i> .....	71
Suivi des résidus de sulfadiméthoxine dans le foie et la viande de lapin après administration orale dans l'eau de boisson .	
<i>B. LE NORMAND, S. CHATELLIER, R. FLEURY</i> .....	75
Effets de l'incorporation de microalgues ( <i>Schyzochytrium</i> ) dans l'alimentation des lapins sur leurs performances et la teneur en DHA de leur viande.	
<i>M. COLIN, J. DELARUE, L. CAILLAUD, A.Y. PRIGENT</i> .....	79
Étude comparative du poids et de la proportion de la peau et des pièces de découpe de deux lignées mâles de souche HYLA.	
<i>R. ROBERT, C. THIEBOT, H. GARREAU</i> .....	83
Influence de l'ingestion précoce ou du ratio protéine amidon sur les performances de croissance et le microbiote caecal chez le lapin.	
<i>S. COMBES, S. IKKEN, T. GIDENNE, E. BALMISSE, P. AYMARD, B. GABINAUD, M. SEGURA, C. BARILLY, A. TRAVEL</i> .....	87

## Session d'Actualité ASFC

Présentation de la séance d'actualité : <i>Comment la filière cunicole peut-elle répondre de manière réaliste aux demandes sociétales liées au bien-être ?</i> .....	93
--	----

## Pathologie et Prévention

<b>Synthèse</b> : Connaissances et actualité sur la Maladie hémorragique virale du lapin	
<i>G. LEGALL, S. BOUCHER</i> .....	97
Analyse des causes de réforme et de mortalité des femelles reproductrices en élevage cunicole	
<i>S. LOPEZ, E. MENARD, C. FAVIER</i> .....	111
Implication du virus de la myxomatose dans l'existence de troubles pasteurelliques chroniques en élevage cunicole.	
<i>S. LOPEZ, L. NOUVEL, F. CHATEIGNER, B. RIDREMONT, S. BERTAGNOLI</i> .....	115
Contamination de la jeune lapine <i>Oryctolagus cuniculus</i> par <i>Passalurus ambiguus</i> : âge de contamination conséquences et plan de lutte adapté.	
<i>S. BOUCHER, M-R. KEHYI</i> .....	119
Retour d'expérience sur la technique du phytogramme: sensibilité des souches bactériennes isolées et lien avec l'IFTA.	
<i>S. BOUCHER, T. MAUVISSEAU, M. COURIERA</i> .....	123
Innocuité et efficacité de la vaccination à 2 et 3 semaines d'âge contre le virus RHDV2 de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD).	
<i>O. Le MINOR, L. JOUDOU, T. LE MOULLEC, F. BEILVERT</i> .....	127

Étude de la douleur à l'injection d'un vaccin huileux chez le lapin.  
*B. LE NORMAND, S. CHATELLIER, J. DE CLEER*..... 131

Effets de l'utilisation d'acides organiques en solution buvable sur les performances de croissance et la mortalité de lapins en engraissement.  
*C. GOHIER, F.X. MENINI, J.M. SALAÜN, A. BOURDILLON, A. PERDRIAU*..... 135

## Génétique

**Synthèse** : La génomique du lapin : Avancées, applications et perspectives  
*H. GARREAU, M. GUNIA*..... 141

Premiers résultats du projet RELAPA : génomique pour la résistance génétique des lapins à la Pasteurellose.  
*M. GUNIA, F. LANTIER, J.M. BABILLIOT, E. BALMISSE, B. BED'HOM, E. BELMONTE, S. BERTAGNOLI, S. BOUCHER, S. BRETON, E. CHAMBELLON, T. CHAUMEIL, F. COISNE, R. DELAUNAY, A. FADEAU, E. GUITTON, V. HELIES, J. HURTAUD, D. JARDET, F. KEMPF, I. LANTIER, S. LAVILLATE, D. LE CREN, G. LENOIR, B. LE NORMAND, C. MARAIS, M. MAUPIN, H. MORIN, C. PONCET, S. PUJOL, R. ROBERT, C. ROSSIGNOL, J. RUESCHE, F. SARCE, C. THIEBOT, E. HELLOIN, H. GARREAU*..... 151

Utilisation d'un dispositif challenge pour la sélection sur la résistance aux maladies.  
*M. GUNIA, J. HURTAUD, M. MAUPIN, H. GILBERT, H. GARREAU*..... 155

Héritabilité des maux de pattes et relations avec les performances de reproduction de la lignée INRA 1777.  
*M. GUNIA, E. BALMISSE, V. HELIES, S. PUJOL, J. RUESCHE, H. GUILBERT, H. GARREAU*..... 159

Analyse génétique et sélection d'une lignée commerciale paternelle.  
*H. GARREAU, M. MAUPIN, J. HURTAUD, M. GUNIA*..... 163

Intérêt des caractères pondéraux à 23 jours d'âge pour l'amélioration des qualités maternelles des lapines d'une lignée commerciale  
*G. LENOIR, H. GARREAU*..... 167

Application d'un nouvel objectif de sélection dans la lignée Pannon White.  
*V. ACS., K. SZENDRO., H. GARREAU., T. DONKO., I. NAGY.* ..... 171

## Alimentation

Digestibilité comparée chez le lapin : effets de l'âge, de l'état et du stade physiologique.  
*T. READ, T. GIDENNE, S. COMBES, D. LABATUT, D. BRICARD, K. BEBIN, L. FORTUN-LAMOTHE*..... 177

Effets de différents niveaux de lysine sur les performances de croissance à l'engraissement.  
*E. GRAND, C. DAVOUST, E. PICARD, G. TROISLOUCHES, C. LAUNAY*..... 181



Incorporation d'un extrait de Menthe pouliot ( <i>Mentha pulegium</i> ) dans l'alimentation des lapins : effets sur les performances de reproduction, de croissance et de qualité de viande. <i>A. BELLEC, M. COLIN, E. VARELLA, A.Y. PRIGENT</i> .....	185
Valeur nutritive du sainfoin déshydraté, lors d'une forte substitution dans un régime à base de luzerne, dans l'alimentation du lapin en croissance. <i>H. LEGENDRE, H. HOSTE, P. GOMBAULT, M. ROUTIER, C. BANNELIER, T. GIDENNE</i> .....	189
Quelle est la quantité d'herbe ingérée par un lapin AB pâturent de la fêtuque ou du sainfoin ? <i>H. LEGENDRE, J.P. GOBY, J. LE STUM, G. MARTIN, T. GIDENNE</i> .....	193
Ingestion et digestion de fourrages secs et verts pour le lapin – Première approche pour la luzerne et la carotte entière. <i>J.P. GOBY, S. COULLET, C. HUCK, C. BANNELIER, T. GIDENNE</i> .....	197
Comparaison de deux méthodes de dosage de la fraction ligneuse sur des matières premières fibreuses : impact sur le risque de troubles digestifs chez le lapin en croissance. <i>G. REBOURS, P. VASTEL, M. BOUCHIER, G. FAUSSIER, S. REYS</i> .....	201

---



# **SYNTHÈSE D'OUVERTURE**

## INNOVATIONS EN ÉLEVAGE CUNICOLE : DES RÉUSSITES D'HIER AUX DÉFIS DE DEMAIN

Fortun-Lamothe L.<sup>1</sup>, Davoust C.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GenPhySE, INRA, 24 chem. Borde Rouge, Auzeville, CS 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France.

<sup>2</sup> INZO, Rue de l'Eglise - Chierry - CS 90019 - 02402 Château-Thierry France.

**Résumé** - L'innovation est à la fois un résultat concret mais aussi le processus abstrait qui permet d'arriver à ce résultat. Cette communication illustre cette notion par quelques exemples issus de la filière cunicole. Elle présente d'abord une typologie des innovations selon que l'on s'intéresse à leur nature (objet, service, procédé...), leur domaine (génétique, reproduction...) ou leur origine (exogène, endogène ou mixte) avant de décrire les principales étapes (conception, prototypage et diffusion) et les modalités du processus d'innovation. Elle décrit les facteurs de réussite et les freins à l'innovation en présentant notamment la notion de verrouillage. Ensuite, elle dresse un rapide panorama des innovations qui ont marqué la filière cunicole et montre que son développement au cours des dernières décennies est notamment le résultat de son dynamisme en matière d'innovation. Enfin, elle aborde les nouveaux défis auxquels la filière cunicole est aujourd'hui confrontée : assurer la viabilité économique de tous les maillons de la filière, limiter l'antibiorésistance et améliorer le bien-être animal. Finalement, il ressort que la filière doit en permanence revoir les cibles de l'innovation pour rechercher un meilleur compromis entre les attentes des professionnels, des consommateurs et des défenseurs de la cause animale et également le processus d'innovation lui-même pour atteindre cette cible, par exemple en intégrant dans le processus d'innovation ces trois groupes d'acteurs.

**Abstract** – Innovation is both a concrete result but also the process that leads to this result. This communication illustrates this notion by examples from the rabbit sector. It first presents a typology of innovations according to their nature (object, service, process ...), their domain (genetics, reproduction ...) or their origin (exogenous, endogenous or mixed) before describing the main steps (design, prototyping and diffusion) and the modalities of the innovation process. It describes the factors of success and the obstacles to innovation, mainly by presenting the notion of lock-in. It then gives a quick overview of the main innovations that occurred in the rabbit sector and shows that its development over the last decades is notably the result of its dynamism in innovation. Finally, it addresses the new challenges faced by the rabbit sector today: limiting the antimicrobial resistance, improving animal welfare and ensuring the economic viability of all links in the sector. Finally, it shows that the sector may need to change innovation targets to seek a better compromise between the expectations of professionals, consumers and animal advocates and also the innovation process to achieve this target, for example by integrating these three groups of actors into the innovation process.

### Introduction

Les élevages que nous connaissons aujourd'hui sont le résultat d'un long et intense processus d'innovation qui a débuté avec la domestication des animaux pour aboutir à des systèmes de production rationalisés et productifs. Ces innovations étaient à l'origine issues presque exclusivement des éleveurs eux-mêmes avant d'être relayés par des chercheurs et l'ensemble des acteurs impliqués dans les filières de production. L'élevage rend de très nombreux services à la société : revenus, emplois, entretien du paysage, maintien de la biodiversité... (Dumont et al., 2017). Pour autant, il fait aujourd'hui l'objet de nombreuses critiques tant sur les modes de production, notamment au regard du bien-être animal et de l'utilisation des intrants médicamenteux, que sur leurs impacts environnementaux. Se pose donc la question de l'acceptabilité des innovations par la société. Il est ainsi nécessaire de se questionner sur les cibles de ces

innovations et sur le processus d'innovation lui-même pour pouvoir mieux respecter les attentes sociétales.

La filière cunicole ne fait pas exception. Elle s'est fortement rationalisée depuis le milieu du XX<sup>ème</sup> siècle et l'élevage a connu des progrès dans tous les domaines (génétique, alimentation, reproduction...). Par voie de conséquence, la production cunicole a connu une augmentation régulière à la fois de la quantité de viande produite et du nombre d'éleveurs, en France et dans le monde, jusque vers la fin du XX<sup>ème</sup> siècle. Mais aujourd'hui la consommation de viande de lapin diminue et l'élevage de lapin est régulièrement pris comme cible par les associations de défense de la cause animale. La filière poursuit ses réflexions pour définir de nouvelles orientations et stratégies d'innovation.

Dans ce contexte, les objectifs de cette communication sont d'une part, de définir l'innovation, de décrire ses différents types, le processus mis en œuvre ainsi que ses facteurs de

réussite et ses freins, en illustrant le propos par des exemples issus de la filière cunicole. D'autre part, il s'agit de dresser un rapide panorama des innovations qui ont marqué la filière cunicole pour susciter les réflexions sur les besoins d'innovation qui lui permettront de faire face à ses nouveaux enjeux.

## 1. Définition

D'un point de vue étymologique, le mot innovation est composé du verbe *novare*, qui veut dire nouveau, et du préfixe *in-*, qui indique un mouvement vers l'intérieur, une intégration. Une innovation est donc une nouveauté, une invention, qui est adoptée dans une organisation, c'est-à-dire qui a rencontré des utilisateurs.

L'union européenne considère qu'une innovation « *consiste à produire, assimiler et exploiter avec succès une nouveauté dans le monde économique ou social* » (COM, 2003). Le concept de nouveauté est donc intimement lié à celui d'innovation (Franck, 1995). Ainsi, l'innovation se structure généralement autour de l'introduction d'un élément nouveau et son succès repose sur le nombre d'adoptants et sur l'importance des entités (ressources, compétences, etc.) qui lui sont articulées (Akrich et al., 1988). Notons néanmoins que parfois, c'est le retrait d'un élément qui structure le processus d'invention (Goulet et Vinck, 2012) comme cela est le cas pour les techniques culturelles simplifiées fondées sur l'arrêt du labour ou pour les pratiques d'élevage basées sur l'arrêt des antibiotiques.

Mais la nouveauté est une notion relative, à la fois dans le temps et dans l'espace. Elle décrit, pour la personne qui en parle, un contraste par rapport à ce qui existe déjà dans son environnement (sa région, son milieu professionnel ou social). Schroeder et al (1989) décrivent ainsi qu'« *une idée est novatrice à partir du moment où elle est perçue comme nouvelle par les personnes impliquées, même si, pour d'autres personnes, elle semble être une imitation de quelque chose qui existe déjà ailleurs* ». Par exemple, le développement de l'élevage en bande unique avec vide sanitaire est souvent cité comme une innovation majeure des années 2000 en production cunicole. Pourtant, elle s'est inspirée de pratiques similaires en élevage de volailles et porcins.

Notons que l'innovation implique souvent aussi d'autres dimensions que la nouveauté : le changement intentionnel et délibéré (Cros, 1997), l'amélioration (West et Altink, 1996 dans Ingrand et al., 2014), l'utilité voire l'avantage concurrentiel qui génère de la valeur ajoutée.

A l'opposé, l'innovation se distingue i) de la créativité qui n'est qu'une des étapes de l'innovation, celle qui correspond à la génération des idées et qui relève de la réflexion, tandis que l'innovation consiste en plus à mettre ces idées en œuvre. Elle relève donc de l'action et aussi du management ; ii) de l'invention qui

correspond à la phase de découverte de la nouveauté, avec le passage d'une idée à une proposition concrète mais n'intègre pas son appropriation par le corps social (Alter, 2010). C'est le cas par exemple de la puce Affymetrix qui contient 200 000 marqueurs SNP (Single-Nucleotide Polymorphism). Elle n'est pour l'instant utilisée que dans le monde de la recherche pour la détection de régions du génome (QTL) associées à l'efficacité alimentaire et à la résistance à la pasteurellose. Mais elle pourrait potentiellement permettre le développement de la sélection génomique par les sélectionneurs (Garreau et Gunia, 2017) comme cela est envisagé à l'issue du projet RELAPA portant sur la résistance à la pasteurellose et qui est soutenu financièrement par la filière cunicole; iii) de l'adaptation qui correspond à une réaction engendrée par un événement déstabilisant, qui serait plus subi qu'intentionnel (Ingrand et al., 2014).

## 2. La typologie des innovations

Dans le langage courant, l'innovation est souvent assimilée à un produit ou un objet nouveau. En réalité, les innovations peuvent prendre de nombreuses formes et être caractérisées selon différentes dimensions (Meynard et Dourmad, 2014): leur nature, leur domaine, leur source...

### 3.1. La nature des innovations

Une innovation peut être :

- Un **objet**, comme une boîte à nid plastique amovible et lavable, ou un pistolet pour déposer la semence lors de l'insémination artificielle.
- Un **produit**, tel qu'une race (l'Orylag® ou Rex du Poitou alliant production de poil et de viande), le développement des produits découpés (lapins sans manchons ni tête, lapins en morceaux) ou transformés (saucisses, haché, rôti, paupiette, filet, râbles ou émincés de lapin).
- Un **service**, comme un logiciel de suivi et d'analyse des performances (suivi du Gain Moyen Quotidien, visualisation de la courbe de croissance, de la santé...) et/ou de gestion Gestion Technico-Economique (GTE) de l'élevage qui permet de piloter les ratios de performance.
- Un **procédé**, comme l'intégration des contraintes de fibres alimentaires dans la formulation cunicole dont le concept de FDL (Fibre Digestible Lapin) ou encore l'extrusion des matières premières utilisées en alimentation animale.
- Une **organisation** comme la centralisation des données issus des élevages en GTE national, le choix d'un indicateur de suivi de la consommation d'antibiotique (IFTA : index de fréquence des traitements antibiotiques) et son intégration dans la GTE.
- Un **mode de production** comme le lapin fermier Label Rouge Paille d'Orée élevé au sol ou le lapin Blanc Bleu Cœur® La Nouvelle Agriculture® (riche en  $\omega 3$ , sans OGM et sans antibiotiques après le sevrage).

### 3.2. Les domaines d'innovation

En élevage, les innovations peuvent concerner différents domaines:

- Les **bâtiments** comme les tunnels pieds droits ou le système de conduite en 2 salles polyvalentes identiques permettant un système dit de « tout plein tout vide » (TPTV), les sas de préparation de l'air ambiant avec l'ouverture de trappes automatisées.
- L'**équipement d'élevage** comme les pompes doseuses pour distribuer des vitamines via l'eau de boisson, une seringue multicanaux pour les vaccins, des cages polyvalentes maternité/engraissement ou le système de pad cooling pour refroidir la température à l'intérieur des bâtiments, les systèmes de fermeture des boîtes à nids plus ergonomique.
- La **santé animale** comme des souches probiotiques ou un vaccin contre la myxomatose et (combiné)/ou la VHD, des tests discriminants pour les maladies majeures (PCR *eae* pour les *E. coli* ou PCR multiplexe pour les staphylocoques), la mise au point de tests rapides pour le parasitisme par des helminthes, les phytogrammes pour évaluer l'intérêt d'extraits de plantes comme alternative aux antibiotiques.
- Les **conditions de vie des animaux** : l'utilisation de mezzanines pour augmenter la surface disponible au sol et permettre l'isolement de la lapine de sa portée, les blocs diffuseurs de phéromone.
- La **reproduction** comme l'allaitement contrôlé, le chevauchement, le flushing lumineux qui correspond à un passage de 10 à 16h d'éclairément quotidien 5 jours avant l'IA.
- La **génétique** comme la diffusion des futures reproductrices âgées de 1 jour ou l'utilisation de semence issues de lignées spécifiques permettant d'obtenir des produits terminaux aux yeux foncés ou des lapins plus lourds avec un meilleur rendement.
- La **gestion des effluents** comme le raclage en V avec séparation de phases liquide/solide, le système de fosse intégrale.
- L'**alimentation animale** comme le développement de nouvelles matières premières spécifiques aux lapins : mélanges de fibres (Lapilest®), mais aussi les compléments alimentaires à utiliser autour de la mise bas ou les blocs de fourrage compressés dont l'objectif est de satisfaire le besoin de ronger des lapins.
- L'**organisation de l'élevage** comme la conduite en bande unique en salle polyvalente permettant un fonctionnement dit en « tout plein tout vide » et dans laquelle l'éleveur transfère les lapines (plutôt que les lapereaux) dans une salle nettoyée et désinfectée.

Une innovation peut aussi concerner plusieurs domaines. Par exemple, l'adoption de la cage

grillagée (au lieu du clapier ou de l'élevage au sol) concerne à la fois l'équipement d'élevage mais aussi la santé et la gestion des effluents.

### 3.3. Les origines de l'innovation.

Les travaux sur l'innovation en agriculture distinguent deux origines d'innovation. D'une part, il y a les innovations de source exogène, qui sont issues du monde de la recherche publique et privée, comme un nouveau médicament ou le Lapiluz qui est un mélange de différentes coupes de récolte de luzerne déshydratée, présenté sous forme de granulés et permettant d'avoir un produit riche en cellulose pour favoriser la santé digestive et de composition stable dans le temps. D'autre part, on distingue les innovations de source endogène, issues des éleveurs eux-mêmes, comme une nouvelle pratique ou façon de faire les choses (Lefort, 1988). En effet, l'innovation peut aussi bien naître dans un centre de recherche, dans une unité de Recherche et de Développement ou dans un service commercial, chez un client ou dans une usine (Akrich et al., 1988). Mais en réalité, la majorité des innovations en agriculture ont des sources mixtes, c'est-à-dire à la fois endogènes et exogènes (Bal et al 2003, cité dans Ingrand et al., 2014). On peut citer la maîtrise de l'ingéré alimentaire après le sevrage pour réduire la fréquence des troubles digestifs. Cette pratique a été initiée sur le terrain par les éleveurs avec les fabricants d'aliments et les groupements de producteurs. Par la suite, elle a été étudiée de manière rationnelle, avec les travaux conjoints de la recherche publique et privée (groupe GEC : Groupe d'Expérimentation Cunicole) pour démontrer son efficacité (preuve de concept), puis l'optimiser (définition de seuil de restriction, quelle composition nutritionnelle) et comprendre certains mécanismes sous-jacents permettant d'expliquer ses effets bénéfiques sur la santé (Knudsen et al., 2015). Au final, de nombreuses innovations technologiques ont été proposées pour accompagner cette nouvelle pratique : gestion du rationnement (programmes, automate de distribution de l'aliment), contrôle de l'évolution du poids des animaux (pesons...).

Concernant la mixité, la recherche partenariale (Audoux et Gillet, 2011), qui associe recherche académique et acteurs du monde professionnel, ou encore les démarches participatives (Bentz et al., 2016), qui associent des citoyens ou des consommateurs dans le processus de recherche, ont notamment pour objectifs de contribuer plus efficacement au processus d'innovation. Ainsi, au Pays bas, un projet de recherche associant éleveurs, citoyens et consommateurs a permis de développer un système d'élevage de poules pondeuses qui tient compte des différentes contraintes et sensibilité sociétales (Groot Koerkamp et Bos, 2008).

On distingue également l'innovation « pull » (venant de l'expression « market pull ») qui est consécutive à une demande exprimée du marché qui « tire » le

nouveau produit (Pic et al., 2013). C'est le cas de logements aménagés pour améliorer le bien-être du lapin dans certains pays européens (Belgique, Suisse) qui trouvent leurs origines dans la demande des consommateurs. A l'opposé, l'innovation « push » (venant de l'expression « technology push ») est consécutive à l'évolution d'une technique qui « pousse » à innover. C'est le cas par exemple des applications de gestion d'élevage ou d'évaluation du bien-être sur smartphone ou tablettes numériques qui profitent de l'essor des technologies de communication et d'information.

### 3.4. L'ampleur de la nouveauté

Une autre typologie de l'innovation peut se baser sur l'ampleur des modifications consécutives sur le système concerné, car toute innovation n'est pas révolutionnaire, définitive ou ne fait pas table rase du passé. Ainsi, Lefort (1988) distingue :

- Les innovations **additionnelles** ou ponctuelles, qui n'entraînent pas de modifications importantes sur le système. Elles relèvent souvent d'une démarche de conception incrémentale ou pas à pas des systèmes. Il s'agit par exemple de l'adoption des copeaux de bois dépoussiérés pour la litière qui a remplacé l'utilisation de la paille. Cette substitution, si elle présente des avantages pratiques et sur la santé des animaux, ne modifie pas le système d'élevage en profondeur.
- Les innovations **modificatives**, qui sont plus importantes mais n'altèrent pas la structure du système. Dans cette catégorie on peut citer le système d'alimentation automatique des lapins qui peut être considéré comme une technologie de substitution d'une pratique d'élevage réalisée manuellement par l'éleveur. Toutefois, par le gain de temps et la réduction de l'effort physique engendrés, son utilisation permet de gérer différemment l'alimentation des animaux, notamment par la maîtrise de l'ingéré après le sevrage (quantité, répartition journalière).
- Les innovations **transformatrices** qui impliquent une transformation structurelle du système concerné. Il s'agit par exemple du passage d'une conduite en saillie naturelle à une conduite en bande unique associée à l'insémination artificielle ou encore du passage de l'auto renouvellement au renouvellement par entretien d'un noyau de femelles parentales ou grand parentales dans l'élevage. Elles relèvent d'une démarche de conception en rupture ou de novo qui remet en cause l'organisation de l'élevage.

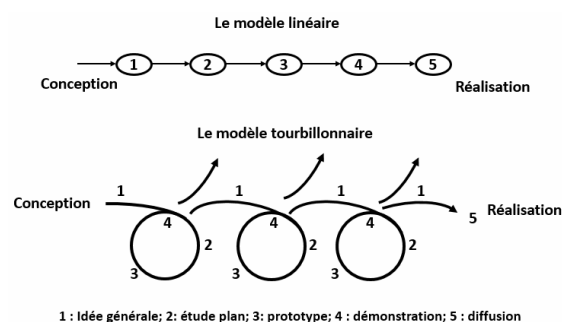
Notons que si toutes ces catégorisations permettent d'organiser la pensée, elles présentent l'inconvénient de rendre discontinu ce qui est en réalité un continuum.

## 3. Le processus d'innovation

### 3.1. Les étapes du processus d'innovation

On distingue au moins 3 étapes dans le processus d'innovation : la conception, le prototypage et la diffusion (Dubé et al., 2014).

**La conception.** C'est une étape de créativité au cours de laquelle sont générées les idées. Cette étape est souvent considérée comme l'étape phare du processus d'innovation probablement car c'est la première dans le temps (elle est donc *sine qua non*) mais aussi parce que les individus sont inégaux dans cette capacité à générer des idées. Toutefois, si la créativité semble une question d'aptitude psychologique individuelle (Aznar, 2003) elle peut aussi être mise en œuvre à



**Figure 1** : Les modèles d'innovation linéaire et tourbillonnaire (adapté de Akrich et al., 1988)

l'échelle d'un groupe et stimulée par diverses méthodes comme le « brainstorming » (trouver le maximum d'idées originales dans le minimum de temps grâce au jugement différé), le raisonnement analogique basé sur l'association d'idées, le « design thinking » qui se veut une synthèse entre la pensée analytique et la pensée intuitive ou les schémas heuristiques qui sont des diagrammes qui représentent les connexions de sens entre différentes idées.

**Le prototypage.** Cette étape consiste à transformer les idées émises en un ou plusieurs exemplaires incomplets et non définitifs de ce que pourrait être le produit final. C'est une étape délicate car il s'agit de passer à l'acte, de faire en sorte que les idées nouvelles ne soient pas tuées par les expériences passées, par l'organisation, par les contraintes budgétaires, et/ou par les jeux de pouvoir. Avant l'étape suivante, les prototypes doivent être confrontés à un public varié (éleveur, prescripteurs, fournisseurs ...) pour être évalués et hiérarchisés sur la base de critères techniques mais aussi économiques (retour sur investissement potentiel).

**La diffusion.** Cette étape correspond au déploiement de la nouveauté au sein de la communauté d'utilisateurs. Ingrand et al. (2014) soulignent que « la diffusion est un processus qui ne se limite pas à la somme des adoptions individuelles puisqu'il peut nécessiter l'intervention d'autres acteurs que les adoptants potentiels (conseillers, agents de la filière...), et qu'il est influencé par les caractéristiques du système social dans lequel il se déroule ».

### 3.2. Les modèles d'innovation

Plusieurs modèles ont été proposés pour décrire le lien entre les étapes et les acteurs impliqués dans le processus d'innovation.

**Le modèle linéaire.** L'économiste Schumpeter a été un des premiers à proposer un modèle décrivant l'enchaînement des séquences au cours du processus d'innovation (1935 dans Akrich et al., 1988). Il a proposé un modèle linéaire (Figure 1) dans lequel i) les étapes du processus d'innovation (voir 3.1.) sont dissociées dans le temps et ii) l'individu joue un très grand rôle, notamment au moment de l'invention. Il considère ainsi que l'aspect social n'intervient qu'après l'adoption de l'innovation. Dans ce modèle, l'innovation repose beaucoup sur un personnage, l'entrepreneur, et une passion, celle qui le pousse à surprendre ses concurrents, à imaginer de nouvelles combinaisons plus intéressantes dans un ou plusieurs domaines (productivité, profit, travail, ... Akrich et al., 1988).

Ce modèle reste assez présent même s'il est aujourd'hui jugé par beaucoup comme trop simplificateur en ne décrivant pas la totalité des acteurs impliqués dans le processus, ni la complexité de leurs relations (Akrich et al., 1988).

**Le modèle tourbillonnaire.** Les travaux d'économie de l'innovation et de sociologie des sciences ont substitué au modèle linéaire de l'innovation un modèle relationnel ou tourbillonnaire (Figure 1) où l'innovation apparaît comme le résultat d'un ensemble d'interactions entre des acteurs hétérogènes et nombreux (Méadel, 1998). Ce modèle cherche à rendre compte des multiples interactions à l'œuvre au cours du processus d'innovation et à décrire l'aspect itératif au sein de chacune des phases (Akrich et al., 1988).

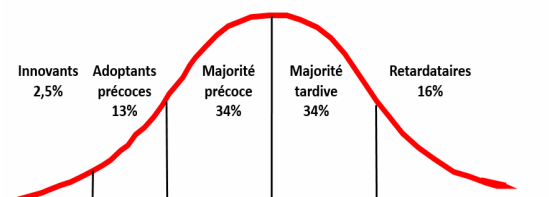
Ce réseau regroupe des acteurs et des organisations aux compétences et aux dynamiques différentes : laboratoire académique, centre de recherche industriel, unités de production, service commercial, service de planification, administration publique... permettant de passer des inventions aux débouchés (Akrich et al., 1988 ; Gonard et Louzel, 1997). Dans ce modèle, des qualités comme la perspicacité, l'intuition ou l'anticipation ne reposent pas sur un seul individu, mais deviennent des vertus collectives qu'il convient de gérer au sein de l'organisation comme d'autres processus.

**Le modèle organique.** Le modèle organique décrit un type d'organisation où, tout comme chaque cellule concourt à la vie de l'organisme, chaque niveau de l'entreprise ou chaque maillon d'un système, est impliqué dans le processus d'innovation : stratégie, culture, valeurs, management, organisation, pratiques... il n'est pas réservé à une partie seulement de l'organisation (Akrich et al., 1988). Ce modèle, qui engage à une structuration orientée toute entière vers l'innovation, se révèle fructueux.

### 3.3. La diffusion de l'innovation au sein d'un groupe social

Rogers (1962) a proposé un modèle pour décrire la dynamique de diffusion des innovations. Il comporte notamment cinq catégories théoriques d'individus qui adoptent tour à tour les innovations et qui contribuent à l'étape de diffusion (Figure 2).

Au départ, il y a les « innovateurs » ou « pionniers ». Ce sont des personnes très aventureuses, pour qui la nouveauté est presque une obsession et qui savent



**Figure 2** : La diffusion des innovations au sein de la population des adoptants (adapté de Rogers, 1962).

faire face à un degré élevé d'incertitude. Elles sont souvent en marge des systèmes dominants. À l'inverse, les « suiveurs » ou « adopteurs précoces », aussi très à l'aise avec la nouveauté, ont généralement un fort leadership d'opinion qui encouragera les autres à les suivre en réduisant le degré d'incertitude associé à la nouveauté. La « majorité précoce » regroupe une catégorie de personnes un peu plus réactive que la moyenne qui cherche à progresser de façon volontaire sans prendre trop de risques. La « majorité tardive » regroupe des personnes plutôt sceptiques qui adoptent les nouvelles idées lorsque la majorité des gens les ont déjà adoptées, par nécessité économique ou par augmentation de la pression sociale. Enfin, les « retardataires » sont les derniers à adopter une innovation. Ils ne possèdent presque aucun leadership d'opinion et restent assez ancrés dans le passé.

Ce modèle présente l'intérêt de rappeler que la diffusion d'une innovation n'est pas un événement instantané qui suit l'éclair de génie d'un inventeur. Au contraire, c'est un travail difficile et de longue haleine et, pour être un succès, une invention doit passer l'épreuve de convaincre des personnes au profil psychologique et au rôle social différents et ayant des systèmes d'élevage divers. En effet, il a été montré que les éleveurs ont des logiques variées (entrepreneur, artisan, animalier, patrimonial ... Commandeur, 2006) et ils ne seront pas réceptifs aux mêmes innovations. Ainsi, Davoust (2014) a proposé une typologie des éleveurs cunicoles (entrepreneur, rationnel, collaborateur, interrogatif) pour pouvoir mieux prendre en compte le facteur humain dans l'accompagnement des évolutions. Par ailleurs, la typologie SONCAS (Sécurité, Orgueil, Nouveauté, Confort, Argent, Sympathie) peut ainsi être utilisée pour tester l'intérêt d'une proposition

avant sa diffusion ou pour aider à convaincre un utilisateur potentiel.

Schumpeter (1935, cité par Ingrand et al., 2014) a par ailleurs analysé que dans cette dynamique de diffusion, l'invention initiale n'est pas adaptée telle quelle avant de devenir une nouvelle norme. Lorsque son intérêt a été démontré par les premiers adoptants (rentabilité économique par exemple), elle est récupérée, généralisée et/ou adaptée et forme des « grappes d'innovations secondaires ». Par exemple, la généralisation de la maîtrise de l'ingéré après le sevrage a généré de nombreuses innovations associées : les automates de pesée, les programmes de rationnement, les pesons intégrés au logement...

Les innovations n'ont bien souvent qu'une durée de vie limitée. Après la phase de lancement, elles connaissent une phase de croissance puis de maturité avant de décliner. On peut citer par exemple le cas de la stimulation hormonale 48 heures avant l'insémination artificielle à l'aide de la PMSG (Pregnant Mare Serum Gonadotrophin) qui permet de stimuler la croissance folliculaire chez les lapines et donc les performances de reproduction. Cette pratique, issue de l'élevage porcin, était assez répandue dans les années 1990 surtout lorsque les femelles étaient conduites selon un rythme dit en « post partum » avec saillie aussitôt après la mise bas. Avec l'avancée des connaissances sur les techniques dites de « biostimulation » (i.e. sans hormone) pour la maîtrise de la reproduction chez la lapine, l'utilisation de cette hormone est devenue peu fréquente.

#### 4. Les facteurs de succès et les freins à l'innovation

Akrich et al. (1988) ont montré que le succès d'une innovation peut être expliqué de deux manières différentes : soit par ses qualités intrinsèques qui rendent son adoption très rapide, soit par la conviction de certains individus qui participent activement à faire avancer sa diffusion. Dans le premier cas, l'amélioration du revenu et/ou la réduction de la durée et de la pénibilité du travail sont des qualités fréquemment citées par les éleveurs pour mettre en place une innovation (Ingrand et al., 2012). Dans le second cas, la diffusion de l'innovation repose avant tout dans la capacité de mobilisation des acteurs autour d'un projet fédérateur dont ils sont convaincus de l'intérêt. Les conditions favorisant l'émergence des innovations sont: savoir innover (compétences, techniques, connaissances), pouvoir innover (structure, organisation, management, ressources), vouloir innover (stratégie, vision, état d'esprit).

L'absence des conditions de réussite mentionnées ci-dessus constitue autant de freins à l'innovation. Mais un autre phénomène, appelé verrouillage technologique (« lock-in »), constitue aussi un frein important à la diffusion des inventions. Ce concept rend compte du fait que lorsqu'un système de production est devenu dominant, l'ensemble des maillons le constituant se sont mutuellement adaptés

de sorte qu'il devient très difficile voire impossible d'y développer une technologie innovante, même si elle est performante (Farès et al., 2012). La technologie en place est devenue la norme dans la filière concernée et il devient difficile d'en changer, plus particulièrement si l'innovation proposée remet en cause cette norme ou bien les relations entre les acteurs organisés autour de cette norme. De ce point de vue, plus le nombre d'utilisateurs est élevé et plus la filière est structurée, plus des technologies secondaires se développent et contribuent au renforcement. Il est alors très difficile de faire émerger des innovations en rupture. Dans ce cas, la structuration d'une filière, au lieu d'être une force, peut constituer un verrou. De son côté, Aberkane (2015) soutient que toute idée révolutionnaire passe nécessairement par trois étapes : elle est d'abord jugée ridicule, puis dangereuse avant d'être considérée comme évidente lorsqu'elle a réussi à diffuser.

Des méthodes spécifiques, telle que la méthode C/K (« concept-knowledge », Hatchuel et Weil, 2009) ont été développées pour permettre notamment (i) de dépasser les barrières mentales liées à l'expertise et à la connaissance des systèmes en place et (ii) d'intégrer les idées des néophytes. Cette méthode a été utilisée avec succès pour proposer des voies innovantes de logement possible pour les truies allaitantes (Meunier-Salaün et al., 2013).

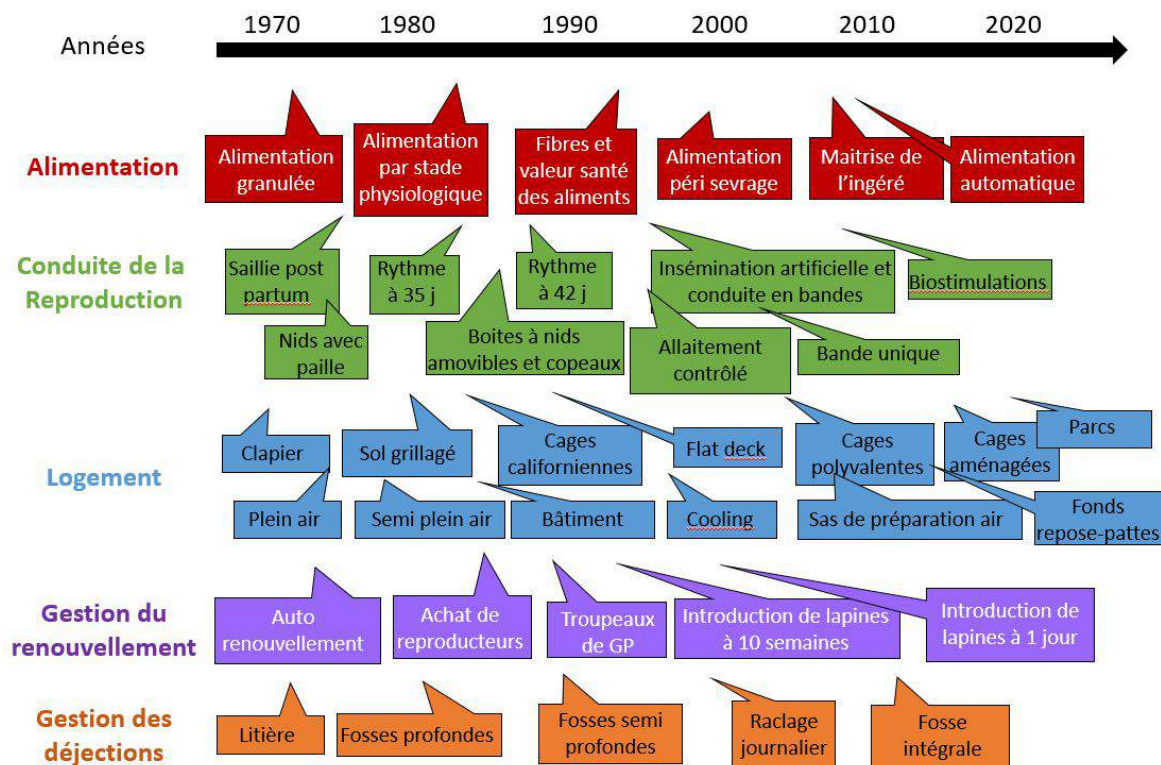
#### 5. Les innovations d'hier dans la filière cunicole

F. Lebas a décrit les grandes étapes de l'évolution de l'élevage cunicole depuis le 18<sup>ème</sup> siècle (<http://www.cuniculture.info>). Il rappelle notamment les 3 innovations majeures qui sont apparues dans les années 1960 et qui ont jeté les bases de la cuniculture actuelle : (i) le sol en grillage qui limite le contact des animaux avec leurs déjections et en conséquence l'incidence de la coccidiose ; (ii) l'alimentation offerte sous forme granulée qui permet de fournir une ration nutritionnellement équilibrée dans laquelle les lapins ne peuvent pas trier ses différents constituants et (iii) la constitution d'une race de lapins (Néo Zélandais Blanc x Californien) de format moyen (3 à 5 kg à l'âge adulte) productifs (aujourd'hui plus de 50 lapereaux produits par femelle et par an) et pouvant être facilement élevés sur sol grillagé.

La Figure 3 décrit quelques innovations importantes en élevage cunicole dans le domaine de l'alimentation, de la conduite de la reproduction, du logement, de la gestion du renouvellement et de la gestion des déjections. En matière de conduite, l'élevage cunicole est ainsi passé:

- de lapins élevés majoritairement en clapiers avec de la litière sur sol plein, alimentés avec des fourrages et/ou des matières premières variées, des femelles conduites en saillie naturelle et auto renouvelées (pratiques dominantes des années 1960) à
- des lapins élevés sur sol grillagé en bâtiment équipés de fosses profondes ou semi-profondes,





**Figure 3 :** Innovations majeures en élevage cunicole dans le domaine de l'alimentation, de la conduite de la reproduction, du logement, de la gestion du renouvellement et de la gestion des déjections depuis les années 1970.

alimentés avec des aliments complets granulés adaptés à chaque stade physiologique (croissance, reproduction), des femelles conduites en saillie naturelle et soumises à un rythme de reproduction intensif (saillie post partum) et renouvelées par achat de reproducteurs (pratiques dominantes des années 1980)

→ à des lapins élevés en cages polyvalentes, dans des bâtiments à l'ambiance contrôlée (température, vitesse de l'air...) équipés de système de raclage journaliers, alimentés avec des aliments granulés à forte teneur en fibres pour préserver la santé digestive et adaptés à chaque stade physiologique (croissance, reproduction, pérésevrage), des femelles conduites en bande unique avec insémination artificielle (d'abord avec des rythmes post partum de 33 et 35 jours au début des années 1990 puis sur avec rythmes plus extensifs de 42 jours vers 1995) et renouvelées à l'âge de 1 jour (pratiques dominantes des années 2000).

Cette mutation progressive reflète le dynamisme de la filière cunicole qui a constamment innové dans tous les domaines et su faire face à des défis d'ordre sanitaire (VHD, entérocologie épizootique), économique (volatilité du prix des matières premières, érosion de la consommation) ou climatique (canicules, grands froids). Elle s'est structurée via la création de groupements de producteurs et d'une

interprofession (CLIPP), s'est dotée d'outils d'évaluation (GTE, réseau Cunimieux) et de recherche publique, privé ou partenariale (groupe GEC). Elle est aujourd'hui confrontée à de nouveaux défis qui l'incitent à poursuivre ses stratégies d'innovation.

## 6. L'innovation en cuniculture face aux enjeux de demain.

### 6.1. Les principaux enjeux pour la filière cunicole.

Meynard et Dourmad (2014) indiquent que les principaux moteurs de l'innovation en élevage concernent la nécessité de (i) soutenir l'évolution de la demande alimentaire : il s'agit de répondre à l'accroissement de la demande mondiale en protéines animales tout en proposant des produits de qualités (nutritionnelle, sanitaire, organoleptique...) et provenant d'élevages respectueux du bien-être animal et économes en intrants médicamenteux, (ii) maîtriser les nuisances environnementales et protéger les ressources non renouvelables, (iii) développer des systèmes d'élevage permettant une organisation et une rémunération du travail attractives (iv) contribuer à gérer l'espace et les paysages.

Dans ce contexte, l'élevage cunicole occupe une place singulière. Les qualités de la viande de lapin font l'objet d'un consensus (Combes and Dalle Zotte, 2005). En revanche, sa consommation connaît une baisse plus importante que celle des autres viandes

depuis plusieurs années (Deman et Chenut, 2017) et la rentabilité des élevages est menacée. Il devient nécessaire de trouver des leviers pour dynamiser la consommation et encourager des plans d'amélioration des élevages en matière d'équipements. Concernant les impacts environnementaux, le lapin ne produit pas ou peu de méthane entérique contrairement aux autres herbivores (Michelland et al., 2012). Par ailleurs, contrairement aux autres animaux monogastriques, son alimentation est en compétition avec celle de l'homme puisque plus de la moitié de celle-ci est constituée de co-produits (Pothin et al., 2017a). Enfin, le développement de la conduite en bande a permis d'améliorer considérablement l'organisation et la planification du travail (Pothin et al., 2017b). C'est pourquoi, les principales attentes sociétales que la filière cunicole doit satisfaire en priorité concernent la limitation de l'antibiorésistance et le développement de systèmes d'élevage permettant aux lapins de mieux exprimer leurs comportements naturels en lien avec la demande sociétale (Deman et Chenut, 2017).

### 6.2. Assurer la viabilité économique de la filière

Prise dans le double étau d'une baisse de la consommation de viande de lapin et d'une critique sur son mode de production, la viabilité de la filière cunicole française est aujourd'hui questionnée. L'interprofession investit régulièrement dans des campagnes d'incitation et d'information pour dynamiser l'attrait de la viande de lapin pour les consommateurs. Mais sans signaux forts de relance, les investissements sont frileux, et les nouvelles installations ou les plans de modernisation des élevages se font rares. Plusieurs pistes sont évoquées pour inverser la tendance :

- Gagner en compétitivité par exemple en continuant à diminuer le coût de production. Il s'agit de continuer à progresser sur le prix de l'aliment, la réduction de l'indice de consommation en lien éventuel avec une réduction de l'âge à l'abattage, la consommation d'énergie en lien avec le développement de bâtiments plus économes.... Toutefois, en raison des caractéristiques biologiques de l'espèce, le coût de production du kilo de viande de lapin restera probablement supérieur à celui des autres viandes blanches (poulet, dinde...). Il semble aussi intéressant de travailler sur la conception et le coût des installations. En effet, le besoin légitime de disposer de bonnes conditions de travail et le souhait de maîtriser les conditions d'ambiance pour améliorer les performances et limiter les aléas, justifiés d'un point de vue technique, ont entraîné une augmentation régulière de la productivité mais aussi du coût de l'installation. Les bâtiments et les logements, aujourd'hui très performants d'un point de vue technique, sont peut-être devenus dans le même temps des freins à l'investissement dans un contexte incertain.

- Améliorer la visibilité du produit dans les circuits de distribution en revoyant le mode de présentation dans les linéaires : alternative à l'armoire frigorifique, regroupement de l'offre par type de produits plutôt que par espèce animale (toutes les brochettes ensembles plutôt que toute la viande de lapin ensemble).
- Diversifier les modes de production et les produits. La filière cunicole est devenue aujourd'hui relativement homogène dans ses pratiques d'élevage. A l'instar des filières porcines, dont la diversité des modes de production (standard, Label Rouge, Bio...) permet de gagner des parts de marché, la diversification en filière cunicole pourrait peut-être augmenter la visibilité du produit et changer son image et/ou son attractivité et toucher ainsi une plus large palette de consommateurs. Cette diversification déjà amorcée concerne à la fois le mode d'élevage (logements, conduite alimentaire), les produits (lapin entier de différentes gammes de poids, découpé et transformé) et les points de ventes. En effet, il faudrait satisfaire la demande des circuits de distribution spécialisés (circuits courts, boucheries...) en développant des réseaux régionaux et nationaux. Cette stratégie nécessite pour la filière un changement de posture : (i) l'abandon du mode de rémunération des éleveurs sur la performance pondérale (nombre de kilos vif vendus) qui a entraîné une course à la productivité. En effet, les systèmes dits « alternatifs » dans les autres filières d'élevage sont parfois moins performants techniquement (moindre productivité à l'animal) mais basent leur rentabilité sur un meilleur prix de vente permis par des caractéristiques spécifiques du mode de production ou du produits ; et (ii) la construction d'une nouvelle force collective basée non plus sur l'homogénéité et la standardisation mais qui, au contraire, valorisera et tirera profit de la diversité qui est alors vue non pas comme un risque (compétition, fracture...) mais comme une opportunité (développement, innovation, ...°).

Dans tous les cas, les progrès effectués devront être réfléchis parallèlement à la question de la répartition de la valeur ajoutée entre les maillons de la filière. C'est le travail actuel des Etats généraux de l'alimentation qui portent sur 4 points (<https://www.egalimentation.gouv.fr/>) : (i) relancer la création de valeur et en assurer l'équitable répartition, (ii) permettre aux agriculteurs de vivre dignement de leur travail par le paiement de prix justes, (iii) accompagner la transformation des modèles de productions pour répondre davantage aux attentes sociétales et (iv) promouvoir les choix de consommation privilégiant une alimentation saine, sûre et durable.

### 6.3. Réduire l'utilisation des antibiotiques

L'antibiorésistance est aujourd'hui une menace pour la santé publique. L'utilisation des antibiotiques en élevage doit être fortement réduite car les gènes d'antibiorésistance peuvent diffuser depuis les animaux vers l'homme, et vice versa et interagir avec les germes de l'environnement. En 2009, la filière cunicole était une espèce fortement consommatrice d'antibiotiques (Chevance et Moulin, 2011) suite à de graves crises sanitaires (parésie caecale, EEL). Cependant, depuis 2011, la filière cunicole s'est engagée dans une démarche collective de réduction raisonnée de l'usage des antibiotiques. Les résultats sont très encourageants puisque le tonnage des antibiotiques utilisés par la filière cunicole au cours des années 2014/2015 a été 25 % plus faible qu'en 2011 (Méheust et al., 2016).

Il est intéressant de souligner que cette démarche de sensibilisation à l'antibiorésistance a été soutenue par une innovation organisationnelle : la signature d'un plan interprofessionnel signé par l'ensemble des maillons de la filière contenant un objectif de réduction et assorti d'un indicateur de suivi : l'Index de Fréquence des Traitements Antibiotiques en élevage (IFTA, Fortun-Lamothe et al., 2011). Cet indicateur a été intégré au sein de l'outil de Gestion Technico-Economique (GTE) depuis 2012 et fait l'objet d'un suivi régulier.

Encouragée par les instances politiques publiques, notamment au travers du plan Ecoantibio 2017 (<http://agriculture.gouv.fr/plan-ecoantibio-2012-2017-lutte-contre-lantibioresistance>), cette réduction de l'usage des antibiotiques dans la filière cunicole a été permise par les efforts conjoints de l'ensemble de la profession. Les innovations ont procédé ici d'une démarche de conception incrémentale qui consiste à améliorer, de manière graduelle, des produits ou technologies existants (bases alimentaires, modalité de distribution, gestion de la qualité de l'eau de boisson, additifs nutritionnels et méthodes de nettoyage...). Chacun des maillons de la filière a ainsi pu, dans son domaine, contribuer aux progrès. Mais les efforts doivent encore se poursuivre. Des travaux de recherches associant des partenaires académiques et des partenaires privés sont actuellement en cours et

bénéficient de financements publics (projet RELAPA soutenu par AGENAVI et le SYSELAF, e-feed-it soutenu par l'ICSA).

### 6.4. Améliorer le bien-être animal

Les conditions d'élevage des animaux interpellent aujourd'hui l'ensemble de la société. Les élevages en claustration sont les plus critiqués, plus particulièrement si les animaux ne sont pas élevés au sol, et si les effectifs sont importants. L'élevage cunicole est un exemple emblématique de cette situation et il est régulièrement pris comme cible médiatique par les associations de défense de la cause animale. En mars 2017, et faisant suite au rapport de l'eurodéputé S. Eck rédigé en mai 2016, le Parlement Européen a voté en faveur d'une résolution sur l'établissement de normes minimales relatives à la protection des lapins d'élevage. Celle-ci engage à orienter la production vers des modes de conduite et de logement alternatif à la cage permettant aux animaux de pouvoir mieux exprimer leurs comportements naturels. Conscients de la nécessité de garantir la viabilité de la production cunicole, les parlementaires appellent en conséquence les Etats Membres et la Commission Agriculture à soutenir financièrement les efforts de recherche et d'investissement de la filière.

Il y a donc une urgence à poursuivre et renforcer nos efforts en matière d'innovation pour mieux prendre en compte cette demande sociétale. Pourtant, certaines initiatives ont déjà permis de proposer des évolutions dans la conduite (Read et al., 2015 ; 2016) ou le mode de logement, tel qu'en cages aménagées (Bignon et al., 2012), ou en parcs modulables (Maertens et Bujis, 2013 ; Maertens al., 2011 et 2015). Mais ces évolutions peinent à se diffuser chez les éleveurs français, car elles dégradent leurs conditions de travail, alors même que leur acceptabilité par le consommateur et donc la rentabilité des investissements associés ne sont pas garantis.

En plus du besoin de logements, produits ou pratiques d'élevage alternatifs, il semble surtout y avoir besoin d'une nouvelle démarche d'innovation pour répondre à cet enjeu. En effet, les objectifs à atteindre en matière de respect du bien-être animal ne semblent pas partagés par l'ensemble des parties prenantes : s'agit-il de réduire tant que possible le taux de mortalité, la fréquence des maladies et des blessures ou encore d'assurer le confort thermique des animaux ou bien faut-il privilégier l'expression des comportements naturels des animaux ? Ces objectifs sont-ils antagonistes ? Si oui, quel est le compromis acceptable ? Pour répondre à ces questions, la nouveauté pourrait consister ici à intégrer dans le processus de conception des représentants des différentes sensibilités sociétales (éleveurs, consommateurs, défenseurs de la cause animale) dans le but d'obtenir un compromis acceptable entre leurs attentes antagonistes (rentabilité, temps et organisation du travail, bien-être animal, qualité des

produits...). La démarche de Living Lab (Dubé et al., 2011), qui consiste à mettre les usagers au cœur du processus d'innovation, répond à ce besoin.

Le projet Lapin Demain, porté par l'ITAVI et soutenu par le CLIPP et le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation (MAA ; 2016-2017) a permis d'initier une telle démarche de co-construction collective. Il a consisté à (i) instaurer un dialogue entre les différentes parties prenantes (ii) leur faire exprimer leurs attentes respectives en matière d'évolution du système d'élevage cunicole et (iii) proposer des voies d'amélioration. Ce travail devrait être poursuivi par un nouveau projet, porté par l'INRA, dont l'objectif sera de passer de la phase de créativité du projet Lapin Demain à une phase de prototypage et de tests en conditions expérimentales voire en conditions réelles (essai en élevage terrain). Une évaluation multicritère permettra de comparer les systèmes existants et innovants en quantifiant les conséquences positives ou négatives de l'innovation sur un ensemble de critères : coût de production, impacts environnementaux, bien-être animal, qualité des produits, temps et organisation du travail en élevage

## Conclusion

Au cours des dernières décennies, la filière cunicole a fait preuve de beaucoup de dynamisme et proposé de nombreuses innovations qui ont permis de passer d'un élevage familial qui servait principalement à l'autoconsommation à une production rationalisée et organisée collectivement. Ces évolutions se sont accompagnées d'une augmentation de la professionnalisation des éleveurs et du conseil technique dans cette production réputée comme techniquement exigeante. Cette grande capacité d'adaptation est le fruit des efforts de chacun des maillons de la filière, mais également d'un partenariat continu entre la recherche publique et privée. La filière cunicole doit aujourd'hui faire face à de nouveaux enjeux pour assurer sa pérennité. **Les cibles de l'innovation** ont changé : il ne s'agit plus d'augmenter la production et la productivité mais de trouver un meilleur compromis entre les attentes de la profession, concernant notamment le revenu et les conditions de travail, et celles de la société, notamment en matière de logement des animaux et de limitation de l'antibiorésistance. Pour atteindre ces nouvelles cibles, **le processus d'innovation** lui aussi doit évoluer par exemple en intégrant les professionnels, les consommateurs et les défenseurs de la cause animale dans ce processus.

## Remerciements

Nous remercions S. Boucher, S. Combes, H. Garreau, T. Gidenne, E. Grand, M. Gunia, C. Launay, B. Lenormand, pour leur aide dans la rédaction du manuscrit. Les exemples mentionnés dans cette

(Vereijken, 1997). Le but est de s'assurer d'obtenir un compromis satisfaisant.

Au Pays-Bas, un nouveau système de production d'œufs a été conçu lors d'un tel projet collaboratif impliquant des éleveurs, des agents de la recherche, de la société civile, des consommateurs, des distributeurs... (Groot Koerkamp et Bos, 2008). Cet exemple montre qu'une telle démarche peut permettre de concevoir un système d'élevage qui réponde conjointement à différentes dimensions de l'élevage : performance, image, bien-être, environnement... Meynard et Dourmad, (2014) soulignent qu'en général, dans de telles démarches de conception, les apprentissages collectifs (nouvelles manières de penser, nouvelles formes de collaboration) réalisés au cours du processus d'innovation sont aussi importants que les résultats de la conception elle-même car ils forgent une culture commune à l'ensemble des acteurs impliqués et les préparent à gérer ensemble les nouveaux objets conçus.

synthèse ont été choisis pour leur capacité à illustrer notre propos. Ils n'ont pas forcément plus de valeur que toutes les autres innovations qui n'ont pas été citées. Que les auteurs de ces innovations qui ne sont pas mis en lumière ici n'en soient pas froissés.

## Références

- Aberkane I. 2015. Le biomimétisme : s'inspirer de la nature pour innover durablement. Audition devant le Conseil Economique Social et Environnemental. <https://www.youtube.com/watch?v=PYAST1wJ8M4>
- Akrich M., Callon M., Latour B., 1988. A quoi tient le succès des innovations ? 1 : L'art de l'intéressement, Gérer et comprendre, Annales des Mines, 11, 4-17.
- Alter N., 2010. L'innovation ordinaire. PUF Editions, Paris, France, 324p, 3ème édition.
- Audoux C., Gillet A. 2011. Recherche partenariale et co-construction de savoirs entre chercheurs et acteurs : l'épreuve de la traduction. Revue Interventions économiques, 43: 1-16.
- Aznar G. La créativité: définitions. Les cahiers de la créativité. Créa Université (Ed). <http://jpp.iut.fr/wp-content/uploads/2016/.../La-CREATIVITE-DEFINITIONS-Guy-Aznar.pdf>.
- Bal P., Castellanet C., Pillot D., 2003. Faciliter l'émergence et la diffusion des innovations. In CIRAD-GRET, Le Mémento de l'Agronome. QUAE Editions, Versailles, France.
- Bentz E., Joigneau-Guesnon C., Vong L., Zagatti P. 2016. Sciences participatives et biodiversité. Conduire un projet pour la recherche, l'action publique, l'éducation. Guide de bonnes pratiques. [http://www.cpie.fr/spip.php?page=article&id\\_article=4609](http://www.cpie.fr/spip.php?page=article&id_article=4609)
- Bignon L., Bouchier M., Coutelet G., Galliot P., Souchet C., fortun-Lamothe L. 2012. Individual housing of young does in different sized cages : impact on welfare, economic costs and productive data. 10th World Rabbit Congress, 3-6 september 2012, Sharm El-Sheikh, Egypte. 1045-1049.

- Chevance A., Moulin G. 2011. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2009, 44pp ;
- COM 2003. Innovation policy: updating the Union's approach in the context of the Lisbon strategy. Brussels, 11. 3. 2003, 27p. [[http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download\\_en/innovation\\_policy Updating\\_un ion.pdf](http://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/innovation_policy Updating_un ion.pdf)]
- Combes S., Dalle Zotte A. 2005. La viande de lapin : valeur nutritionnelle et particularités technologiques. 11<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 Novembre, Paris (France), 167-180.
- Commandeur M.A.M. 2006. Diversity of pig farming styles: understanding how it is structured. NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 54 : 111-127.
- Cros F., 1997. L'innovation en éducation et en formation. Revue française de pédagogie, 118, 127-156.
- Davoust C. 2014. Deffi Lapety : de l'approche humaine à l'approche technique . Journée technique Lapin (ITAVI), novembre 2014, Pacé.
- Deman C., Chenut R. 2017. Etude des filières cunicoles en Europe : quels enjeux et perspectives pour la France. 17<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole 22 et 23 novembre 2017, Le Mans.
- Dubé P., Sarrailh J., Billebaud C., Grillet C., Zingraff V., Kosteci I. 2014. Le livre blanc des living Labs. Umvelt Edition. 133 pp. [www.montreal-invivo.com/wp-content/.../livre-blanc-LL-Umvelt-Final-mai-2014.pdf](http://www.montreal-invivo.com/wp-content/.../livre-blanc-LL-Umvelt-Final-mai-2014.pdf)
- Dumont B. (coord), Dupraz P. (coord.), Aubin J., Batka M., Beldame D., Boixadera J., Bousquet-Melou A., Benoit M., Bouamra-Mechemache Z., Chatellier V., Corson M., Delaby L., Delfosse C., Donnars C., Dourmad J.Y., Duru M., Edouard N., Fourat E., Frappier L., Friant-Perrot M., Gaigné C., Girard A., Guichet J.L., Haddad N., Havlik P., Hercule J., Hostiou N., Huguenin-Elie O., Klumpp K., Langlais A., Lemauiel-Lavenant S., Le Perchec S., Lepiller O., Letort E., Levert F., Martin, B., Méda B., Mognard E.L., Mougin C., Ortiz C., Piet L., Pineau T., Ryschawy J., Sabatier R., Turolla S., Veissier I., Verrier E., Vollet D., van der Werf H., Wilfart A. 2016. Rôles, impacts et services issus des élevages en Europe. INRA (France), 1032 pages.
- Fares M., Magrini M.B., Triboulet P., 2012. Transition agroécologique, innovation et effets de verrouillage : le rôle de la structure organisationnelle des filières. Le cas de la filière blé dur française. Cah. Agric., 21, 34-45. [<http://dx.doi.org/10.1684/agr.2012.0539>]
- Fortun-Lamothe L., H. Courtadon, A. Croisier, T. Gidenne, S. Combes, S. Le Bouquin, C. Chauvin. 2011. L'index de fréquence des traitements par les antibiotiques (IFTA) : un indicateur de durabilité des ateliers d'élevage . 14<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cunicole ; 22-23 novembre 2011, Le Mans, France. 135-138.
- Frank B., 1997. Adoption of innovations in the north Queensland beef industry. 3. Implications for extension management. *Agricult. Sys.*, 55, 347-358.
- Garreau H., Gunia M. 2017. La génomique du lapin : avancées, applications et perspectives. 17<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole 22 et 23 novembre 2017, Le Mans
- Gonard T., Louazel M., 1997. « Comprendre les processus d'innovation technique à l'aide du concept de réseau : un programme de recherche », Cahier de Recherche du CREA, n°62, juin 1997.
- Goulet F., Vinck D. 2012. L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement. Revue française de sociologie. 53 : 195-224.
- Groot Koerkamp P.W.G., Bos A.P., 2008. Designing complex and sustainable agricultural production systems; an integrated and reflexive approach for the case of table egg production in the Netherlands. NJAS - Wageningen J. Life Sci., 55, 113-138.
- Hatchuel A., Weil B. 2009. C-K design theory: an advanced formulation. *Res Eng Design*, 19:181-192.
- Ingrand S., Lurette A., Gouttenoire L., Devun J., Moulin C.-H., 2014. Le processus d'innovation en ferme. Illustrations en élevage. In : Numéro spécial, Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? Ingrand S., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 27, 147-160.
- Ingrand S., Devun J., Pailleux J.Y., Chauvet A., Dujour E., 2012. Les innovations en élevages bovins et ovins allaitants : analyse de résultats d'entretiens auprès d'éleveurs et de réponses d'experts à un questionnaire. *Renc. Rech. Rum.*, 19, 393-396.
- Knudsen C., combes S., Birens C., Duperray J., Rebours G., Salün J.M., Travel A., Weissman D., Gidenne T. 2015. La limitation post-sevrage de l'ingestion, une pratique favorable à la santé et à l'efficacité alimentaire : des mécanismes physiologiques à l'impact économique. 16<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole 24 et 25 novembre 2015, Le Mans, 115-128.
- Lefort J., 1988. Innovation technique et expérimentation en milieu paysan. *Cah. Rech. Dev.*, 17, 1-10.
- Maertens L., Rommers J., Jacquet M. 2011. Le logement des lapins en parcs, une alternative pour les cages classiques dans un système "duo"? *Proc. 14<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cunicole*, Le Mans, 22-23 nov. 2011, 85-88.
- Maertens L., Buijs S., 2013. Performances de femelles logées temporairement en groupe dans des parcs polyvalents et en système tout plein tout vide. *Proc. 15<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cunicole en France*, Le Mans, 19-20 nov. 2013, 35-38.
- Maertens L., Buijs S., Tuytens F.A.M. 2015. L'impact d'un logement temporairement en groupe et du sol sur le bien-être des lapines. 16<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole 24 et 25 novembre 2015, Le Mans, 215-218.
- Méadel C. 21998. Démarche. In « Les chercheurs et l'innovation. Regards sur les pratiques de l'INRA. » INRA Edition, p 41-45.
- Méheust D., Chevance A., Moulin G. 2016. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2015, 106 pp. <https://www.anses.fr/fr/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2015.pdf>
- Meunier-Salaün M.C., Dourmad J.Y., Brossard L., Bailliard A., Lescop N., Marien A., Serrurier O.S., Lerustre H., Lensink J. Innovative process for developing welfare-friendly alternative to the farrowing crate in pigs. 64th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 26 au 30 Aout 2013, Nantes, France, P 209.
- Meynard J.M., Dourmad J.Y., 2014. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. In : Numéro spécial, Quelles innovations pour quels systèmes d'élevage ? Ingrand S., Baumont R. (Eds). INRA Prod. Anim., 27, 77-88.
- Michelland R., Combes S., Monteils V., Bayourthe C., Cauquil L., Enjalbert F., Julien C., Kimsé M., Troegeler-Meynadier A., Zened A., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2012. Fonctionnement et capacité de résistance aux perturbations des écosystèmes digestifs d'herbivores : analyse comparée du rumen de la vache et du caecum du lapin. *INRA Productions Animales*, 25, 395-406.
- Rogers E., 1962. Diffusion of innovations. New York: The Free Press, 453p.
- Pic J.C., Viala, C., Zinai K. 2013. Entreprendre dans le green business : Créer et développer votre entreprise durable et responsable. Dunod Eds, Paris, 2013, ISBN 978-2-10-059091-9.
- Pothin A., Meda B., Fortun-Lamothe L. 2017a. Evaluer la compétition entre alimentation humaine et animale.

- 
- 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours, 5-7 Avril 2017, 381-385.
- Pothin, A. Hostiou N., Fortun-Lamothe L. 2017b. Evaluer les conséquences des changements de pratiques sur l'organisation et la pénibilité du travail en élevage cunicole. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole 22 et 23 novembre 2017, Le Mans.
- Read T., Combes S., Gidenne T., Destombes N., Bébin K., Balmiss E., Fortun-Lamothe L. 2015. Influence of feeding strategy and diet for reproductive rabbit does on intake, performance and health of young and females before and after weaning. *J. Anim. Sci.* 94: 4848-4859.
- Read, T., Combes, S., Gidenne, T., destombes, N., Grenet, L., Fortun-Lamothe, L. 2016. Feed composition at the onset of feeding behaviour influences slaughter weight in rabbits. *Livest. Sci.* 184: 97-102.
- Schroeder R.G., Van de Ven A., Scudder G. D., Polley D., 1989. The development of innovation ideas. In: Van de Ven A., Angle H.L., Poole M. (Eds). *Research on the management of innovation: The Minnesota studies*. New York: Harper & Row.
- Schumpeter J., 1935. *Théorie de l'évolution économique. Recherches sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjuncture.* (nouvelle édition 1983). Dalloz, Paris, France, 589p.
- Vereijken P., 1997. A methodical way of prototyping integrated and ecological arable farming systems (I/EAFS) in interaction with pilot farms. *European Journal of Agronomy* 7, 235–250.
- West M., Altink WMM., 1996. Innovation at work: Individual, group, organizational and socio-historical perspectives. *Europ. J. Work Organizat. Psychol.*, 3-11.
-

# **SYSTEMES D'ÉLEVAGE, ÉCONOMIE, ENVIRONNEMENT**





## COMPARAISON DE DIFFÉRENTS INDICATEURS DE CONSOMMATION D'ANTIBIOTIQUES ET RELATION AVEC LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES EN ÉLEVAGE CUNICOLE

Lopez S.<sup>1</sup>, Nouvel L.<sup>2</sup>, Piel Y.<sup>1</sup>, Capdevielle N.<sup>3</sup>, Favier C.<sup>4</sup>, Mahe B.<sup>5</sup>

(1) Univet SE, ZI Très le Bois, Impasse Monge, 22600 Loudeac, France

(2) Cybelvet, Parc Activités d'Étrelles, 35370 Étrelles, France

(3) CEVA Santé Animale, 10 av de la Ballastière, 33500 Libourne

(4) Mixscience, Centre d'Affaires Odyssee - Z.A.C. Cicé Blossac CS17228 - 35172 Bruz - France

(5) Sanders, Le Pont de Saint-Caradec, 56920 Saint Gérand, France

sebastien.lopez@univetse.fr

**Résumé** – La réduction d'utilisation des antibiotiques en élevage est un enjeu majeur de santé publique dans la lutte contre l'antibiorésistance. Pour évaluer les consommations d'antibiotiques, plusieurs indicateurs de suivi existent en filière cunicole. Cependant il existe aujourd'hui peu de comparaison des résultats obtenus entre ces différents indicateurs. De plus, les liens existant entre performances techniques et utilisation d'antibiotiques restent insuffisamment documentés. Dans cette étude, les données annuelles de consommation antibiotique issues de 40 élevages cunicoles ont été analysées pour 2015 et 2016 à l'aide de deux indicateurs filière, l'IFTAr et l'IFTAc, et de deux indicateurs officiels, les mg/kg et l'ALEA. L'ensemble des coefficients de corrélation existant entre les différents indicateurs est supérieur à 0,5 ( $p < 0,001$ ). Ceux-ci sont cependant faibles entre les IFTA et l'ALEA ( $< 0,73$ ) ou les IFTA et les mg/kg ( $< 0,62$ ) rendant les extrapolations d'un indicateur à l'autre difficiles. A contrario, la corrélation entre mg/kg et l'ALEA est de 0,87. Aucune relation n'a pu être mise en évidence entre performances zootechniques et consommation d'antibiotique, à l'exception de celle entre le taux de viabilité au nid et l'IFTAr (IFTAr à +0,49 lorsque le taux de viabilité est compris entre [94-100%] au lieu de [80-87,9%];  $p < 0,05$ ).

**Abstract** – **Comparison between various indicators of antibiotic consumption and relationship with technical performances in rabbit farms** - Reducing the use of antibiotic in farms is a crucial issue in public health in the struggle against antibiotic resistance. Several indicators exist in order to measure antibiotic consumption in rabbit farm. Nevertheless extrapolation between them remains weakly known. Besides, the links between technical performances and antibiotic use have yet to be properly documented. In this study the annual data for antibiotic consumption have been collected from 40 farms in 2015 and 2016. They were analyzed through different indicators : two related to the rabbit sector (IFTAr - Frequency Index of Antibiotic Treatment in reproductive does and IFTAc - Frequency Index of Antibiotic Treatment in growing rabbits), and two official ones (mg/kg and ALEA- Animal Level of Exposure to Antimicrobials). The correlation coefficients between those indicators are above 0.5 ( $p < 0.001$ ). They are rather low between IFTA and ALEA ( $< 0.73$ ) or between IFTA and mg/kg ( $< 0.62$ ). This makes extrapolation from one indicator to another difficult. On the contrary, comparison between mg/kg and ALEA is better (0.87). No relation could be evidenced between technical performances and antibiotic consumption, excepted between the viability of young rabbits before weaning and IFTAr (+ 0.49 when the viability ratio is [94-100%] compared to [80-88%] ,  $p < 0.05$ ).

### Introduction

Le phénomène d'antibiorésistance est devenu un sujet de préoccupation majeur depuis une vingtaine d'années en médecine humaine et vétérinaire. Depuis 1999, l'Agence Nationale du Médicament Vétérinaire (ANMV) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) publie chaque année un rapport de suivi des ventes d'antimicrobiens vétérinaires (ANSES, 2016) basé sur la déclaration des laboratoires pharmaceutiques des ventes d'antibiotiques en France. Il constitue la

référence nationale sur l'utilisation des antibiotiques et permet d'avoir un suivi et une tendance d'évolution globale par espèce en mg/kg (quantité de matière active en mg de matière active par kg produit) et ALEA (Animal Level Exposure of Antibiotimicrobials). En parallèle, la réalisation d'enquêtes en élevage précise ces données en apportant des informations détaillées tant quantitatives que qualitatives, qui permettent de documenter la nature des usages, leur variabilité et les facteurs associés. Mais ce procédé n'est pas facilement généralisable et le temps de récupération et d'analyse

des données empêchent d'en faire un outil facilement exploitable dans les élevages ou les filières pour réduire l'utilisation d'antibiotiques (Chauvin et al., 2012).

Depuis 2010, dans le cadre d'un plan national de réduction d'utilisation des antibiotiques en élevage cunicole impulsé par le CLIPP (interprofession cunicole française), la filière cunicole s'est également dotée d'un outil de suivi des consommations d'antibiotique, les IFTA (Index de Fréquence de Traitement Antibiotique ; Fortun-Lamothe et al., 2011). Cet indicateur, simple d'utilisation et applicable à l'échelle de l'élevage ne repose pas sur le même recueil de données que l'ALEA ou les mg/kg, et les extrapolations possibles d'un indicateur à l'autre ne sont pas bien connues.

L'arrivée du logiciel Indicavet®, développé par Sanders, permet de calculer facilement et rapidement l'ALEA et les mg/kg à l'échelle de l'élevage et de faire ainsi un parallèle avec la mesure des IFTA. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer les corrélations qui peuvent être établies entre les différents indicateurs de consommation antibiotique actuellement utilisés en filière cunicole.

D'autre part, il n'existe que peu de travaux faisant le lien entre la consommation d'antibiotiques et les résultats zootechniques des élevages cunicoles. Cette étude a également analysé ces paramètres.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

La population étudiée concernait 40 élevages cunicoles naisseur-engraisseur français situés dans le grand ouest. Les élevages devaient avoir une GTE (Gestion Technico Economique) à jour et un enregistrement disponible des consommations d'antibiotiques suivant les outils de mesure retenus dans l'étude sur la période 2015-2016. Le suivi des consommations annuelles d'antibiotiques dans chaque élevage a été effectué via 4 indicateurs différents :

- deux indicateurs retenus par le CLIPP, tels que définis par Fortun-Lamothe et al. (2011) :
- IFTAr (Index de Fréquence Traitement Antibiotique Reproducteur) =  $\Sigma$  (nb de principes actifs utilisés x nb jours de traitement) / durée du cycle de la femelle.
- IFTAc (Index de Fréquence Traitement Antibiotique Croissance) =  $\Sigma$  (nb de principes actifs utilisés x nb jours de traitement) / durée de vie du lapin.

Ces indicateurs ont été calculés à partir des données renseignées par les éleveurs sur les fiches d'enregistrement élevage ou directement via Lapiconnect® (logiciel de gestion et traçabilité cunicole).

- deux indicateurs officiels retenus par l'ANSES-ANMV lors du rapport annuel sur le suivi des

ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France (ANSES, 2016) :

- l'ALEA (Animal Level of Exposure to Antimicrobials) = poids vif traité / la masse animale pouvant potentiellement être traitée aux antibiotiques
- les mg/kg = quantité pondérale de matière active antimicrobienne / masse d'animaux potentiellement traitée aux antibiotiques.

Le calcul de l'ALEA et des mg/kg a été réalisé via le logiciel Indicavet® (outil de suivi des consommations d'antibiotiques à l'échelle de l'élevage, d'une filière ou d'une production (<https://indicavet.dbm-vi.eu>)).

L'analyse des résultats zootechniques a été réalisé d'après les critères GTE suivants: le taux de viabilité au nid, le nombre de sevrés par mise bas, le nombre de sevrés par IA, le taux de mortalité en engraissement, le GMQ par jour de vie, le taux de saisies sanitaires, et les kg produits/IA. Les résultats GTE moyens des élevages de l'étude sont repris dans le Tableau 1.

**Tableau 1 : Moyenne des résultats GTE dans les élevages de l'étude sur 2015 et 2016**

	2015	2016
Nombre de femelles à l'IA	623	609
Viabilité au nid (%)	92,4	92,0
Nb sevrés/MB	8,61	8,49
Nb sevrés/IA	7,32	7,18
Mortalité engraissement (%)	5,91	6,83
GMQ jour de vie (g/j)	34,2	34,3
Saisies sanitaires abattoir (%)	2,05	2,30
Kg lapins produits/IA	17,01	16,58

Pour pouvoir analyser l'effet des critères GTE exprimés en % sur les indicateurs de consommation antibiotique, les données ont été réparties en 3 classes d'effectifs similaires:

- taux de viabilité au nid : [80-87,9%], [88-93,9%] et [94-100%]
- taux de mortalité en engraissement : [0-4,99%], [5-9,99%] et [10-15%]
- taux de saisie sanitaires [0-1,99%], [2-2,99%] et [3-7%].

### 1.2. Analyses statistiques

Les corrélations existant entre les différents indicateurs de consommation antibiotique ont été étudiées en réalisant des tests de corrélation de Pearson.

L'effet du GMQ, du nombre de sevrés par MB, du nombre de sevrés par IA et les kg produits/IA sur les 4 indicateurs a été étudié à l'aide d'un test de Student.

L'effet du taux de viabilité au nid, du taux de mortalité en engraissement et du taux de saisies sanitaires a été étudié à l'aide d'un test de Fisher.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Valeurs moyennes des différents indicateurs et variabilité entre élevages

Les valeurs annuelles des différents indicateurs sont présentées dans le Tableau 2.

**Tableau 2: Valeurs moyennes des différents indicateurs de consommation antibiotique en 2015-2016.**

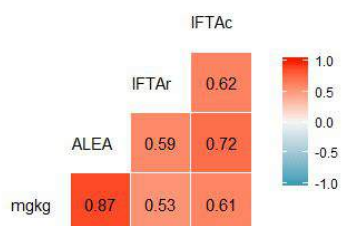
Indicateur	2015	2016	Evolution 2015/2016
IFTAr	0,83	0,76	-8%
IFTAc	0,37	0,34	-8%
ALEA	3,44	2,79	-19%
mg/kg	618	531	-14%

Une baisse de l'utilisation des antibiotiques est observée entre 2015 et 2016 quel que soit l'indicateur étudié. L'intensité relative de cette baisse varie toutefois en fonction du critère retenu. En observant plus spécifiquement l'ALEA (Figure 1), on remarque que cette tendance baissière s'explique par une réduction du nombre d'élevages « forts » utilisateurs (ALEA >4,5) vers des catégories d'élevages avec des consommations plus faibles (ALEA [1,5-3] et [3-4,5]). La répartition des élevages en fonction de leur consommation d'antibiotiques reste toutefois homogène, avec une distribution assez linéaire des élevages dans l'ensemble des catégories d'ALEA, pour les 2 années considérées. Ces résultats rejoignent ceux observés par Chauvin et al. (2011) qui n'identifient pas de sous-population d'élevages contributrice majeure aux acquisitions d'antibiotiques sur une population de 113 élevages.

**Figure 1 – Répartition du nombre d'élevages en fonction de leur ALEA.**

### 2.2. Lien entre les différents indicateurs de suivi des consommations antibiotiques

Les corrélations existant entre les différents indicateurs sont présentées dans la Figure 2.



**Figure 2 – Corrélations existant entre les différents indicateurs de suivi des consommations antibiotiques**

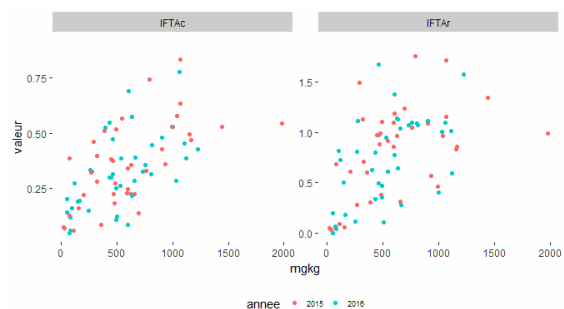
Les quatre indicateurs étudiés sont corrélés entre eux de façon positive ( $p < 0,001$  pour l'ensemble des tests de Pearson effectués). Toutefois, l'intensité de liaison est

faible entre ALEA et IFTAr (0,59), ALEA et IFTAc (0,72), mg/kg et IFTAr (0,53) et mg/kg et IFTAc (0,61), comme le montrent les Figures 3 et 4. A contrario, l'intensité de liaison est plus forte (0,87) entre ALEA et mg/kg, même si cette relation s'affaiblit lorsque la valeur des indicateurs augmente (Figure 5).

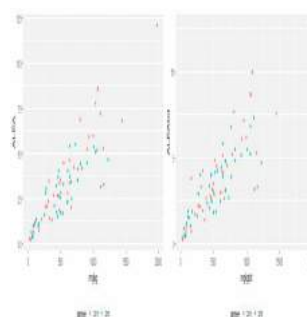
Ces résultats montrent que l'extrapolation d'un indicateur à l'autre, à l'échelle d'un élevage, reste très difficile à effectuer, comme en témoigne la dispersion des valeurs d'ALEA ou de mg/kg associées à un même IFTA et inversement. Il en va de même, dans une moindre mesure, pour la comparaison des ALEA et mg/kg entre eux.



**Figure 3 – Relation entre les indicateurs IFTAr et IFTAc et l'ALEA**



**Figure 4 – Relation entre les indicateurs IFTAr et IFTAc et les mg/kg**



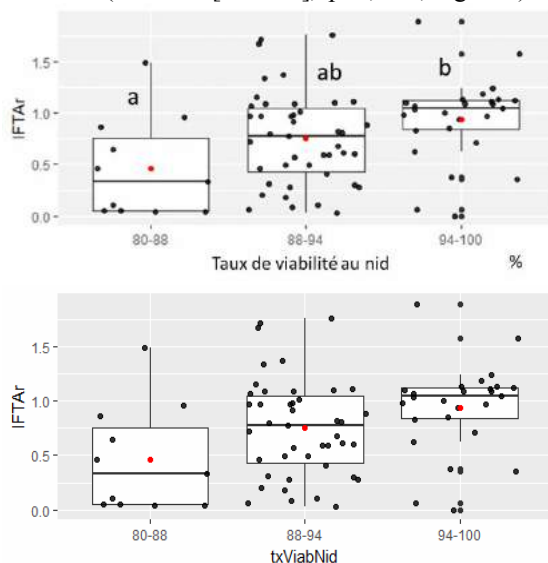
**Figure 5 – Relation entre l'ALEA et les mg/kg**

A l'échelle d'un groupe d'éleveurs, les extrapolations sont également à faire avec prudence. Ceci s'explique logiquement pour deux raisons : d'une part les IFTAr et IFTAc ne reprennent chacun qu'une partie des

traitements réalisés sur l'élevage, à la différence des mg/kg et de l'ALEA ; d'autre part l'ALEA décompte les traitements en faisant abstraction de leur durée d'administration, à l'inverse des IFTA qui décomptent les jours de traitement. Ainsi le type de traitement (voie injectable, par eau de boisson ou aliment médicamenteux) fait varier plus ou moins fortement un indicateur par rapport à l'autre. Ces différences dans le mode de calcul des indicateurs expliquent la corrélation particulièrement faible entre l'ALEA ou les mg/kg et l'IFTAr.

### 2.3. Relation entre les consommations antibiotiques et les performances zootechniques

Sur l'ensemble des indicateurs étudiés, aucune relation n'a pu être établie entre les performances zootechniques et la consommation d'antibiotique ( $p > 0,05$ ), à l'exception d'un effet du taux de viabilité des lapereaux au nid sur l'IFTAr ( $p = 0,011$ ). Cet effet provient de l'écart entre les classes extrêmes sur ce critère. Ainsi, les élevages ayant un taux de viabilité au nid élevé (classe 3 : [94-100%]) ont un IFTAr supérieur de 0,49 aux élevages ayant un taux de viabilité au nid faible (classe 1 : [80-88%],  $p = 0,009$  ; Figure 6).



**Figure 6 – Relation entre le taux de viabilité au nid et l'ALEA**

Ces résultats sont à rapprocher de ceux de Chauvin et al. (2011) qui n'ont identifié aucune relation entre les quantités de poids vif traités par les antibiotiques, rapportées au nombre de lapins produits par chaque

élevage, et les performances zootechniques, à l'exception du taux de perte en engraissement et du taux de perte des femelles.

Ces résultats vont dans le sens d'une utilisation raisonnée des antibiotiques, adaptée aux réalités sanitaires des élevages.

### Conclusion

Les extrapolations entre les différents indicateurs utilisés pour mesurer les consommations antibiotiques en filière cunicole paraissent très difficiles à effectuer à l'échelle de l'élevage et sont à interpréter avec beaucoup de précautions à l'échelle d'un groupe d'éleveur et par extension à l'échelle de la filière. Chaque indicateur présentant des limites d'analyse, seule leur étude conjointe présente tout son intérêt pour affiner la compréhension des consommations d'antibiotiques et notamment leur évolution, réel enjeu de ce suivi. Cette étude met également en évidence la quasi absence de relation entre consommation d'antibiotiques et performances zootechniques en élevage cunicole.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier particulièrement Claire Chauvin de l'ANSES pour sa lecture attentive et ses précieuses remarques.

### Références

- ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, 2016. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2015. Rapport annuel octobre 2016. <https://www.anses.fr/fr/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2015.pdf>
- Chauvin C., Croisier A., Tazani F., Balaine L., Eono F., Salaun-Huneau A., Le Bouquin S., 2011. Utilisation des antibiotiques en filière cunicole : Enquête en élevages 2009-2010. *14èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Le Mans, 22-23 novembre 2011.
- Chauvin C., Le Bouquin S., Sanders P., 2012. Usage des antibiotiques en filières porcine, avicole et cunicole en France. Résultats d'enquêtes. *Bulletin épidémiologique santé animale - alimentation*, pp.12-15.
- Fortun-Lamothe L., Courtadon H., Croisier A., Gidenne T., Combes S., Le Bouquin S., Chauvin C. 2011. L'index de fréquence des traitements par les antibiotiques (IFTA) : un indicateur de durabilité des ateliers d'élevage. *14èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Le Mans, 22-23 Novembre 2011.

## ÉVALUER LES CONSÉQUENCES DES CHANGEMENTS DE PRATIQUES SUR L'ORGANISATION ET LA PÉNIBILITÉ DU TRAVAIL EN ÉLEVAGE

Pothin A. <sup>1</sup>, Hostiou N. <sup>2</sup>, Fortun-Lamothe L. <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> INRA, GenPhyse, CS 52627, 31326 Castanet Tolosan Cedex, France

<sup>2</sup> INRA, UMR1273 Territoires, Site de Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

\* Corresponding author: [laurence.lamothe@inra.fr](mailto:laurence.lamothe@inra.fr)

**Résumé** – Pour être durable, un système d'élevage cunicole doit être rentable et respectueux de l'environnement ainsi que préserver les conditions de travail des producteurs en termes de temps, d'organisation et de pénibilité du travail. Nous avons développé un calculateur, le Bilan Travail en Elevage Cunicole (Bilan TEC), dont l'objectif est d'évaluer les conséquences de changements de pratiques sur le travail en élevage cunicole. Celui-ci permet, à partir d'enregistrements réalisés en élevage de i) calculer 3 indicateurs sur l'organisation du travail : le travail semi-quotidien (h/semaine), le travail de surveillance et gestion des aléas (h/semaine) et le travail planifié (h/bande) qui permettent de caractériser la nature des tâches et de les quantifier ; ii) calculer 2 indicateurs de pénibilité du travail : l'Index de Pénibilité Physique (IPP) et l'Index de Stress au Travail (IST) et enfin iii) connaître la répartition des tâches entre activités et dans le temps sur la durée d'une bande. La méthode a été validée et sa sensibilité a été testée à partir de données de la littérature. Les résultats montrent que les indicateurs proposés sont sensibles aux variations de pratiques. Pour conclure, la méthode Bilan TEC permet de façon simple d'évaluer les conséquences de la mise en œuvre d'innovations sur les conditions de travail en élevage cunicole.

**Abstract – Evaluate the impacts of innovation on labor organization and drudgery in rabbit breeding.** To be sustainable, rabbit breeding must be profitable and environment-friendly but also protect the working conditions of the producers in terms of time, the organization and the hardness of the work. We developed a calculator called “Bilan Travail en Elevage Cunicole” (Bilan TEC); calculator's goal is to evaluate impacts of changes in farming practices on work in rabbit breeding. It allows with breeding recording to i) calculate 3 indicators about labor organization: daily work (hour per week), monitoring work (hour per day) and planned work (hour per cycle) for characterize the nature of the work and quantify it; ii) calculate 2 drudgery indicators: heavy labor index (IPP) and work-related stress index (IST) and finally iii) known division of labor during production cycle. Method was validated and sensitivity was tested using data from the literature. Results show that indicators selected are sensitive to husbandry practices changes. In conclusion, the calculator and the indicators we developed assess simply the consequences of the implement of innovation in work conditions in rabbit breeding.

### Introduction

Un système d'élevage durable se définit aujourd'hui comme un système à la fois économiquement viable, respectueux de l'environnement et socialement acceptable. Pour être socialement acceptable, l'atelier d'élevage doit notamment préserver les conditions de travail du producteur (Litt *et al.*, 2014). L'organisation, la durée et la pénibilité du travail sont 3 dimensions qu'il convient de caractériser pour évaluer les conditions de travail. Les préoccupations concernant l'évaluation des conditions de travail en élevage ne sont pas récentes. Ainsi, le Réseau Mixte Technologique (RMT) Travail en élevage a construit des référentiels pour les temps de travaux dans la plupart des filières animales (bovins lait/viande, caprins, ovins lait/viande, porcs et volailles ; Chauvat et Cournot, 2009) mais aucune étude n'a été menée pour les systèmes cunicoles.

Aujourd'hui l'essentiel des données concernant le travail dans les élevages cunicoles français proviennent du réseau de fermes de références CUNIMIEUX (Coutelet, 2014). Elles renseignent sur la durée (h/femelle/an) et la nature des travaux. En revanche, elles ne donnent pas une vision dynamique du travail (répartition dans le temps, pics de travail). Par ailleurs, une étude ergonomique sur les conditions de travail en élevage a permis de mettre en évidence les facteurs de risques du métier d'éleveur cunicole et l'importance de positionner les conditions de travail de l'éleveur au premier plan dans les prises de décision et les orientations de la filière (Pichard *et al.*, 2015). Or, actuellement il n'existe aucune méthode pour évaluer les conséquences d'une innovation sur les conditions de travail du producteur.

L'objectif du travail réalisé est d'adapter la méthode Bilan Travail aux élevages cunicoles (appelé ici Bilan TEC) dans le but d'évaluer les

conséquences de changements de pratiques sur le travail en élevage à la fois en termes de temps, d'organisation du travail et de pénibilité des tâches.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Adaptation de la méthode Bilan Travail et définition des indicateurs

**Organisation du travail.** La méthode Bilan Travail (Dedieu et Servière, 1999) vise à quantifier les temps de travaux dans un élevage. Elle distingue le travail d'astreinte (quotidien ou non quotidien), qui ne peut pas être reporté/décalé dans le temps, et le travail de saison (moissons, labour, fenaïson...). Les tâches sont ainsi regroupées selon leur rythme de réalisation au cours d'une année dans les ateliers d'élevage de l'exploitation. Des adaptations ont été apportées à la méthode Bilan Travail car il n'y a pas de travail de saison dans les élevages cunicoles.

A partir de la caractérisation du travail dans le réseau de fermes de référence CUNIMIEUX et d'entretiens réalisés avec les agents du Pôle Expérimental Cunicole de Toulouse (PECTOUL), nous avons défini trois catégories de tâches réalisées en élevage cunicole :

- Le travail semi-quotidien, c'est-à-dire les tâches non différenciables dans le temps et réalisées une ou plusieurs fois dans la semaine tout au long du cycle de production (alimentation...).
- Le travail planifié, c'est-à-dire les tâches réalisées au moins une fois au cours du cycle de production de manière planifiée (insémination, mises bas, sevrage...).
- Le travail de surveillance et gestion des aléas, c'est-à-dire la surveillance quotidienne mais dont la durée n'est pas prévisible car se rajoutent éventuellement le temps de gestion de la santé en cas de problèmes (retraits des cadavres, traitements éventuels...) et la gestion des autres événements imprévus de l'élevage (pannes, incidents...).

**Pénibilité du travail.** Toutes les tâches ont été évaluées sur une échelle de 1 à 5 (1 : peu pénible à 5 : très pénible) à la fois au regard de la pénibilité physique et mentale par les agents de PECTOUL. A partir de cette évaluation, nous avons défini un Index de Pénibilité physique (IPP) et un Index de Stress au Travail (IST) en utilisant la formule suivante :

$$\text{Note de pénibilité } i = \frac{\sum \text{Nb d'heures travail bande } j}{\text{Nb d'heures travail total bande}}$$

avec  $i$  les tâches définies dans le Tableau 2.

### 1.2. Développement du calculateur Bilan TEC

Le calculateur Bilan TEC a été développé avec le logiciel Excel. Il est conçu pour enregistrer sur la durée d'une bande, le temps consacré chaque semaine aux 3 catégories de tâches répertoriées

(voir 1.1.) en maternité et en engraissement. A partir de ces enregistrements, le calculateur permet d'obtenir :

- des indicateurs quantitatifs :

1. le travail semi-quotidien (h/semaine)
2. le travail de surveillance et gestion des aléas (h/semaine)
3. le travail planifié (h/bande)
4. l'Index de Pénibilité Physique (IPP)
5. l'Index de Stress au Travail (IST)

- une représentation graphique des différentes activités ainsi que de leur répartition sur la durée d'une bande.

### 1.3. Validation de la méthode Bilan TEC et analyse de sensibilité

**Définition d'un cas type.** Afin de valider la méthode développée nous l'avons testée en utilisant les données de temps de travail du programme CUNIMIEUX (Coutelet, 2014) sur un cas type correspondant à un élevage cunicole moyen français produisant des lapins de chair (1 UTH pour 550 femelles reproductrices). Dans ce cas type, la conduite se fait en bande unique en système tout plein-tout vide (TPTV) avec une insémination (IA) des femelles tous les 42 jours. Les lapereaux sont sevrés à 35 jours d'âge et soumis à une alimentation restreinte à 80 % de l'*ad libitum* jusqu'à 55 jours avant d'être vendus à 70 jours d'âge.

**Sensibilité pour l'organisation du travail.** Nous avons évalué la sensibilité des résultats concernant l'organisation du travail en comparant trois systèmes de production différents : système intensif, semi-intensif et extensif (Theau-Clément *et al*, 2016). Les systèmes diffèrent en termes de rythme de reproduction des femelles c'est-à-dire l'intervalle entre deux IA (35, 42 ou 49 j, respectivement), l'âge au sevrage (32, 35 ou 30 j) et l'âge à l'abattage des lapins (63, 70 ou 70j). Afin de ne pas confondre l'effet d'enchaînement des tâches et la variabilité de leur durée en fonction des performances (la durée de gestion du chantier de mise bas par exemple dépend du taux de fertilité), nous avons considéré que les performances zootechniques de ces trois systèmes étaient identiques.

**Sensibilité pour le temps de travail.** Nous avons évalué la sensibilité concernant le temps de travail en comparant plusieurs systèmes différant par le mode de reproduction, comme décrit par Coutelet (2014) : IA ou saillie naturelle (SN) et par le nombre de femelles en production : IA > 650 femelles (IA++), IA entre 400 et 650 femelles (IA+), IA < 400 femelles (IA-) et SN.

**Sensibilité pour la pénibilité du travail.** Nous avons évalué la sensibilité des indicateurs IPP et IST i) aux variations du temps de travail global par bande et du temps de travail consacré aux tâches les plus pénibles ; ii) à des changements de pratiques

affectant la durée ou la pénibilité des tâches comme décrit par Coutelet (2014) tel que : le système d'alimentation, automatique ou non en maternité et engraissement ; la conduite du système : TPTV ou non .

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Organisation et temps de travail

Dans le Bilan TEC, on distingue le travail semi-quotidien qui se répartit en 6 tâches, le travail de surveillance et de gestion des aléas et le travail planifié qui correspond à 8 tâches différentes (Tableau 1).

**Tableau 1 : Description des différentes tâches du travail en élevage cunicole dans Bilan TEC**

Tâches	Description	Note pénibilité physique	Note pénibilité psychique
<i>Travail quotidien</i>			
Alimentation manuelle	Remplissage des trémies et contrôle	5	2
Nettoyage et désinfection	Evacuation des déjections	5	2
Allaitement et contrôle des nids	Ouverture et fermeture des nids, contrôle des animaux	2	2
Transfert des animaux	Transports d'animaux hors sevrage	5	2
Enregistrements	Enregistrement des données	2	4
Travaux courants	Réparation/entretien matériel, etc...	2	2
<i>Travail de surveillance et gestion de la santé</i>			
	Surveillance de l'état de santé des animaux, de la mortalité, etc...	3	4
<i>Travail planifié</i>			
IA	IA des femelles	3	3
Palpations	Palpations des femelles	4	3
Mises-bas	Contrôle des MB et adoptions	3	3
Boîtes à nids	Mise en place et enlèvement des nids	4	2
Sevrage	Transfert des animaux	4	3
Ventes	Chargement des lapins	5	2
Gros nettoyage	Nettoyage complet et désinfection	5	2
Prophylaxie	Vaccins, traitements,	3	2

**Application au cas type.** Le temps de travail global pour le cas type est de 370,1 h/bande (Figure 1) ce qui représente une durée de travail de 3,03 h/femelle/an. Mais la méthode permet de mettre en évidence que cette moyenne cache de grandes disparités entre les semaines. En effet, le temps de travail hebdomadaire varie entre 20 h et 59,6 h ce qui est tantôt très inférieur et tantôt très supérieur au temps de travail hebdomadaire moyen dans les autres catégories socio-professionnelles. Cette forte variabilité s'explique par le travail planifié dont la durée est très hétérogène d'une semaine à l'autre (entre 0 et 40,2 h/semaine quand il y a le nettoyage après les ventes et le sevrage). Le travail planifié représente 44,5 % du temps de travail total (au total 164,8 h/bande). Concernant le travail quotidien, il est en moyenne de 15,5 h/semaine et celui de surveillance de 3,2 h/semaine.

**Sensibilité aux pratiques.** Dans les 3 systèmes que nous avons comparés et qui ont été décrits par Theau-Clément *et al.*, (2016) le temps de travail global estimé est de 359,8 h/bande (système semi-intensif), 360,6 h/bande (système extensif) et

373,4 h/bande (système intensif). Conformément à notre choix de considérer que les performances entre les trois systèmes sont identiques, la variabilité en termes de temps de travail est assez faible si l'on considère le temps de travail total sur le cycle de production. En revanche, la méthode permet de bien mettre en évidence les différences concernant le travail planifié à la fois en quantité puisqu'il représente 153,4 h/bande dans le système semi-intensif, 159 h/bande dans le système extensif et 176,4 h/bande dans le système intensif, mais surtout dans sa dynamique (Figure 2). Selon le système, les tâches planifiées sont concentrées ou non dans le temps, par exemple le rythme de reproduction intensif impose des semaines plus chargées (semaines 1, 5, 6 et 10) que les autres systèmes (Figure 2a).

De même, la méthode permet de montrer que dans un système en saillie naturelle (SN) avec une conduite « à la semaine » tel que décrit par Coutelet (2014), le temps de travail global est de 424,6 h/bande réparti en 22,4 h/semaine de travail quotidien, 1,6 h/semaine de travail de surveillance et gestion des aléas et 14,6 h/semaine de travail planifié. Dans ce type de conduite, le temps de travail hebdomadaire est identique pour toutes les semaines de la bande (Figure 2d) contrairement aux systèmes en bande unique et utilisant l'IA (IA-, IA+, IA++, Coutelet, 2014) pour lesquels le travail varie considérablement suivant les semaines.

### 2.2. Pénibilité du travail.

**Application au cas type.** Les notes de pénibilité attribuées à chacune des tâches sont reportées dans le Tableau 1. Appliquées au cas type, nous montrons que dans un système cunicole français moyen l'IPP et l'IST sont respectivement de 3,54 et 2,51. Ainsi, si le niveau de stress peut être considéré comme moyen, le travail physique en élevage cunicole est ressenti comme globalement assez pénible. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Fouchez *et al.* (2015), qui ont montré que 60% des éleveurs cunicoles sondés avaient déjà eu des douleurs au dos, aux épaules et/ou aux mains.

### Sensibilité aux pratiques.

Si on réduit de 5,8% le temps de travail total grâce à une diminution de 50% du temps consacré à l'alimentation (tâche notée 5 en termes de pénibilité), l'IPP est réduit de 2,6 %. Pour faire varier l'IPP de manière significative (par exemple >5%), le temps de travail global doit varier de 10 % au moins. Par exemple, l'IPP réduit de 6,8 % en diminuant de 50 % le temps consacré à l'alimentation et au nettoyage (-14,1 % de temps de travail par bande). De même, l'IST augmente de 5,1% lorsque le temps consacré à la surveillance (tâche notée 4 en termes de pénibilité psychique) est doublé (+9,5% de temps de travail par bande).

Si la note de pénibilité physique de la tâche « gros nettoyage » diminue de 5 à 2, en cas d'externalisation

de la tâche à des prestataires extérieurs par exemple, l'IPP diminue de 8 % (3,26 vs 3,54).

Le passage à une alimentation automatique en maternité et en engraissement réduit l'IPP est de 8,8 % (3,84 vs 3,50) tandis que l'IST augmente de 11% (2,30 vs 2,55). Cela est expliqué par une réduction du temps consacré à l'alimentation (tâche notée 5 en termes de pénibilité physique) et une augmentation du temps de surveillance (tâche notée 4 en termes de stress). L'IPP et l'IST sont similaires dans les systèmes TPTV ou non (3,49 vs 3,50 pour l'IPP ; 2,59 vs 2,55 pour l'IST).

Ces résultats montrent que les indicateurs IPP et IST sont sensibles aux choix techniques réalisés par les éleveurs de la filière.

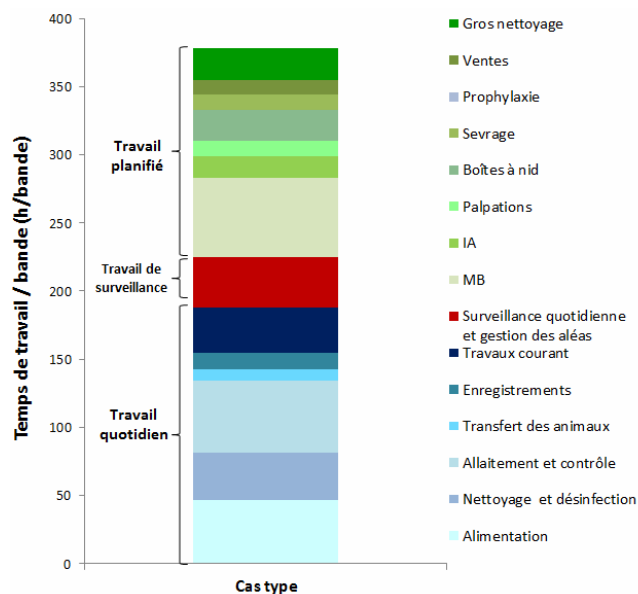
## Conclusions

Nous proposons une méthode d'évaluation du travail en élevage cunicole qui permet de façon simple et discriminante (i) d'évaluer l'organisation du travail en distinguant le travail semi-quotidien, le travail planifié et le travail de surveillance et gestion des aléas ; (ii) d'évaluer la pénibilité du travail grâce à l'IPP et l'IST et (iii) de connaître la répartition des tâches entre activités et dans le temps sur la durée d'une bande. Cependant, la méthode doit encore être appliquée sur le terrain, afin d'évaluer le temps nécessaire à sa mise en œuvre. La grille de notation de la pénibilité des tâches doit également être confrontée à des éleveurs d'âge et de sexe différents et ayant des systèmes variés. A termes, grâce à ses indicateurs quantitatifs et sensibles aux variations de pratiques, l'outil pourrait ainsi être utilisé dans le cadre de l'évaluation multicritère de la mise en œuvre d'innovations en élevage cunicole (nouveaux logements par exemple).

## Remerciements

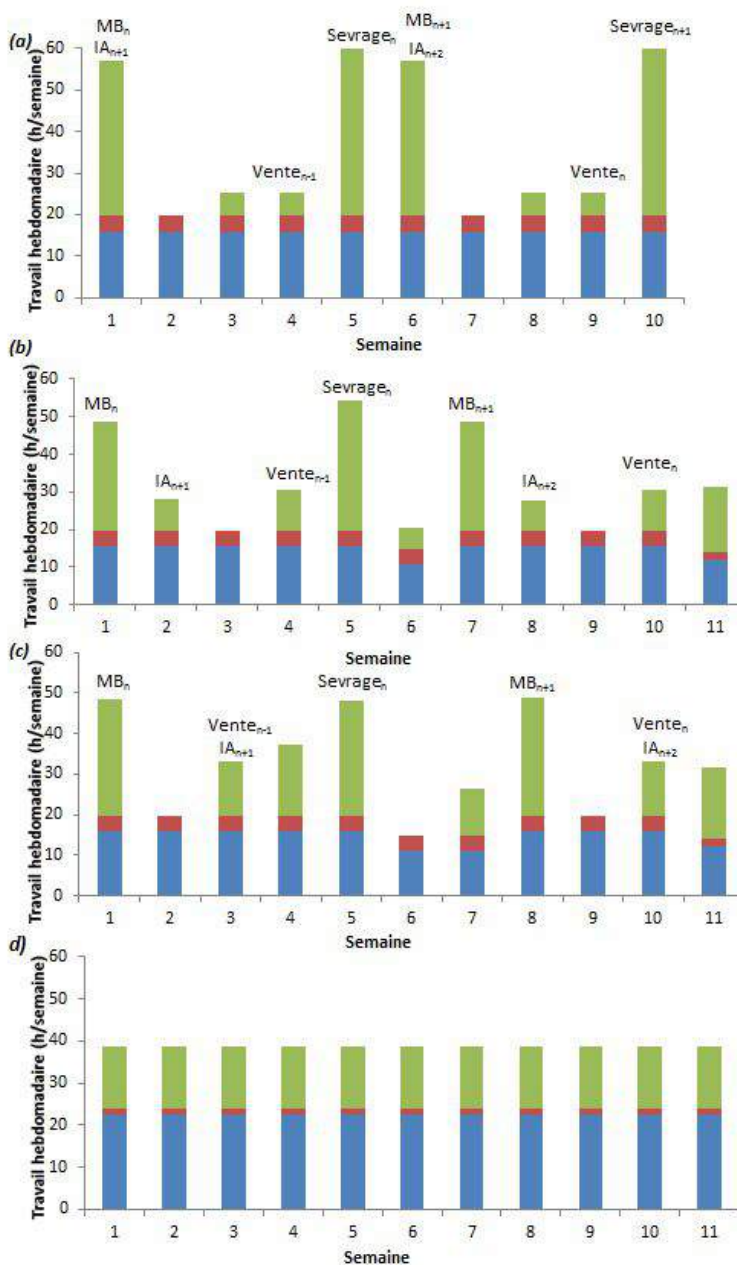
Nous remercions le personnel de l'unité expérimentale PECTOUL (INRA, Toulouse) pour son aide et implication dans le développement de Bilan TEC.

Figure 1 : Temps de travail sur une bande dans le système « Cas type ».



## Références

- Chauvat, S et Cournut, S. (2009). Référentiels travail : synthèse de 600 Bilans Travail dans 7 filières herbivores et monogastriques. 3èmes Rencontres "Travail en Elevage".
- Coutelet, G. (2014). Réseau de fermes de références cunicoles. Programme Cunimieux. Résultats de la campagne 2012-2013. Rapport d'études. 54 pp.
- Dedieu, B. et Servière, G. (1999). Caractériser et évaluer l'organisation du travail en élevage : La méthode "Bilan Travail". FaçSADe (1), 1-4.
- Fouchez, L., Tessereau, A., Greffard, B., Bruhier, A. (2015). Les facteurs de variation de la pénibilité du travail en élevage cunicole. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole.
- Pichard, B., Mailloux, C., Orhant, E., Guillo, S., Lozagic, A., Jagut, N., Dasse, F. (2015). Eléments de diagnostic des conditions de travail en élevage cunicole. Etude exploratoire. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole.
- Theau-Clément M., Guardia S., Davoust C., Galliot P., Souchet P., Bignon L., Fortun-Lamothe L. (2016). Performance and sustainability of two alternative rabbit breeding systems. World Rabbit Sci. 24, 253-265.





# **BIEN ÊTRE ANIMAL ET COMPORTEMENT**



## CONSTRUCTION D'UNE MÉTHODE PRATIQUE ET PARTAGÉE D'ÉVALUATION DU BIEN-ÊTRE DU LAPIN D'ÉLEVAGE : EBENE

Warin L., Mika A., Souchet C., Bouvarel I., Bignon L.

<sup>1</sup> ITAVI, Centre INRA Val-de-Loire, 37380 Nouzilly - France

Correspondant : warin@itavi.asso.fr

**Résumé** – L'objectif du projet EBENE (Evaluation du BiEN-Etre-animal) est de mettre à disposition des filières avicole et cunicole une méthode d'évaluation du bien-être, pratique et partagée par les professionnels. Cet article a pour but de présenter le cadre général de cette méthode et l'état d'avancement de la palette d'indicateurs à mesurer. Le cadre conceptuel de la méthode a été élaboré en s'inspirant du projet européen Welfare Quality® afin de définir des principes et critères du bien-être, communs à toutes les espèces, tout en déclinant ces critères en indicateurs du bien-être spécifiques aux différentes espèces. Pour le lapin, des indicateurs ont notamment été définis pour les femelles en maternité et évalués via plusieurs passages dans les bâtiments pour observer les animaux. En vue d'améliorer le protocole de mesure, la faisabilité et la fiabilité de la méthode ont été évaluées via 8 visites en élevages. Concernant la faisabilité, le temps d'évaluation a été mesuré pour 5 de ces 8 visites. L'évaluation a duré en moyenne 52 min ± 4 min, ce qui est supérieur aux attentes des professionnels (éleveurs, techniciens, vétérinaires, ...). Pour simplifier le protocole, les coefficients de corrélation entre indicateurs ont été étudiés via le test de Spearman. Les observations des torticolis avec et sans manipulation étaient positivement corrélées ( $\rho = 0,54$ ;  $p < 0,1$ ); ainsi, seule l'observation sans manipulation a été retenue. Les indicateurs Sale et Diarrhée étaient positivement corrélés ( $\rho = 0,67$ ;  $p < 0,1$ ) donc seul l'indicateur Sale a été conservé. Les indicateurs Couché et Activité étaient corrélés négativement ( $\rho = -0,90$ ;  $p < 0,05$ ) donc seul l'un des 2 indicateurs pourra être retenu après concertation avec la filière. La fiabilité a été évaluée au travers des mêmes visites en élevage via un test de corrélation de Spearman. Deux évaluateurs étaient présents à chaque visite et réalisaient l'évaluation simultanément sans échanger sur les observations, et les mêmes évaluateurs ont renouvelé leur visite sur 2 jours consécutifs. Vingt indicateurs sur 27 étaient répétables à très répétables entre 2 évaluateurs et 15 sur 27 pour un même évaluateur ( $\rho > |0,40|$ ;  $p < 0,1$ ). Ce protocole a encore vocation à évoluer pour réduire le temps d'évaluation, tout en optimisant la fiabilité des indicateurs retenus. Nous envisageons que le protocole final soit, à terme, utilisable par les éleveurs, techniciens et/ou vétérinaires via une application développée pour smartphones et tablettes.

**Abstract – Development of a shared and practical method for welfare assessment in rabbit breeding: EBENE.** The objective of the welfare project EBENE (Evaluation du BiEN-Etre animal) is to provide the French poultry and rabbit industries with a shared and practical method to assess animal welfare. This paper aimed to present the EBENE method for rabbits and the welfare indicators. The EBENE method is based on the Welfare Quality® project and similar principles and criteria to assess animal welfare were chosen. Relevant rabbit welfare indicators were defined for reproducing female and evaluated through repeated visits in 8 breeding units and manipulations of the animals, or not. To improve the protocols and the indicators, the feasibility and scientific reliability of the indicators and their measures were assessed in 5 rabbit farms. The duration of the measures was 52 min ± 4 min (5 farms). The total duration was longer than required in the objectives. Spearman correlation tests were also run to simplify the protocol. The stiff-neck assessments with or without handling the rabbits were correlated ( $\rho = 0.54$ ;  $p < 0.1$ ), so only the assessment without handling will be kept. The indicators Dirty and Diarrhoea were positively correlated ( $\rho = 0.47$ ;  $p < 0.15$ ) and Lying and Activity were negatively correlated ( $\rho = -0.90$ ;  $p < 0.05$ ). To assess the reliability of the method, 2 experimenters carried out the measures, initially together on the same population sample and then a second time the following day. The results were then analysed with a Spearman correlation test. Inter-indicators repeatability was validated for 20 indicators over 27 and intra-indicators reliability was validated for 15 over 27 indicators ( $\rho > |0.40|$ ;  $p < 0.1$ ). Work will continue to compile results. Following validation, a smartphone application will be developed to facilitate the use of the method.

## Introduction

Le contexte actuel rend essentiel d'objectiver le bien-être des animaux de rente afin de démontrer à la société la capacité des éleveurs à le satisfaire. Cette objectivation passe par une évaluation du bien-être des animaux qui implique la mesure d'indicateurs précis (Rousing et al., 2001). Cette demande se traduit dans les textes officiels internationaux les plus récents par des obligations de résultats et de responsabilisation des acteurs (formation au bien-être animal, guides de bonnes pratiques...). Par exemple, une spécification technique a été publiée en 2016 par l'ISO sur le bien-être animal pour aider à l'application du code sanitaire pour les animaux terrestres de l'OIE (ISO/TS 34700). Cette spécification technique est une norme de gestion dans laquelle des indicateurs de bien-être doivent être définis, de même que des méthodes d'observation. Ces indicateurs doivent être reconnus scientifiquement tout en étant mesurables dans un cadre de temps réaliste en élevage commercial.

L'objectif de cet article est de présenter le cadre général de la méthode EBENE d'évaluation du bien-être des animaux en élevage cunicole et l'état d'avancement de la palette d'indicateurs à mesurer qui a été envisagée.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. La méthode EBENE

La méthode EBENE a été développée pour permettre aux professionnels des filières avicoles et cunicole (éleveurs, techniciens et vétérinaires) de disposer d'une méthode d'évaluation du bien-être pratique et valide, basée sur des indicateurs mesurables directement sur les animaux.

### 1.2. Une base scientifique

La méthode Welfare Quality® (2009) a servi à l'élaboration du cadre conceptuel de la méthode EBENE. Le cadre méthodologique a été en revanche inventé pour la production cunicole car la méthode Welfare Quality® a été développée pour de nombreuses espèces (poules pondeuses, bovins, ...), mais pas pour le lapin.

### 1.3. Une démarche participative

Pour faciliter l'adhésion à la méthode et son appropriation par les professionnels, ces derniers ont été impliqués dès le début de la démarche. Un groupe multi-espèces a été constitué pour définir le cadre conceptuel. Les indicateurs et méthodes de mesure ont été déclinés et discutés au sein de groupes de travail spécifiques à chaque filière, et amendés, modifiés ou supprimés selon les débats. Pour favoriser le consensus entre les différentes parties prenantes, un dialogue a été instauré dès le début de la démarche avec des associations de protection animale (Welfarm et CIWF),

des scientifiques (ISA de Lille, Anses, CNRS, INRA et Oniris), des distributeurs, la restauration hors domicile et l'administration.

Ces discussions ont abouti à l'établissement d'un cadre conceptuel et d'un cadre méthodologique, avec une liste d'indicateurs à tester en maternité et en engraissement, et à des protocoles de mesures associés.

### 1.4. Faisabilité de la méthode

A ce jour, la faisabilité de la méthode retenue en élevage cunicole a été évaluée au cours de 8 visites. Chaque phase du protocole a été chronométrée : questionnaire, évaluation comportementale et évaluation sanitaire. Un travail complémentaire a été réalisé en vue de simplifier la méthode retenue.

### 1.5. Fiabilité de la méthode

La fiabilité a été évaluée en testant la répétabilité des indicateurs observés sur les lapines en maternité.

Pour tester la répétabilité inter-évaluateurs des indicateurs, deux évaluateurs étaient présents à chaque visite et réalisaient l'évaluation simultanément sans échanger sur les observations. Pour tester la répétabilité des indicateurs d'un jour à l'autre, les mêmes évaluateurs ont renouvelé leur visite le lendemain à la même heure.

### 1.6. Traitement des données

Les données collectées ont été traitées avec le logiciel R (3.1.3) à l'aide de tests non paramétriques. L'ensemble des résultats est exprimé en pourcentage d'individus par rapport à la population observée. Ainsi, les occurrences ont été transformées en pourcentage.

La faisabilité a été évaluée en sommant puis en moyennant les temps totaux nécessaires pour réaliser l'évaluation. Pour simplifier le protocole, les corrélations entre indicateurs ont été testées via le test de corrélation de Spearman. Les indicateurs sont dits corrélés lorsque les coefficients de corrélations ( $\rho$ ) sont tels que  $\rho \geq |0,70|$  et la valeur de  $p$  inférieure à 0,1.

La fiabilité des observations a été testée via le test de corrélation de Spearman. Les indicateurs présentant un coefficient de corrélation de Spearman élevé ( $\rho \geq 0,70$ ) (Martin & Bateson, 2013 d'après Sprinthall, 2003) et respectant un seuil de probabilité inférieur à 10% ont été considérés comme très répétables. Les indicateurs présentant un coefficient de corrélation de Spearman modéré ( $0,40 \leq \rho < 0,70$ ) et respectant un seuil de probabilité inférieur à 10% ont été considérés répétables. Lorsque le seuil de probabilité était supérieur à 0,1 et/ou le coefficient de corrélation inférieur à 0,40, alors les indicateurs étaient considérés comme non répétables.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Cadre conceptuel

Les professionnels impliqués dans le projet ont défini le cadre conceptuel de la méthode EBENE d'évaluation du bien-être, l'objectif étant de développer un outil de progrès pour les filières, en adéquation avec les attentes de la société.

Le cadre conceptuel repose sur 4 principes et 12 critères permettant d'illustrer le bien-être animal (Tableau 1). Il est le même pour les productions avicole et cunicole. La méthode prévoit ensuite d'illustrer ces critères à l'aide d'indicateurs, pour la plupart basés sur l'animal et comportant des spécificités en fonction de l'espèce considérée. La transformation des indicateurs en score puis l'agrégation de ces indicateurs par critère permettra, à terme, de disposer d'un résultat pour chaque critère, comparable à une référence, en vue de dégager des axes de progrès.

**Tableau 1: Principes et critères retenus pour évaluer le bien-être dans la méthode EBENE**

Principes	Critères
<b>Bonne alimentation</b> (BA)	Accès à une alimentation adaptée (A)
	Accès à un abreuvement adapté (B)
<b>Bon environnement</b> (BE)	Confort au repos (C)
	Confort d'ambiance (D)
	Capacité de mouvement (E)
<b>Bonne santé</b> (BS)	Soins aux animaux malades ou blessés (F)
	Prévention des animaux malades ou blessés (G)
	Bonnes pratiques des interventions sur l'animal (H)
	Comportement du groupe (I)
<b>Comportements appropriés</b> (CA)	Adaptation aux exigences comportementales de l'espèce (J)
	Comportement professionnel approprié vis-à-vis de l'animal (K)
	Prévention de peur, stress (L)

### 2.2. Co-construction de la méthode en filière cunicole et choix des indicateurs

Le travail sur les indicateurs s'est accompagné d'une recherche bibliographique pour les adapter à l'espèce cunicole. Les indicateurs de bien-être directement mesurables sur les lapins sont présentés dans le Tableau 2. Ces indicateurs ne sont pas définitifs et cette liste est amenée à évoluer, puis les indicateurs seront répartis par critère pour illustrer ceux-ci.

#### Protocole en maternité

L'évaluation a été réalisée en maternité entre 21 et 28 jours après mise-bas. Huit élevages ont été évalués entre janvier 2017 et août 2017.

L'évaluation débute par un questionnaire pour relever notamment des indicateurs du bien-être non observables sur les animaux (densité, mortalité).

### Premier passage sans manipulation

Au cours d'un premier passage dans les bâtiments d'élevage, les indicateurs 1 à 9 (Tableau 2) qui ne nécessitent pas de manipulation, ont été observés sur la moitié des cages en maternité pour un échantillonnage représentatif.

### Second passage avec manipulation

Au cours d'un second passage dans les bâtiments, un échantillon de 30 lapines bien réparties dans le bâtiment a été manipulé. Les indicateurs 3 à 6 et 9 à 13 ont été évalués (Tableau 2).

### Troisième passage sans manipulation

Un troisième passage a ensuite été effectué pour évaluer les indicateurs 14 à 20 sur 50 femelles (Tableau 2).

### 2.3. Faisabilité de la méthode

#### Durée

En maternité l'évaluation a nécessité en moyenne  $52 \pm 4$  min, et  $52 \pm 5$  min en engraissement. Evaluer un élevage cunicole nécessite donc presque 2h, ce qui est supérieur aux attentes des professionnels et impliquera d'être simplifié à l'avenir.

#### Simplification de la méthode en maternité

L'analyse des corrélations entre indicateurs indique que les observations des torticolis avec et sans manipulation sont corrélées ( $\rho = 0,54$ ;  $p < 0,01$ ). Seule l'observation sans manipulation sera donc retenue.

Les indicateurs Sale et Diarrhée sont positivement corrélés ( $\rho = 0,76$ ;  $p < 0,1$ ) donc seul l'un de ces indicateurs sera conservé.

Les indicateurs Couché et Activité sont corrélés négativement ( $\rho = -0,90$ ;  $p < 0,05$ ) donc seul l'un d'entre eux sera retenu.

### 2.4. Fiabilité de la méthode en maternité

Les résultats des tests de fiabilité sont présentés dans le Tableau 3. Vingt indicateurs sur 27 sont répétables entre 2 évaluateurs, et 15 sur 27 pour un même évaluateur.

L'indicateur Mammite devra être mieux défini pour une meilleure répétabilité entre évaluateurs. L'indicateur Anomalies Oreilles sera supprimé de la partie sans manipulation car non répétable.

L'indicateur Interaction n'est pas répétable et nécessitera également d'être défini de façon plus précise ou d'être supprimé de l'évaluation.

**Tableau 2 – Indicateurs du bien-être pour les lapines en maternité**

Principe	Critère	Indicateurs	Définitions
CA	L	1-Nerveux	Tape des pattes, tourne en rond
CA	J	2-Agressif	Lapines se jetant sur le grillage, protégeant ses lapereaux
BE	C	3-Sale	Présence de crottes ou urine sur le pelage
BS	G	4-Lésions aux yeux	Paupières rouges, fermées, cornée infectée, présence de pus
BS	F	5-Perte de poils	Zone sans poils, peau sèche et plaques rouges
BS	G	6-Torticolis	Animal dont la tête est penchée et qui a du mal à garder son équilibre
BS	H	7-Douleur	Activité réduite, anomalie posturale
BS	G	8-Anomalies oreilles	Croûtes, excédents de peaux ou infections au niveau du marquage
BS	F	9-Plaies	Plaies et blessures
BS	F	10-Pododermatites	0 : rien ; 1 : rouge ou ulcération
BS	G	11- Diarrhée	Arrière-train souillé
BS	G	12-Abcès	Collection de pus fermée ou ouverte
BS	G	13-Mammites	Congestion de la mamelle
CA	I	14-Interaction sociale	Interactions positives entre lapines ou entre lapereaux
BE	C	15-Couché / Activité	Allongé, au repos / Se déplace calmement, explore, se toilette, ...
BE	D	16-Etendue	Animal en posture étendue présentant des oreilles rouges
BE	E	17-Redressement	Se dresse sur ses pattes arrières
BE	E	18-Déplacement / Bond	Course, marche / Fait au moins 2 sauts consécutifs
CA	J	19-Stéréotypie	Rongement continu du grillage
CA	L	20- Peur	Blotti

**Tableau 3: Résultats des tests de corrélation pour les indicateurs du bien-être**

		Entre deux évaluateurs	Pour un même évaluateur
1er passage sans manipulation	Nerveux		
	Agressif		NA
	Sale		
	Lésions Yeux		
	Perte Poils		
	Torticolis		
	Douleur		
	Anomalie Oreilles		NA
	Plaies		
	2ème passage avec manipulation	Podo0	
Podo1			
Diarrhée			
Sale			
Abcès			
Plaies			
Lésions Yeux			NA
Perte Poils		NA	
Mammite			
Torticolis			
3ème passage sans manipulation	Interaction		
	Activité		
	Couchée		
	Etendue		
	Redressement	NA	NA
	Bonds	NA	NA
	Stéréotypie	NA	NA
Peur			

En vert indicateurs répétables à très répétables, en orange indicateurs non répétables et NA : Non Analysable.

Certains indicateurs comportementaux n'ont pas pu être analysés car trop peu observés (Tableau 3). Ceci est en partie lié au système de logement étudié (cages conventionnelles) qui ne permet pas forcément aux lapines d'exprimer la palette de comportements envisagés. Ces derniers seront malgré tout conservés pour des observations futures, notamment dans d'autres systèmes d'élevage.

## Conclusions

Un cadre conceptuel pour le développement de la méthode EBENE d'évaluation du bien-être en filière cunicole a été défini et validé avec différentes parties prenantes. Des tests en élevage ont permis de tester un premier protocole de mesure d'indicateurs et de proposer des pistes de simplification et d'amélioration de celui-ci pour la partie maternité. Des analyses similaires seront effectuées pour la partie engraissement et un protocole final sera alors proposé et testé en élevage. Si ce protocole s'avère satisfaisant, une application pour smartphone sera alors développée pour une utilisation simple de la méthode et un accès direct aux résultats de l'évaluation.

## Remerciements

Les auteurs remercient les financeurs de cette étude (FranceAgriMer, DGAL et CLIPP) et les membres des groupes de travail tant professionnels que de la société civile qui nous ont permis la réalisation de ce travail.

## Références

- Martin P., Bateson P., 2013. Measuring Behaviour. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rousing M. T., Bonde M., Sorensen J. T., 2001. Aggregating Welfare Indicators into an Operational Welfare Assessment System: A Bottom-up Approach. Acta Agric. Scand. 57, 51-53.
- Sprinthall R. C., 2003. Basic statistical analysis, 7<sup>th</sup> edition. Boston: Allyn and Bacon
- Welfare Quality, 2009. Welfare Quality assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Lelystad, Pays-Bas: Welfare Quality Consortium.

# COMPORTEMENT MATERNEL PÉRIPARTUM CHEZ LA LAPINE DOMESTIQUE DE POPULATION LOCALE ALGÉRIENNE ÉLEVÉE EN CAGE

## Iles I.

*École Nationale Supérieure Vétérinaire, rue Issad Abbas, Oued Smar, Alger, Algérie*

Correspondant : iles\_imene@yahoo.fr

**Résumé:** Cette étude, menée sur 160 lapines d'une population locale algérienne, avait pour objectif de décrire le comportement péripartum de femelles élevées en cages individuelles. Cinq critères liés au comportement maternel ont été analysés: confection du nid, qualité du nid, lieu de mise-bas, allaitement de la portée et cannibalisme néonatal. Nos résultats, basés sur 237 mises-bas, indiquent que pour 91,1% des parturitions, les femelles ont préparé un nid. Ce comportement n'a pas été influencé par la saison ni par la parité ( $P>0,05$ ). La confection du nid a débuté, pour 72% des mises-bas, durant les 24 heures qui précèdent le part, et 93% des nids étaient de bonne qualité. Après le part, 93,2% des lapines ont allaité leur portée. Le cannibalisme portant sur la totalité de la portée a concerné 2,5% des mises-bas. Les taux de mise-bas hors boîte-à-nid, de cannibalisme et d'abandon de portée ont été plus élevés chez les lapines n'ayant pas construit de nid en comparaison de celles ayant édifié un nid (respectivement  $33,3\pm 10,5\%$  vs  $5,5\pm 1,6\%$ ,  $P<0,001$ ;  $33,3\pm 10,5\%$  vs  $8,8\pm 1,9\%$ ,  $P<0,01$  et  $56,2\pm 12,8\%$  vs  $2,4\pm 1,0\%$ ,  $P<0,001$ ). Ces résultats soulignent que, dans les conditions locales d'élevage, la préparation du nid est étroitement associée aux autres aspects du comportement maternel, tels le lieu de mise-bas et les soins portés aux nouveau-nés.

**Abstract: Maternal peripartum behavior in cage-bred domestic rabbits from an Algerian local population.** This study, carried out in 160 rabbit does, aimed to describe peripartum behavior of females raised in individual cages. Five criteria related to maternal behavior were analyzed: nest-building, nest quality, place of birth, nursing and neonatal cannibalism. Our results, based on 237 parturitions, indicate that for 91.1% of them, females prepared a nest. This behavior was not influenced by season or parity ( $P>0.05$ ). The nest-building started for 72% during the 24 hours before parturition, and 93% of the nests were of good quality. After parturition, 93.2% of the female nursed their litter. Cannibalism for the entire litter affected 2.5% of the litters. Parturition out of the nest-box, cannibalism and abandoned litter rates were higher in females that did not build a nest in comparison with those having built a nest ( $33.3\pm 10.5\%$  vs  $5.5\pm 1.6\%$ ,  $P<0.001$ ;  $33.3\pm 10.5\%$  vs  $8.8\pm 1.9\%$ ,  $P<0.01$ ;  $56.2\pm 12.8\%$  vs  $2.4\pm 1.0\%$ ,  $P<0.001$ , respectively) These findings underline that in the local conditions of breeding, nest preparation is closely associated with other aspects of maternal behavior, such as the place of birth and care of offspring.

## Introduction

Dans son milieu naturel, la lapine adopte un comportement spécifique à l'approche de la mise-bas: elle creuse un terrier, y prépare un nid formé de brindilles et de poils prélevés sur son corps. Après le part, elle ingère les placentas, allaite brièvement sa portée, dépose éventuellement des crottes dures dans le nid, puis quitte le terrier en camouflant son entrée. Elle ne viendra ensuite visiter sa portée qu'à l'occasion de la tétée soit une fois toutes les 24 heures (González-Mariscal et al., 2016). Dans les élevages modernes, les lapines reproductrices sont généralement élevées en cages individuelles ; celles-ci ont l'avantage de limiter la mortalité des lapereaux, en comparaison des élevages où les lapines vivent par petits groupes dans des enclos (Szendrő et al., 2013). Néanmoins, en cages individuelles, les lapines n'ont pas la possibilité d'exprimer tous les aspects de leur comportement, et plus particulièrement ceux liés à la période péripartum (creusement, collecte de brins d'herbe, fermeture de l'entrée du nid). En conséquence, les femelles sont susceptibles de

présenter des troubles du comportement maternel, affectant la survie des nouveau-nés.

En Algérie, plusieurs travaux ont permis de définir les paramètres zootechniques et physiologiques de la population cunicole locale (Zerrouki et al., 2005). Néanmoins, peu d'études ont ciblé le comportement (Ilès et al., 2013), et plus particulièrement, le comportement de la lapine à l'approche de la mise-bas. Notre étude a été menée dans le but de caractériser, chez cette population, le comportement maternel de lapines élevées en cages individuelles, et de déterminer l'effet de certains facteurs intrinsèques (parité, taille de portée) ou extrinsèques (saison) sur les différents aspects de ce comportement maternel en période péripartum.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Animaux et conditions d'élevage

L'étude, menée dans le clapier expérimental de l'ENSV d'Alger, a porté sur 160 lapines nullipares, de phénotype coloré, issues de la population de la région

de Tizi-Ouzou. Les lapines ont été logées individuellement dans des cages grillagées mesurant 62,0 x 46,5 x 29,0 cm (Longueur x largeur x hauteur). Les boîtes-à-nid (BN) en bois étaient fixées à l'extérieur de la cage maternelle. Les animaux ont été soumis à la lumière naturelle. La température ambiante et l'hygrométrie relative enregistrées durant l'expérimentation ont été respectivement de 20,9±5,3°C et 69,0±11,3%. L'aliment d'origine commerciale (SARL « La Production Locale », Bouzaréah) et l'eau étaient disponibles *ad libitum*. Les lapines ont été mises à la reproduction entre 4,5 et 5 mois d'âge, alors qu'elles avaient un poids corporel moyen de 3080±26 g. Le rythme de reproduction était de type semi-intensif, avec une saillie naturelle réalisée entre J11 et J14 *post-partum*. Les BN, tapissées de copeaux de bois, étaient installées une semaine avant la date présumée de mise-bas, sur la base d'une gestation de 31 jours. Les femelles avaient libre accès à leur BN tout au long de l'expérience.

### 1.2. Mesures

L'évaluation du comportement maternel péripartum s'est basée sur cinq critères:

- la construction du nid: définie par la présence ou l'absence de poils dans la BN le jour de la mise-bas. Les BN ont été inspectées deux fois par jour durant la semaine qui précède la mise-bas, afin de définir le jour marquant l'apparition de poils dans la boîte-à-nid (7 niveaux : [0-1], [1-2], [2-3], [3-4], [4-5], [5-6] et [6-7] jours avant la mise-bas).
- la qualité du nid le jour de la mise-bas: les nids construits ont été classés en deux catégories (bon/mauvais) selon la quantité de poils. Ont été considérés comme de bons nids ceux comportant suffisamment de poils pour permettre aux nouveaux nés de s'y camoufler.
- le lieu de mise-bas: boîte-à-nid/hors boîte-à-nid. Le lieu est qualifié hors boîte-à-nid lorsqu'au moins un nouveau-né a été retrouvé dans la cage maternelle (González-Redondón et Zamora-Lozano, 2008) ou à terre.
- le cannibalisme: lors de la première inspection du nid suivant la mise-bas, les nouveau-nés ont été observés individuellement afin de relever les cas de cannibalisme, c'est-à-dire le fait qu'au moins un des nouveau-nés a été mutilé par la lapine (Denenberg et al., 1960). Lorsque le cannibalisme a porté sur l'ensemble de la portée il a été qualifié de total, par opposition au cannibalisme partiel.
- l'allaitement par la mère: ce paramètre a été déterminé par l'observation, ou non, d'une tache de lait dans l'abdomen des nouveau-nés durant les 24 heures qui suivent la mise-bas (Coureaud et al., 2000). Le poids corporel des lapines, la taille et le poids de la portée (nés totaux, nés vivants) ont été mesurés le jour de mise-bas.

### 1.3. Analyses statistiques

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel Statistica 6 (StatSoft, France). Des tests Chi2 et exacts de Fisher ont été utilisés pour analyser le comportement péripartum des lapines en fonction de la parité (parité 1, parité 2 et parité 3-4), du nombre des nés totaux/nés vivants (trois catégories: petites, moyennes et grandes portées, respectivement, [1-4], [5-8] et [9-14] nouveau-nés) et de la saison (printemps, été, automne, hiver).

Les relations entre la qualité du nid, le cannibalisme, le lieu de mise-bas et l'allaitement ont été analysées par le Test exact de Fisher. L'impact de la qualité du nid [bon nid, mauvais nid, pas de nid] sur la mortalité a été testé par ce même test. Des analyses de variance (Anova) ont été utilisées pour étudier la taille de la portée (nés totaux/nés vivants) en fonction du comportement maternel. Les résultats sont donnés en « moyenne ± erreur type de la moyenne », et sont considérés comme significatifs pour  $P < 0,05$  et proche de la significativité pour  $P < 0,10$ .

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Construction du nid et lieu de mise-bas

Pour 91,1% des mises-bas, les femelles de population locale ont préparé un nid (Tableau 1). Chez la lapine Dutch-belted, l'incidence de préparation du nid est de 98% (Zarrow et al., 1963). Selon nos données, ce comportement n'a pas été influencé par la parité ni par la saison (Tableau 2). Hamilton et al. (1997) indiquent que la quantité de poils déposés dans le nid ne varie pas selon la saison ou la parité. Parmi les nids confectionnés, 93% étaient de bonne qualité. Pour 72% des parturitions, les lapines ont débuté la préparation du nid dans les 24 heures qui ont précédé la mise-bas, 20,8% entre 2-4 jours et pour 3,6% des mises-bas, la confection du nid a commencé 7 jours avant le part. Le début de l'arrachage des poils semble dépendre de la race. Il s'observe, pour 90%, des lapines Néo-Zélandaises blanches durant le jour précédant le part (Gonzalez- Mariscal, 2001), et pour 86,7% des lapines Dutch-belted le jour de la mise-bas (Zarrow et al., 1963). Ce comportement coïncide avec la chute du taux plasmatique de la progestérone, et avec l'élévation de la prolactine et de la testostérone (González-Mariscal, 2004). Les lapines de parité 1 ont préparé le nid plus précocement que les lapines de parité 3-4 (Tableau 1). Les lapines ayant donné naissance à une grande portée [9-14 nés totaux] ont débuté plus tôt la préparation du nid en comparaison des femelles ayant eu une portée de taille moyenne [5-8 nés totaux] ou petite [1-4 nés totaux] (respectivement: 2,4±0,4 jours, 1,2±0,2 jours et 1,0±0,2 jour,  $P < 0,01$ ). Selon que le nid a été bon, mauvais ou absent, la mortalité a été respectivement de 9,6%, 32,5% et 52,3%, ( $P < 0,001$ ). L'édification d'un nid de bonne qualité est vitale pour les nouveau-nés qui, en absence d'un environnement adéquat, meurent d'hypothermie (Rashwan et Marai,



2000). Le taux de mise-bas hors boîte-à-nid (HBN) a été de 8,4%. Dans 2,5% (n=6) des mise-bas, tous les nouveau-nés de la portée ont été retrouvés en dehors de la boîte-à-nid. Les mises-bas HBN ont été moins

fréquentes en hiver, comparé au printemps (Tableau 2). Les taux de mis bas HBN n'ont pas différé selon la parité (8,5%; P>0,05).

**Tableau 1: Comportement maternel en période péripartum chez la lapine élevée en cage individuelle.**

	Moyenne	Mise bas 1	Mise bas 2	Mise bas ≥3	P
Nombre de mises-bas (n)	237	160	51	26	
Poids de la lapine à la mise-bas (g)	3156,6	3070,6 <sup>a</sup>	3253,6 <sup>b</sup>	3489,5 <sup>c</sup>	< 0,05
Nés totaux (n)	7,1±0,1	7,0±0,1	7,1±0,3	7,8±0,4	0,27
Nés vivants(n)	6,1±0,1	6,1±0,1	5,8±0,4	6,7±0,5	0,35
Poids des nés totaux (g)	370,1±7,0	362,7±8,3 <sup>a</sup>	370,1±16,3 <sup>ab</sup>	412,0±21,5 <sup>b</sup>	< 0,05
Poids des nés vivants (g)	335,4±8,6	327,5±9,8 <sup>a</sup>	334,7±21,9 <sup>ab</sup>	382,9±26,7 <sup>c</sup>	0,04
Mortinatalité (%)	14,5	13,3 <sup>a</sup>	18,9 <sup>b</sup>	13,7 <sup>ab</sup>	< 0,01
Préparation du nid (%)	91,1±1,8	91,8±2,1	90,1±4,2	88,4±6,3	0,83
Début de la préparation du nid* (j)	1,5 ±0,1	1,6±0,2 <sup>a</sup>	1,6±0,3 <sup>ab</sup>	0,4±0,1 <sup>b</sup>	< 0,05
Mise-bas dans la boîte à nid (%)	91,5±1,8	93,1±2,0	88,2±4,5	88,4±6,3	0,46
Allaitement (%)	93,2±1,7	92,0±2,2	95,4±3,1	95,8±4,1	0,63
Cannibalisme néonatal (%)	10,9±2,0	11,2±2,5 <sup>ab</sup>	15,6±5,1 <sup>a</sup>	0,0 <sup>b</sup>	< 0,05

\* Nombre de jours avant la mise-bas. Les moyennes présentant une lettre commune ne diffèrent pas au seuil P de 5%.

### 2.2. Allaitement

Le comportement d'allaitement a été analysé chez les lapines ayant eu au moins un né vivant, ce qui a représenté 93,7% des mises-bas. Pour 93,2% de ces mises-bas, les lapines ont allaité leur portée durant les premières heures suivant la mise-bas (Tableau 1). Les premières tétées sont cruciales pour les nouveau-nés ; elles permettent l'ingestion du colostrum. Chez les primipares en particulier, la survie des lapereaux dépend de leur capacité à téter immédiatement après la naissance (Coureaud et al., 2000). La saison et la parité n'ont pas eu d'impact sur le taux d'allaitement (Tableau 2). Ce taux a varié selon le nombre des nés vivants: 75,0±6,9% pour les petites portées [1-4 nouveau-nés], contre 96,2±1,6% pour les portées moyennes [5-8 nouveau-nés] et 100% pour les grandes portées [9-14 nouveau-nés] (P<0,001). Nos résultats confirment que, durant les premières heures postpartum, le comportement d'allaitement de la lapine serait davantage stimulé par les portées de grande taille (González-Redondon et Zamora-Lozano, 2008).

### 2.3. Cannibalisme néonatal

Les cas de cannibalisme ont été observés dans 10,9% (n=26) des mises-bas, dont 8,4% (n=20) de type

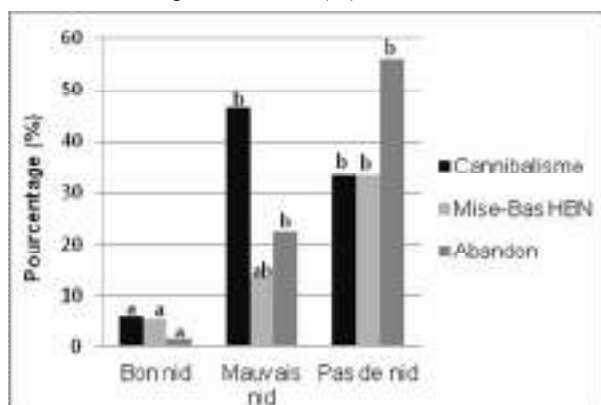
partiel et 2,5% (n=6) de type total. Chez le lapin domestique élevé en cage, le taux de cannibalisme affecte 8 à 15% des portées. Chez le lapin sauvage élevé en cage, ce taux est de 13,3%, dont 10,2% de type total (González-Redondon et Zamora-Lozano, 2008). Dans notre étude, les lapereaux ont généralement été retrouvés avec des membres mutilés ou avec la partie inférieure du corps complètement dévorée. Le cannibalisme maternel tend à être plus fréquent en été en comparaison de l'hiver (Tableau 2). La parité a exercé un effet sur la fréquence du cannibalisme: 12,3±2,3% en moyenne pour les parités 1 et 2 contre 0% pour les lapines de parités 3-4 (P=0,05). Selon González-Mariscal et al. (2016), les expériences antérieures de maternité exerceraient une action à long terme sur le système nerveux des lapines, les rendant moins vulnérables face aux perturbations des facteurs environnementaux. Le comportement maternel est stimulé par l'action de la prolactine sur le cerveau mais également par les stimulations sensorielles émanant de la portée (González-Mariscal, 2004). Nos résultats indiquent que la taille moyenne des nés totaux pour les mises-bas sans cannibalisme a été de 7,3±0,1 contre 5,9±0,4 pour les mises-bas suivies de cannibalisme (P=0,001). Des observations similaires sont rapportées chez le lapin sauvage élevé en cage (González-Redondon et Zamora-Lozano, 2008).

**Tableau 2: Influence de la saison sur le comportement maternel péripartum des lapines**

	Printemps (n=73)	Été (n=23)	Automne (n=30)	Hiver (n=111)	P
Construction du nid (%)	90,4±3,4	95,4±4,5	90,0±5,5	90,9±2,7	>0,05
Mise-bas hors boîte à nid (%)	15,0±4,2 <sup>a</sup>	13,6±7,4 <sup>ab</sup>	10,0±5,5 <sup>ab</sup>	2,7±1,5 <sup>b</sup>	<0,01
Cannibalisme néonatal (%)	10,9±3,4 <sup>ab</sup>	21,7±8,7 <sup>a</sup>	13,3±6,3 <sup>ab</sup>	8,1±2,6 <sup>b</sup>	0,06
Allaitement (%)	92,5±3,2	90,0±6,8	92,5±5,1	94,2±2,2	>0,05

Les moyennes sans lettre ou présentant une lettre commune ne diffèrent pas au seuil P de 5%

**Figure 1:** Anomalies du comportement maternel en fonction de la qualité du nid (%)



HBN : Hors boîte-à-nid ; a, b :  $P < 0,05$

Chez la lapine domestique, le cannibalisme maternel est généralement associé à divers facteurs tels une alimentation pauvre en énergie, un déficit d'abreuvement, de mauvaises conditions de logement ou la présence de rongeurs (González-Redondon et Zamora-Lozano, 2008).

#### 2.4. Taux de mise-bas HBN, d'abandon et de cannibalisme néonatal selon la qualité du nid

Le taux de mise-bas HBN a été significativement plus élevé chez les femelles n'ayant pas préparé de nid ( $33,3 \pm 10,5\%$ ) en comparaison de celles ayant confectionné un nid ( $5,5 \pm 1,6\%$ ),  $P < 0,001$  (Figure 1). Parmi les lapines n'ayant pas préparé de nid ( $n=16$ ),  $56,2 \pm 12,8\%$  ont abandonné leur portée, contre  $2,4 \pm 1,0\%$  pour celles ayant construit un nid ( $P < 0,001$ ). Les femelles ayant confectionné un bon nid ont présenté le taux d'abandon le plus bas, en comparaison des nids de mauvaise qualité (respectivement  $1,5 \pm 0,8\%$  vs  $22,2 \pm 14,6\%$ ,  $P < 0,001$ ). Une sélection génétique des qualités maternelles des lapins de chair a permis de réduire les abandons de nids (Combes et al., 2013). Le cannibalisme a été plus élevé chez les lapines n'ayant pas construit de nid ou ayant préparé un nid de mauvaise qualité, respectivement  $33,3 \pm 10,5\%$  et  $46,6 \pm 13,3\%$ , contre  $6,0 \pm 1,6\%$  de cannibalisme pour les femelles ayant confectionné un nid de bonne qualité ( $P < 0,001$ ). Ces résultats confirment que les femelles qui ne confectionnent pas de nid sont moins aptes à élever leur portée que celles qui réalisent un nid (Negatu et Mc Nitt, 2002).

#### Conclusion

La lapine locale algérienne a montré, quelles que soient la parité ou la saison considérées, un comportement maternel satisfaisant, suggérant une bonne adaptation aux conditions d'élevage en cage individuelle: 90% des mise-bas ont été précédées par la construction d'un nid et 93% des portées ont été allaitées durant les 24 heures qui suivent la mise-bas. La qualité du nid a été significativement associée aux autres aspects du comportement maternel (lieu de

mise-bas, cannibalisme, allaitement) et a influencé le taux de mortinatalité. Par ailleurs, le comportement maternel a varié selon le nombre des nés-vivants: les lapines ayant eu une petite portée ont présenté le taux d'allaitement le plus faible. L'enrichissement des cages de maternité, en proposant à la lapine des matériaux de nidification ou en lui permettant de camoufler l'entrée du nid, pourrait assurer une meilleure expression du comportement maternel et contribuer à son bien-être et à celui de sa portée.

#### Références

- Combes S., Gidenne T., Boucher S., Fortun-lamothe L., Bolet G., Coureaud G., 2013. Lapereaux de la naissance au sevrage : quels outils pour des lapereaux plus robustes ? 15ème Journée de la Recherche Cunicole, 19 et 20 novembre 2013, Le Mans, France.
- Coureaud G., Schaal B., Coudert P., Rideaud P., Fortun-Lamothe L., HUDSON R., ORGEUR P., 2000. Immediate postnatal suckling in the rabbit: Its influence on pup survival and growth. *Reproduction Nutrition Development*, 40: 19-32.
- Denenberg V.H., Petropolis S.F., Sawin P.B., Ross S., 1960. Genetic, physiological and behavioural background of reproduction in the rabbit: VI Maternal behavior with reference to scattered and cannibalized newborn and mortality. *Behaviour*, 15: 71-76.
- González-Mariscal G., 2001. Neuroendocrinology of maternal behaviour in the rabbit. *Hormones and Behaviour*, 40: 125-132.
- González-Mariscal G., 2004. Maternal behaviour in rabbits: regulation by hormonal and sensory factors. *Proceedings 8th World Rabbit Congress*, September 7-10, 2004 Puebla, Mexico, p. 1218-1228.
- González-Mariscal G., Caba M., Martínez-Gómez M., Bautista A., Hudson R., 2016. Mothers and offspring : The rabbit as a model system in a study of mammalian maternal behavior and sibling interactions. *Hormones and Behavior*, 77: 30-41.
- González-Redondo P., Zamora-Lozano M., 2008. Neonatal cannibalism in cage-bred wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40: 281-287.
- Hamilton H.H., Lukefahr S.D., Mc Nitt J.I., 1997. Maternal nest quality and its influence on litter survival and weaning performance in commercial rabbits. *Journal of Animal Science*, 75: 926-933.
- Ilès I., Boukhari S., Belabbès R., Boulbina I., Zenia S., Ain Baaziz H., 2013. Relationships between sexual behaviour and vulva external characteristics in Algerian domestic rabbits. *Livestock Research for Rural Development*, 25: Article #148.
- Negatu Z., Mc Nitt J. I., 2002. Hormone profiles and nest-building behaviour during the preparturient period in rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 72: 125-135.
- Rashwan A.A., Marai I.F.M., 2000. Mortality in young rabbits: A review. *World Rabbit Science*, 8:111-124.
- Szendrő Zs., Mikó A., Odermatt M., Gerencsér Zs., Radnai I., Dezséry B., Garai E., Nagy I., Szendrő K., Matics Zs., 2013. Comparison of performance and welfare of single-caged and group-housed rabbit does. *Animal*, 7: 463-468.
- Zarrow M.X., Farooq A., Denenberg V.H., Sawin P.B., Ross S., 1963. Maternal behaviour in the rabbit: endocrine control of maternal nest-building. *Journal of Reproduction and Fertility*, 6: 375-383.
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F., 2005. Evaluation of breeding performance of a local Algerian rabbit population raised in the Tizi-ouzou area (kabylia). *World Rabbit Science*, 13: 29.

## APPLICATION DE MÉDICAMENT CICATRISANT SUR L'OMBILIC DU LAPIN NOUVEAU-NÉ : INTÉRÊT POUR SON TRANSPORT À L'ÂGE DE 3 JOURS.

**Boucher S.<sup>1</sup>, Sauvaget S.<sup>2</sup>, Nicolier A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> LABOVET Conseil (Réseau Cristal), BP 539 85505 Les Herbiers Cedex - France

<sup>2</sup> LABOVET Conseil (Réseau Cristal), rue du Dr Mignen 85140 Les Essarts en Bocage - France

<sup>3</sup> VET DIAGNOSTICS 14 avenue Rockefeller - 69008 Lyon, France

Correspondant : [s.boucher@labovet.fr](mailto:s.boucher@labovet.fr)

**Résumé** – Les mammifères dans leur jeune âge ne peuvent être transportés que si leur ombilic est complètement cicatrisé. L'étude menée ici porte sur 80 lapereaux (40 traités, 40 non traités). On administre à 40 lapereaux localement sur le cordon et la zone ombilicale, dès leur naissance mais aussi le lendemain, un médicament avec AMM non antibiotique à base d'extraits de plantes et d'huiles essentielles connu sous le nom de Cothivet. Le médicament est très bien toléré par la mère qui ne rejette pas ses petits et continue de les allaiter normalement malgré l'odeur. Aucun des lapereaux n'a présenté de trouble macroscopique de la cicatrisation. L'examen histologique des tissus ombilicaux et périphériques ne permet pas de mettre en évidence de différence significative entre le lot traité et le lot témoin. Les auteurs montrent que la cicatrisation est complète à 4 jours d'âge et très avancée dès 3 jours. Ils suggèrent que le médicament qui corrige les anomalies dues au retard de cicatrisation n'a pas eu d'effet significatif ici, et que l'expérience serait à refaire sur des lapereaux à l'ombilic infecté ou présentant des troubles de cicatrisation. Ils pensent que ce type de médicament peut être utile en milieu contaminé.

**Abstract : Application of a scarring medicine on the umbilic of newborn rabbits : interest for their transport when 3 days old.**

Mammals in their young age can only be transported if their umbilic is completely healed. In this study, 80 rabbits (40 treated, 40 untreated) were studied. On the day of birth, but also the day after, a drug with non-antibiotic AMM based on plants extracts and essential oils known as Cothivet is administered to 40 rabbits locally on the cord and the umbilical zone. The drug is very well tolerated by the doe which does not reject her young and continues to nurse them normally despite the smell. None of the rabbits presented macroscopic healing disorders. The histological examination of the umbilical and peripheral tissues does not make it possible to demonstrate a significant difference between the treated and the control groups. The authors show that scarring is complete at 4 days of age and very advanced as early as 3 days. They suggest that the drug that corrects abnormalities due to delayed healing has not had a significant effect here and that the experiment would have to be repeated on infected umbilical rabbits or with healing disorders. They believe that this type of medication can be useful in a contaminated environment.

### Introduction

Le transport des lapins est une étape incontournable dans la filière de production cunicole. Dès l'âge de 1 jour, les lapereaux futurs reproducteurs peuvent voyager dans le monde entier. En effet, en conditions d'élevage comme dans la nature, une fois nourris, les jeunes ne boiront que 24h plus tard. Si les lapereaux sont placés dans un nid chaud, garni de matériau isolant propre et inerte, ils peuvent donc voyager sans problème durant une à deux journée(s) s'ils ont bu avant leur départ. C'est d'ailleurs actuellement la méthode majoritairement choisie par les sélectionneurs pour faire voyager les jeunes, qui deviendront de futurs reproducteurs. L'intérêt de cette méthode est double. Elle est simple et peu coûteuse

par rapport au transport d'animaux adultes et elle limite la transmission d'agents pathogènes, les lapereaux jeunes étant moins porteurs que les adultes. La réglementation en vigueur en France concernant le transport des animaux s'appuie en particulier sur la convention européenne sur la protection des animaux en transport international.

L'objectif premier de cette réglementation est d'éviter de causer à l'animal tout stress, douleur, souffrance ou dommage inutiles au cours du transport.

Seuls des animaux jugés « aptes » – c'est-à-dire correctement identifiés et dont l'état de santé permet le voyage – peuvent être transportés, sous réserve que les conditions de transport ne puissent occasionner de blessure ou de souffrance inutiles.

Dans le cas du lapereau, le transport se fait dans des cartons garnis de copeaux ou autre matériau propre et isolant, qui miment le nid de la mère. Le confort du nouveau-né est ainsi proche de celui qu'il trouve au sein du nid construit par sa mère. Les animaux voyagent en petits groupes dans un «nid de transport», comme dans une fratrie, et de ce fait demeurent au chaud.

L'annexe I du Règlement (CE) n° 1/2005 précise que les animaux blessés, présentant des faiblesses physiologiques ou un état pathologique ne sont pas considérés comme aptes au transport. C'est le cas en particulier des mammifères nouveau-nés dont l'ombilic n'est pas encore complètement cicatrisé (Chardon et al., 2015).

Nous avons montré dans certaines conditions expérimentales (Boucher et al., 2016) que la cicatrisation de l'ombilic sur un lot de lapins était complète à 6 jours d'âge et bien avancée à 4 jours. Certains pays exigent que les lapins aient moins de 4 jours pour pouvoir être importés et nous savons que les lapereaux sont d'autant moins porteurs de germes pathogènes qu'ils sont jeunes. Aussi, l'application d'un produit cicatrisant à la naissance, s'il est toléré par la mère, pourrait-il peut-être permettre d'aider cette cicatrisation, autorisant alors un transport de lapereaux un peu plus jeunes. Il devrait trouver son intérêt lors de troubles de la cicatrisation de l'ombilic (Gold, 2014).

## 1. Matériel et méthodes

Pour répondre à cette question, deux types d'analyses sont mises en œuvre. La première consiste en l'observation quotidienne dans un élevage conventionnel vendéen sain de 80 lapereaux de chair de souche Hyplus (produit terminal) tous nés dans un intervalle de 6h. Les nouveau-nés sont répartis en deux lots de 40 lapins chacun (un lot traité T, un lot témoin non traité NT) pour lesquels on note chaque jour d'éventuels signes d'inflammation indiquant un problème de cicatrisation du cordon, à savoir :

- une rougeur autour du nombril,
- un suintement du nombril ou du cordon

Les lapins sont nés et observés dans leur nid d'origine, garni de copeaux propres dépoussiérés et de poils additionnés de 15 g d'un talc asséchant non antiseptique du commerce. Ils sont allaités par leur mère naturelle qui ne comporte pas à l'examen clinique de signe de maladie.

La seconde consiste en l'analyse histologique quotidienne des structures ombilicales de 2 lapins de chaque lot, chaque jour. L'examen histologique est réalisé en microscopie optique. Il porte sur des ombilics de lapins des lots T et NT prélevés à J3, J4, J5 et J6. Les préparations, dont chacune contient un lambeau cutané centré sur les vestiges du cordon ombilical, sont plongées dans le formol, inclus en paraffine et colorés à l'hématoxyline éosine. On souhaite noter à partir de quel moment on peut

considérer que la cicatrisation est suffisamment avancée pour dire que « le ventre est refermé ».

Les critères histologiques retenus pour juger de l'avancement de la cicatrisation sont (Oudesluys-Murph et al., 1990) :

- l'épithélialisation
- l'inflammation
- la prolifération fibroblastique
- la néovascularisation
- le dépôt de collagène

Chaque critère est noté de 0 à 3 afin d'en définir l'intensité avec les scores suivants : 0 = absence, 1 = minime, 2 = modéré, 3 = marqué.

Le produit cicatrisant choisi est un médicament du commerce ayant une AMM (N° FR/V/7369481 2/1980) pour application cutanée à base de teintures d'hydrocotyle, de marronnier, de luzerne et de carline acaule, ainsi que d'huiles essentielles de lavande, de romarin, de thym et de cyprès. C'est un médicament connu sous le nom déposé de Cothivet®. Il est appliqué 2 fois à 24h d'intervalle à J1 et J2 sur le cordon et sur la peau autour du nombril.

## 2. Résultats

### 2.1 Observations comportementales

L'application du produit n'a pas révélé de modification du comportement maternel tel qu'un abandon ou refus d'allaiter par exemple. Tous les lapereaux du groupe T ont ainsi été nourris et élevés normalement. L'odeur du produit n'a pas déclenché de comportement agressif de la part des femelles.

### 2.2 Observations macroscopiques

Hormis à J1 sur deux lapereaux présentant un arrachement du cordon ombilical, les observations macroscopiques n'ont pas mis en évidence de signes d'inflammation des ombilics sur les deux lots. Ces deux lapereaux, chacun dans un lot, ont très vite cicatrisé et n'ont plus montré d'anomalie dès le lendemain, à J2. Ces critères n'ont donc pas permis de mettre en évidence de différence significative macroscopique de cicatrisation avec ou sans utilisation de Cothivet.

### 2.3 Observations microscopiques

Les résultats des analyses histologiques sont regroupés dans le Tableau 1.

Aucune surinfection bactérienne n'a été observée sur l'ensemble des échantillons des lots T et NT.

La néovascularisation, la prolifération fibroblastique et le dépôt de collagène montrent, dans les deux lots, de J3 à J6, la même évolution et indiquent que la cicatrisation est bonne. Un seul critère diffère à J6 : la prolifération fibroblastique observée y est d'intensité légèrement plus marquée sur le lot non traité.

L'intensité de l'inflammation passe de modérée à J3 à minime à J6 pour les deux lots. Elle montre que la phase inflammatoire de la cicatrisation tend à s'atténuer au fur et à mesure, processus parfaitement

physiologique. Des différences apparaissent à J4 et à J5 entre les deux lots avec une phase inflammatoire qui semble persister plus longtemps sur le lot traité. Concernant l'épithélialisation, les constats à J3 et J6 sont identiques sur les deux lots avec un processus de cicatrisation efficace. Des différences apparaissent à J4 et J5 avec une épithélialisation qui semble moins aboutie sur le lot traité.

On pourrait supposer que l'épithélialisation du cordon est plus précoce pour les animaux du lot NT, avec une épithélialisation complète dès 3 jours et une chute de la portion nécrosée du cordon au niveau du sillon de disjonction dès 4 jours (Figures 1 et 2).

L'analyse statistique à l'aide d'un test de Student ne montre cependant pas de différence significative entre les deux lots.

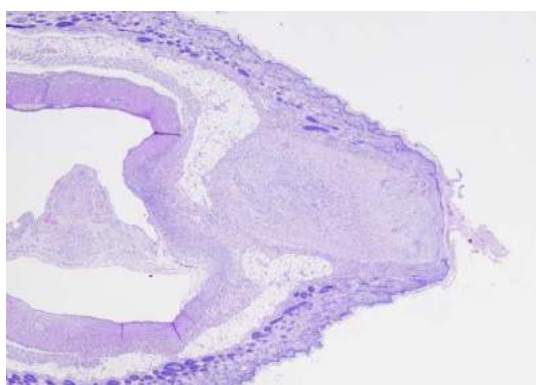


Figure 1 - Lot NT à J4 : épithélialisation totale, cordon tombé.

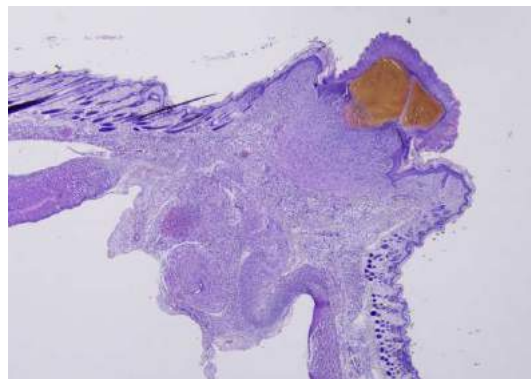


Figure 2 - Lot T à J4 : épithélialisation avancée, cordon encore en place.

Tableau 1 : Résultats des moyennes d'observations histologiques des ombilics des deux lots de J3 à J6

Jour		épithélialisation	inflammation	fibroblastes	néovascularisation	collagène
J3	Total Lot NT J3	2,5	2	3	3	2
	Total Lot T J3	2,5	2	3	3	2
J4	Total Lot NT J4	3	1,5	3	3	2
	Total Lot T J4	2,5	2	3	3	2
J5	Total Lot NT J5	3	1	3	3	2
	Total Lot T J5	2	2	3	3	2
J6	Total Lot NT J6	3	1	2,5	2	2
	Total Lot T J6	3	1	2	2	2

### 3. Discussion

Cette étude se veut être une pré-étude nous permettant d'envisager de tester le produit à plus grande échelle. Nous voulions savoir d'une part si les lapereaux traités sont toujours allaités par leur mère et si d'éventuels retards de cicatrisation peuvent être raccourcis par l'utilisation du médicament.

Le médicament ne crée pas de trouble comportemental notoire et n'a pas eu d'influence sur l'allaitement, ni côté mère, ni côté jeunes.

L'étude a permis de constater le nombre très restreint de complications liées à la cicatrisation de l'ombilic du lapereau. En effet, seuls deux lapereaux sur les 80 (soit 2,5%) ont présenté une anomalie macroscopique minime à J1 et n'ont pas montré de complication par la suite. Par ailleurs, aucun signe d'infection n'a été révélé sur les analyses histologiques quel que soit le lot.

Les premiers résultats permettent d'envisager une étude avec un nombre de lapereaux plus grand afin de pouvoir effectuer une comparaison statistique plus appuyée. Des considérations éthiques et

financières nous ont imposé de passer par un essai comportant un faible nombre d'animaux dans un premier temps.

Les résultats des analyses histologiques montrent une relative homogénéité des notes attribuées. On note que dès l'âge de 3 jours la cicatrisation est presque complète et on peut dire qu'elle l'est à 4 jours d'âge. A ce stade, l'analyse statistique ne permet pas de conclure à une différence réellement significative entre les deux lots.

Le phénomène de cicatrisation en tant que tel ne peut pas être réellement accéléré, mais tous les phénomènes physiologiques qui peuvent retarder son aboutissement (pertes de substances, nécroses retardées, troubles de la vascularisation, infections) peuvent être modulés par l'utilisation de substances antiseptiques, vasoconstrictrices, antihémorragiques, stimulantes du système réticulo-histiocytaire ou hypovascularisatrices, contenues dans Cothivet. Dans l'étude que nous avons menée, nous n'avons pas été confrontés à des troubles de la cicatrisation, aussi, l'utilisation de ce médicament n'a pas montré de différence significative entre le lot traité et le lot témoin non traité qui a, lui aussi, cicatrisé correctement.

Les excellentes conditions d'élevage (nid très propre, confort thermique maximal, poudre asséchante dans les copeaux) y ont sans doute contribué.

Il serait intéressant de reproduire l'étude à grande échelle sur des lapins élevés dans des conditions sanitaires moins optimales. On peut notamment envisager que le produit trouve son utilité dans des élevages où les nids sont contaminés par des staphylocoques ou des colibacilles perturbant la cicatrisation. Cela n'a pas pu être testé ici puisque les lapereaux n'ont pas présenté de trouble infectieux. Mais on peut suggérer son utilisation préventivement dans ce cas, puisqu'il a montré son

intérêt pour favoriser la réparation et l'asepsie des tissus chez des lapins présentant des plaies (Rival, 2010).

## Conclusion

Cothivet en application locale sur l'ombilic et la zone ombilicale est très bien toléré par le jeune. Il ne provoque pas de rejet des petits par leur mère.

Toutefois, dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas pu noter de différence significative sur la cicatrisation de l'ombilic, les lapereaux des deux lots ayant bien cicatrisé. Contrairement à ce que nous avons pu observer précédemment (Boucher et al., 2016), la cicatrisation de la zone ombilicale des lapins sur cette expérimentation est apparue très avancée à 3 jours d'âge et complète à l'âge de 4 jours (contre 6 jours observés précédemment).

L'expérience conduite ici serait à poursuivre sur un lot de lapins présentant des infections ou des troubles de la cicatrisation ombilicale puisque pour des lapins sains, la cicatrisation naturelle s'est avérée rapide et n'a pas été accélérée par l'administration de Cothivet.

## Références

- Boucher S., Plassiart G., Bignon I., 2016. Study of the healing of rabbit farms umbilics (*Oryctolagus cuniculus*) newborns. *Proceedings of the 11<sup>e</sup> World Rabbit Association Congress à Qingdao (Chine) p 513-516.*
- Chardon H., Brugere H., Rosner P.M., 2015. Le bien-être et la protection des animaux de l'élevage à l'abattoir : fondements et mise en œuvre de la réglementation. CIV Paris, 40–47.
- Gold F., 2014. Chute normale et chute retardée du cordon ombilical. *Réalités pédiatriques*, 183, 9-10.
- Oudesluys-Murphy A.M., Den Hollander J.C., Hop W.C., 1990. Umbilical cord separation: histological findings and perinatal factors. *Biology of Neonate*, 58, 236-40.
- Rival F., 2010. Abscess mandibulaire sur un lapin nain de deux ans. In Charpiat O. *La cicatrisation des plaies par seconde intention*. Publi-information Vétérinaire, 4-5.

## PERFORMANCES DE CROISSANCE ET D'ABATTAGE DE LAPINS ENGRAISSÉS EN CAGES OU EN PARCS AVEC UNE ALIMENTATION RATIONNÉE. EFFET DE LA DISTRIBUTION DE FOIN

Roy Philippe<sup>1</sup>, Fonteniaud Johan<sup>1</sup>, Charrier Jean-François<sup>1</sup>, Lebas François<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CIAB, 85250 St Fulgent - France

<sup>2</sup> CUNICULTURE, 31450 Corronsac- France

Correspondant : lebas@cuniculture.info

**Résumé :** Dans un élevage commercial, lors de 5 sevrages consécutifs, 4888 lapins ont été engraisés soit en cages classiques de 6 sujets (17/m<sup>2</sup>) soit dans des parcs aménagés avec mezzanine à raison de 35 lapins par parc (13/m<sup>2</sup>). Tous les lapins ont été rationnés selon la même échelle progressive recommandée pour l'engraissement des lapins. Pour 3 bandes, la moitié des parcs a été équipée de râteliers permettant de distribuer du foin en supplément à l'aliment complet rationné. Les résultats montrent que la mortalité entre le sevrage (35 jours) et la fin de l'engraissement (73 jours) est similaire dans les parcs et les cages (4,32 et 4,79%). Par contre le poids final des lapins engraisés dans les parcs de 35 sujets est réduit de 1,75% (P=0,013) par rapport à l'élevage en cages de 6. La distribution éventuelle de foin en plus de l'aliment rationné, amplifie le retard de croissance des lapins élevés en parcs (P=0,013). Pour les 3 bandes dont les performances d'abattage ont été contrôlées, il n'a pas été vu de différence de rendement à l'abattage en fonction du type de logement : parcs 55,99% et cages 55,82%. Par contre le taux de lapins saisis à l'abattoir a été significativement plus élevé (P=0,005) pour les lapins élevés en parcs: 1,23% vs 0,65% pour les cages. Le nombre de lapins déclassés ne diffère pas significativement entre les 2 types de logements: 2,05% en parcs vs 1,45% en cages. L'écart technique entre les deux types de logement risque de s'amplifier si la plus forte mortalité en parc des lapins "petits" au sevrage, observée dans un essai parallèle, devait s'avérer exacte.

**Abstract - Growth and slaughter performance of rabbits raised in cages or in parks under feed restriction system, and effect of hay distribution.** In a commercial rabbitry, 4888 rabbits were fattened either in conventional cages of 6 subjects (17/m<sup>2</sup>) or in mezzanine parks with 35 rabbits per park (13/m<sup>2</sup>) during 5 consecutive production rounds. The park system had a slatted wire floor partially covered with slatted plastic mats. All rabbits were restricted fed according to the same progressive scale recommended for fattening rabbits. For 3 fattening rounds, half of the parks were equipped with racks to distribute hay in addition to the rationed complete feed. The results show that mortality between weaning (35 days) and fattening end (73 days) is similar in parks and cages (4.91 and 4.80%). On the other hand, the final weight of rabbits fattened in parks of 35 subjects is reduced by 1.75% (P = 0.013) compared those raised in cages of 6. The possible distribution of hay in addition to the rationed feed, amplifies growth retardation of park-raised rabbits (P = 0.013). For the 3 fattening rounds whose slaughter performance was controlled, there was no difference in slaughter yield according to the type of housing: parks 55.99% and cages 55.82%. On the other hand, the proportion of rabbits seized at the slaughterhouse was significantly higher (P = 0.005) for the rabbits raised in parks: 1.23% vs. 0.65% for the cages. The number of non-conform rabbits did not differ significantly between the two types of housing: 2.05% in parks vs. 1.45% in cages. The lower general performance obtained in parks is likely to worsen if the highest mortality in the parks of rabbits "small" at weaning, observed in a parallel study, should prove to be correct.

### Introduction

Dans plusieurs pays européens il est recommandé d'élever les lapins en engraissement dans des parcs plutôt que dans des cages en principe pour améliorer le bien-être des animaux (de Greef et al., 2016). Des résultats encourageants ont été parfois enregistrés (Maertens et al, 2004). Dans la majorité des cas, les études ont été réalisées dans des stations expérimentales et les lapins étaient alimentés à volonté (Farkas et al., 2016). L'objectif de la présente étude est d'analyser, par rapport à l'engraissement

classique en cages de 6-8 lapins, les conséquences pratiques d'un élevage en parcs de groupes plus importants, dans les conditions pratiques de production, c'est-à-dire dans un élevage commercial et avec une alimentation restreinte comme cela est pratiqué avec bénéfice par la très grande majorité des élevages français depuis de nombreuses années (Lebas, 2007; Knudsen et al., 2015).

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Dispositif expérimental

A l'occasion du sevrage à 35 jours de 5 bandes consécutives dans un élevage ayant en moyenne des performances situées dans le 1/4 supérieur des éleveurs de la coopérative, 4888 lapins de génotype Hyplus (Hypharm, Roussay) ont été engraisés soit en cages classiques de 6 sujets (17,6/m<sup>2</sup>) soit dans des parcs aménagés avec mezzanine à raison de 35 lapins par parc (13,5/m<sup>2</sup>).

Les lapins retenus pour cette expérimentation ont été systématiquement les lapins les plus lourds et en bonne santé apparente lors de chaque sevrage. Les 84 cages (0,375 x 0,91 m soit 0,3412 m<sup>2</sup>) et les 16 parcs (2,00 x 0,921 m + 2 mezzanines 0,799 x 0,475 m soit 2,60 m<sup>2</sup>) (Figure 1) du dispositif expérimental ont été placés dans deux rangées contiguës dans la même cellule d'engraissement. Cages et parcs ont été fournis par les Ets Chabeauti (St Varent). Le grillage de sol a été le même pour les deux types de logement. Par contre les cages ne disposaient pas de "fonds de repos", mais chaque parc disposait de 7 "fonds de repos" en plastique (40,6 x 24,5 cm) à raison de 1 par mezzanine et 5 contigus sur le fond du parc, soit au total 27% de la surface en caillebotis plastique, et 73% en grillage.

En outre, pour les bandes 2, 3 et 4 du foin a été mis à la disposition des lapins dans la moitié des parcs.

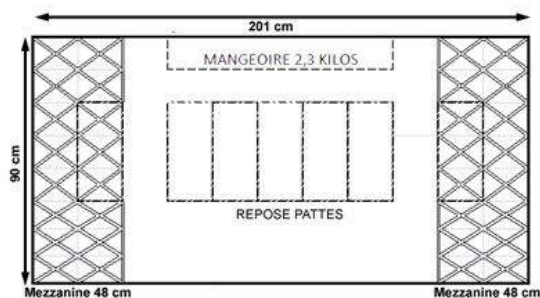


Figure 1 : Schéma d'un parc d'engraissement

### 1.2. Alimentation

Quelque soit le type de logement, les lapins ont reçu un aliment classique d'engraissement "Interservalap" (2300 kcal ED/kg et 15% de protéines) distribué en quantité limitée selon l'échelle progressive proposée par la Société Arrivé-Bellané, fabricant de l'aliment (Figure 2). Cela correspond à une consommation moyenne de 116 g par lapin et par jour

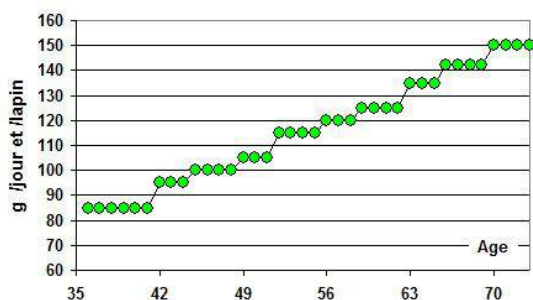


Figure 2 : Echelle d'alimentation (g/jour et /lapin)

### 1.3. Contrôles et mesures

Pour chaque type de logement, tous les lapins ont été pesés par groupe à 36, 57 et 73 jours : par cage complète pour ceux en cage, ou par groupes de 8 à 15 pour ceux élevés en parcs. La mortalité a été relevée quotidiennement sur l'ensemble des animaux. A la fin de l'engraissement les lapins des bandes 1, 2 et 4 ont été abattus par lot (cages ou parcs) et le rendement à l'abattage (carcasses froides) a été estimé globalement pour chacun des lots. Pour des raisons techniques, ces mesures n'ont pas été possibles pour les bandes 3 et 5. Outre le rendement à l'abattage, l'abattoir (LDC - Sablé sur Sarthe) a fourni pour chaque lot abattu les proportions de lapins saisis (non consommables) et déclassés (trop petits, ...).

### 1.4. Analyses statistiques

Les données ont été étudiées par analyse de variance (Logiciel SAS) avec 2 effets contrôlés : bande et lot expérimental + interaction, avec pondération des données par le nombre de lapins inclus dans chaque groupe lors des pesées. Dans les tableaux 3 et 4, sur une même ligne, les valeurs affectées de lettres variées, différent entre elles au seuil P=0,05.

## 2. Résultats

### 2.1. Mortalité

La mortalité observée au cours des 5 bandes successives a été modérée : 4,52% en moyenne. Elle n'est pas significativement différente pour les deux types de logement (Tableau 1). On peut seulement remarquer qu'elle est numériquement plus fluctuante dans les parcs que dans les cages.

Tableau 1 : Mortalité observée (%) pour les 5 bandes successives en fonction du type de logement de lapins (Bandes 1 à 5)

Bande	1	2	3	4	5	Moy
Cages	5,56	1,04	5,36	5,95	4,76	<b>4,79</b>
Parcs	6,61	0,54	4,64	7,86	1,96	<b>4,32</b>

### 2.2 Croissance des lapins cages vs parcs

Les lapins ayant été pesés par groupe de 8 à 15 sujets en général pour les animaux élevés en parcs et ces groupes étant différents lors des pesées successives, il n'est pas possible de faire une analyse statistique impliquant la vitesse de croissance. C'est pourquoi, seuls les poids moyens ont fait l'objet d'une analyse (Tableau 2).

L'élevage en parcs conduit à une réduction significative du poids final des lapins de 1,75% (-42g). Cela correspond à une vitesse de croissance moyenne de 38,3 g/j pour les lapins en cages et 37,2 g/j pour ceux élevés en parcs. L'interaction significative avec le N° de bande souligne le fait que la différence entre cages et parcs est plus ou moins importante en fonction des bandes d'engraissement.



**Tableau 2 : Poids moyen des lapins (g) en fonction du type de logement. Effet du lot et interaction avec l'effet bande (bandes 1 à 5). Les parcs avec foin des bandes 2 à 4 ont été exclus de l'analyse**

Age	LOTS		CV rés.	Proba. effet	
	Cages	Parcs		Lot	Interact
35 j	946	945	10,4%	0,980	0,950
57 j	1752	1723	11,0%	0,034	0,898
73 j	2400	2358	9,6%	0,013	0,044

CV rési. = Coefficient de variation résiduel

### 2.3. Croissance des lapins et présence de foin

La quantité de foin éventuellement distribuée aux lapins des parcs correspondait en moyenne à 6,3 g/lapin et /jour, à comparer aux 116 g d'aliment granulé /lapin et /jour en moyenne liés au plan de rationnement.

**Tableau 3 : Poids moyen des lapins (g) en fonction du type de logement et de la distribution de foin (bandes 2 à 4)**

Age	LOT			CV rés. %	Proba. effet	
	Cage	Parc	Parc +Foin		Lot	Inter.
35 j	971	966	971	10,3	0,995	0,891
57 j	1738	1715	1729	9,7	0,251	0,632
73 j	2426 <sup>a</sup>	2400 <sup>ab</sup>	2371 <sup>b</sup>	7,7%	0,009	0,067

Pour les 3 bandes pour lesquelles du foin a été mis à la disposition des lapins élevés en parc, la croissance des animaux disposant de foin a été plus faible que lors du simple élevage en parcs sans foin (Tableau 3).

### 2.4. Performances à l'abattage

Bien qu'au moment du départ pour l'abattoir, le poids vif des 1613 lapins élevés en cages soit significativement plus élevé que celui des 1588 lapins élevés en parcs (P=0,014), le rendement à l'abattage ne diffère pas significativement entre les lapins des deux lots (Tableau 4)

**Tableau 4 : Performances à l'abattage des bandes 1, 3 et 4**

Critère	LOT		CV rés.%	Effet Lot
	Cage	Parc		
Pds vif g	2446 <sup>a</sup>	2419 <sup>b</sup>	3,7	0,014
Rendt %	55,82	55,99	4,6	0,197
Saisies %	0,65 <sup>a</sup>	1,23 <sup>b</sup>	118	0,005
Déclassé%	1,46	2,07	576	0,234

Par contre le pourcentage de lapins saisis à l'abattoir est significativement plus élevé pour les lapins élevés en parcs : 1,23% vs 0,65%. Le pourcentage de lapins déclassés va dans le même sens, mais l'écart n'est pas significatif.

## 3. Discussion

Au cours de cet essai la mortalité n'a pas été différente entre les 2 types de logement. Mais il convient de signaler que dans un essai parallèle (Roy

et al., données non publiées), récemment conduit dans cet élevage avec les mêmes cages et parcs, mais en mettant en œuvre des lapins "petits" au sevrage (869 g en moyenne contre 946 g dans le présent essai) la mortalité s'est avérée significativement plus forte pour les lapins élevés en parcs que pour les lapins élevés dans des cages : 12,6% contre 7,1% (P=0,012). Ce point méritera confirmation à l'avenir par de nouveaux essais.

Comme pour les lapins alimentés à volonté élevés en cages ou en parcs (Maertens et al., 2000; Trocino et al., 2014, Szendrő et al., 2015), nous avons constaté que la vitesse de croissance des lapins rationnés élevés en parc est plus faible que celle des lapins élevés en cages recevant la même quantité d'aliment.

Par contre, contrairement aux résultats de Xiccato et al (2015) par exemple, observés chez les lapins nourris à volonté, nous n'avons pas constaté d'altération du rendement à l'abattage pour les lapins élevés en parcs par rapport à ceux élevés en cages.

La plus forte proportion de lapins saisis à l'abattoir après un élevage en parcs est probablement à mettre en relation avec l'accroissement de l'agressivité des lapins observés dans les parcs par différents auteurs (Bigler et Ostler, 1996; Maertens et al., 2001; Filiou, 2015). Toutefois nous n'en avons pas la certitude, les causes de saisie n'ayant pas été explicitées par l'abattoir dans le cas de notre étude.

## Conclusion

De ce travail conduit dans un bon élevage commercial en alimentation restreinte, nous pouvons retenir que l'élevage en parcs aménagés avec mezzanine entraîne une réduction modeste mais significative de la vitesse de croissance des lapins par rapport à un élevage classique en cages. S'il n'y a pas de différence de mortalité des lapins en fonction du type de logement pour des sujets de bonne qualité au sevrage, la plus forte proportion de lapins saisis à l'abattoir pose un problème économique.

L'écart global de performance entre les deux types de logement risque de s'accroître si l'augmentation de mortalité observée dans ce même élevage pour une série de "petits" lapins élevés en parcs s'avère généralisable. En effet, si l'engraissement en parcs devait être adopté, tous les lapins de l'élevage, petits et gros au sevrage, devraient être engraisés dans ce type de logement. Ceci risquerait d'entraîner un accroissement de la mortalité, ce qui serait fortement contradictoire avec la notion d'amélioration du bien-être des lapins, concept utilisée au départ pour justifier l'emploi de parcs d'engraissement en lieu et place de cages de 6-8 lapins.

---

## Références

---

- Bigler L., Oester H., 1996. Group housing for male rabbits. Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12 July 1996, 411-415.
- Farkas T. P., Szendrő Zs., Matics Zs., Radnai I., Mayer A., Gerencsér Zs., 2016. Production of growing rabbits in large pens with and without multilevel platforms. Proceedings 11th World Rabbit Congress, Qingdao China, June 2016, 663-666.
- Filiou, E., 2015. Welfare and productivity of growing rabbits in collective housing systems. Ph.D. Thesis Università degli studi di Padova, Italie.
- Knudsen C., Combes S., Briens C., Duperray J., Rebours G., Salaün J-M., A. Travel A., Weissman D., Gidenne T., 2015 - La limitation post-sevrage de l'ingestion, une pratique favorable à la santé et à l'efficacité alimentaire : des mécanismes physiologiques à l'impact économique (synthèse). 16èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, 24-25 Nov. 2015, 115-128.
- Lebas F., 2007. L'utilisation de la restriction alimentaire dans la filière cunicole et les différents modes de contrôle utilisés sur le terrain. Table ronde ASFC, 12e JRC nov 2007 - <http://www.asfc-lapin.com/Docs/Activite/T-ronde-2007/T-ronde2007-1.htm>
- Maertens, L., Tuytens, F., Van-Poucke, E., 2004. Group-housing of broiler rabbits: performances in enriched vs barren pens. Proceedings 8th World Rabbit Congress – September 7-10, 2004 – Puebla, Mexico, 1247-1250.
- Maertens, L., Van Herck, A., 2000. Performance of weaned rabbits raised in pens or in classical cages: first results. . Proceedings of the 7th World Rabbit Congress , 4-7 July 2000 – Valencia Spain. B, 435-440.
- Maertens, L., Van Oeckel, 2001. Engraissement en parcs : résultats encourageants. Cuniculture, 28, 273-277.
- Roy P., Fonteniaud J., Charrier J.F., Berteau P., données non publiées. Performances de croissance et d'abattage de lapins engraisés en cages ou en parcs avec une alimentation rationnée. Effet de la qualité des lapereaux.
- Szendrő, K., Szendrő, Zs., Matics, Zs., Dalle Zotte, A., Odermatt, M., Radnai, I., Gerencsér, Z., 2015. Effect of genotype, housing system and hay supplementation on performance and ear lesions of growing rabbit. Livestock Science 174, 105-112.
- Trocino, A., Filiou, E., Tazzoli, M., Bertotto, D., Negrato, E., Xiccato, G., 2014. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. Livestock Science 167, 305-314.
- Xiccato, G., Trocino, A., Filiou, E., Majolini, D., Tazzoli, M., Zuffellato, A., 2013. Bicellular cage vs. collective pen housing for rabbits: Growth performance, carcass and meat quality. Livestock Science 155, 407-414.
-

## EFFET D'UN LOGEMENT COLLECTIF EN PARC SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DU LAPIN EN ENGRAISSEMENT EN CONDITIONS D'ÉLEVAGE COMMERCIAL.

Leblatier L.<sup>1</sup>, Menini F.-X.<sup>1</sup>, Bourdillon A.<sup>1</sup>, Salaün J.-M.<sup>1</sup>, Le Floch A.<sup>2</sup>, Perdriau A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> MiXscience, Centre d'Affaires Odyssée Blossac, 35170 BRUZ - France

<sup>2</sup> Sanders Bretagne, Pont de Saint-Caradec, 56920 SAINT-GERAND - France

<sup>3</sup> Sanders Ouest, Le Pont d'Étrelles, 35370 ETRELLES- France

Correspondant : lucas.leblatier@mixscience.eu

**Résumé** – Les conditions d'élevage des animaux et notamment celles des lapins sont un sujet de questionnement des instances européennes. La volonté est de trouver une alternative d'habitat à l'élevage en cage des lapins. Cette étude présente les résultats de 3 essais réalisés dans 2 élevages commerciaux de l'ouest de la France sur les thématiques suivantes : la taille des parcs, la densité au sein de ces parcs et l'effet de l'augmentation de la durée de rationnement. Les principaux résultats montrent que l'augmentation de la taille des groupes d'animaux détériore leur état sanitaire. Les lapins logés en groupe de 48 affichent une mortalité de 17,7%, contre 7,3% pour les animaux logés en groupe de 24 ( $P < 0,001$ ). Ce dernier résultat n'est pas significativement différent du lot témoin logé en cage de 8 lapins (2,3% vs. 7,3%; NS). A surface égale, l'augmentation de la densité de 15,4 lapins/m<sup>2</sup> à 17,4 lapins/m<sup>2</sup> en parc de 48 n'affecte pas le poids à la vente des animaux (2584 g vs. 2549 g; NS). L'ajout d'une heure au plan de rationnement initial sur les animaux logés à 24 en parc permet d'obtenir des croissances comparables aux animaux logés en cage ( $GMQ_{34-69j_{parc}} = 38,6$  g/j vs.  $GMQ_{34-69j_{cage}} = 37,0$  g/j; NS) tout en maintenant un niveau sanitaire très correct (Parc: 2,6% de mortalité vs. Cage: 2,1% de mortalité; NS). Finalement, cette étude montre que l'élevage des lapins en parc sur la période d'engraissement est possible à condition de respecter certains critères liés au logement.

### **Abstract – Effect of housing system (cage vs. pen) and density on production performances of rabbits during the fattening period in commercial farms.**

Housing conditions in rabbit production was recently questioned by European institutions. The common model in cage is reconsidered, and an alternative must be found. This study presents the results of 3 trials conducted in 2 commercial farms in France: effect of size of pens, effect of density in pens and effect of an increase of the time of feed distribution in pens have been tested. Results show that the increase of the size of the pen has a negative impact on rabbit health. The mortality in pens of 48 rabbits is 17.7%, 7.3% in pens of 24 rabbits and 2.3% in control cages of 8 rabbits (mortality in pens of 48 vs. 24 rabbits:  $P < 0.001$ ). For a similar surface area, the increase of density from 15.4 rabbit/m<sup>2</sup> to 17.4 rabbits/m<sup>2</sup> in pens of 48 rabbits has no effect on live weight of slaughtered rabbits (2584 g vs. 2549 g; NS). The addition of 1 hour in feed restriction program in pen of 24 rabbits impacts positively growth performances compared to control cages ( $DWG_{34-69d_{pen}} = 38.6$  g/d vs.  $DWG_{34-69d_{cage}} = 37.0$  g/d ; NS), while maintaining a correct health status (Pen = 2.6% mortality vs. Cage = 2.1% mortality ; NS). To conclude, this study shows that the rabbit breeding in pens is possible during the fattening period, with respect of some housing parameters.

### **Introduction**

Le bien-être animal est devenu une thématique majeure pour la filière cunicole. A ce jour, certains pays ont adopté un système alternatif permettant l'engraissement des lapins non plus en cages individuelles, mais en groupes (Foucher, 2014a,b). Récemment, les conditions d'élevage des lapins en cages ont d'ailleurs été directement remises en question par les autorités européennes (Parlement européen, 2017).

Plusieurs acteurs se sont intéressés à l'effet de tels parcs sur le comportement et les performances des

animaux en engraissement. La littérature scientifique indique que les déplacements des animaux et les comportements sociaux sont favorisés par l'augmentation de la surface (Trocino et al., 2014). Les performances zootechniques (GMQ, état sanitaire) en parc sont légèrement dégradées en comparaison du système classique en cages (Maertens et al., 2011; Szendrő and Dalle Zotte, 2011).

L'objectif de cette étude est de comparer l'effet de différentes configurations d'un parc collectif en engraissement (taille du parc, densité et plan de rationnement), compatible avec la conduite en bande unique, sur l'état sanitaire des animaux ainsi que leurs

croissances. La mise en place d'essais en élevage permettra d'étudier les hypothèses suivantes: la mortalité augmente avec la taille du parc; les performances de croissance sont globalement dégradées en parc; une augmentation de la durée de rationnement en parc permet d'obtenir les mêmes croissances qu'en cage.

## 1 Matériel et méthodes

### 1.1 Protocole expérimental

Les essais ont été conduits dans 2 élevages du Grand-Ouest (Sarthe et Côtes-d'Armor) faisant partie du réseau EIREL (réseau d'Éleveurs pour l'Innovation et la Recherche En Lapin) animé par la société MiXscience au cours des années 2014, 2015 et 2016. Les parcs installés dans les deux élevages sont composés d'un sol en grillage et de repose pattes, ainsi que d'une mezzanine en grillage. Ce matériel permet tout d'abord de conduire les lapins en reproduction en cage individuelle (avec 0,51 m<sup>2</sup>/lapine). Les cloisons sont amovibles au sevrage pour créer des parcs de 3 à 6 unités allant de 1,55 m<sup>2</sup> à 3,10 m<sup>2</sup> respectivement. L'essai 1 a porté sur l'impact de la taille du logement en parc sur les performances zootechniques à densité équivalente de 15,4 lapins/m<sup>2</sup> (cages: 8 lapins; parcs: 24 sur 3 unités; 48 lapins élevés sur 6 unités). L'essai 2 s'est focalisé sur l'effet de la densité dans des parcs de 6 unités (15,4 lapins/m<sup>2</sup> et 17,4 lapins/m<sup>2</sup>). L'essai 3 a eu pour objectif de tester l'effet de la durée d'alimentation sur la croissance et la santé des lapins logés en groupe de 24 dans des parcs de 3 unités à 15,4 lapins/m<sup>2</sup> (+ 1 heure de rationnement en parc) ou en groupe de 8 dans des cages de 0,51 m<sup>2</sup> à raison de 15,6 lapins/m<sup>2</sup>.

#### 1.1.1 Essai 1 (élevage 1)

Un total de 288 lapins de souche Hyplus a été sevré à 35 jours d'âge, et réparti en 3 lots de 12 cages (C) de 8 lapins, de 4 parcs de 24 lapins (P24) et de 2 parcs de 48 lapins (P48), en prenant en compte le poids individuel au sevrage. La densité dans chaque lot est de 15,4 lapins/m<sup>2</sup>. Les animaux sont rationnés avec la méthode Durefix® (Salaün et al., 2011), en durée d'alimentation de 12h par jour. Les deux lots en parcs sont placés dans la même rangée en distribution d'aliment automatique. Le système de ventilation, extraction en pignon, est géré par une consigne de 19°C +/- 5. Pour les 3 lots, un même aliment post-sevrage a été distribué de 32 à 52 jours et un aliment finition de 52 à 69 jours, tous deux exempts de coccidiostatique et d'antibiotique.

#### 1.1.2 Essai 2 (élevage 2)

510 lapins de souche Hycrole ont été répartis à 52 jours d'âge en deux lots de 10 parcs (5 parcs logeant 48 lapins et 5 parcs regroupant 54 lapins). La densité est de 15,4 lapins/m<sup>2</sup> pour le groupe de 48 lapins (P48), et de 17,4 lapins/m<sup>2</sup> pour le groupe de 54 lapins (P54). Les animaux sont également rationnés par la

méthode Durefix®. Les animaux ont consommé de 35 à 52 jours un aliment croissance et de 52 à 74 jours un même aliment finition, sans coccidiostatique et antibiotique.

#### 1.1.3 Essai 3 (élevage 1)

384 lapins de souche Hypharm ont été sevrés à 35 jours d'âge et répartis en deux lots de 24 cages de 8 lapins (C) et 8 parcs de 24 lapins (P24). La densité pour chaque lot est de 15,4 lapins/m<sup>2</sup>. Les animaux sont rationnés par la méthode Durefix®. Le lot P24 dispose d'une durée d'alimentation allongée d'une heure par rapport au lot C. L'aliment croissance est distribué de 34 à 52 jours et l'aliment finition de 52 à 69 jours, sans coccidiostat ni antibiotique.

**Tableau 1 : Composition chimique des aliments croissance des élevages en essais.**

% brut	Elevage 1	Elevage 2
ED (kcal/kg) <sup>1</sup>	2258	2382
Humidité	11,3	11,5
Protéine brute	15,9	14,2
Cellulose Brute	17,7	17,6

1: valeur calculée par formulation

### 1.2 Mesures

Durant ces essais, la croissance individuelle des animaux a été mesurée à 32, 51 et 69 jours pour l'essai 1. Ont été réalisées les mesures de poids à 52, 57 et 74 jours pour l'essai 2 et à 34, 55 et 69 jours pour l'essai 3. Les mortalités ont été suivies quotidiennement avec identification des causes principales. Les consommations d'aliment et d'eau n'ont pas été mesurées.

### 1.3 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées par le logiciel R (version 3.4.0). Le modèle linéaire a été utilisé pour étudier les différents poids, intégrant les effets du lot, ainsi que le poids au sevrage en covariable. Les mortalités ont été étudiées à l'aide de l'analyse catégorielle (Chi-deux).

## 2 Résultats et discussion

### 2.1 Taille des parcs (essai 1)

Les mortalités globales pour le premier essai sont faibles en groupe témoin (2,1%). La mortalité en groupe de 24 animaux (7,3%) n'est pas significativement plus élevée. Le groupe P48 obtient un pourcentage de mortalité de 17,7%, significativement différent des lots C et P24 (Tableau 2). Maertens and Van Herck (2000) ont obtenu des résultats similaires dans des conditions proches (densité, nombre de lapins...). Les mesures de poids des animaux permettent d'observer un poids vif à 51 jours significativement plus important pour le lot P24 et P48 (1719 g et 1734 g respectivement) que pour le lot C (1613 g) (Tableau 2). Au moment de la vente,

les animaux en P24 sont plus légers (2274 g), alors que les lots C et P48 sont plus lourds (2347 g et 2356 g respectivement), sans montrer de différence significative pour ces deux derniers lots. A l'inverse, Xiccato et al. (2013) n'ont pas démontré de différences de poids entre les animaux logés en cage et en parc. Les GMQ sur la période globale indiquent

que le lot C dispose du GMQ le plus important, et que ce dernier est plus élevé que celui du lot P24 (40,4 g/j vs. 38,3 g/j), mais est identique à celui du lot P48 (Tableau 2). Cela est comparable aux observations décrites par Maertens et al. (2011).

**Tableau 2: Performances zootechniques de l'essai 1.**

	Lot			p-value	
	C	P24	P48	Effet P0	Effet Lot
<i>Poids Moyen (en g)</i>					
32 jours (mise en lot)	855	857	863		
51 jours	1613 <sup>a</sup>	1719 <sup>b</sup>	1734 <sup>b</sup>	***	***
69 jours	2347 <sup>a</sup>	2274 <sup>b</sup>	2356 <sup>ab</sup>	***	0,015
<i>GMQ (en g/j/lapin)</i>					
de 32 à 51 jours	39,9 <sup>a</sup>	45,3 <sup>b</sup>	45,8 <sup>b</sup>	***	***
de 51 à 69 jours	40,9 <sup>a</sup>	30,9 <sup>b</sup>	34,6 <sup>b</sup>	NS	***
de 32 à 69 jours	40,4 <sup>a</sup>	38,3 <sup>b</sup>	40,4 <sup>a</sup>	0,005	0,015
<i>Mortalité globale (%)</i>					
de 32 à 69 jours	2,1 <sup>a</sup>	7,3 <sup>a</sup>	17,7 <sup>b</sup>		0,001

GMQ: Gain de poids Moyen Quotidien, P0: poids des animaux à la mise en lot, NS: non significatif ( $p > 0,05$ ), \*\*\*:  $p < 0,001$ . a,b,c: les moyennes présentant une lettre commune ne diffèrent pas au seuil P de 5%.

### 2.2 Densité en parcs (essai 2)

Concernant l'essai 2, aucune différence de mortalités entre les lots P48 et P54 n'est observée (3,3% vs. 5,9%;  $p > 0,05$ ) (Tableau 3). Aubret et Duperray (1993) n'avaient pas, non plus, indiqué d'augmentation notable de la mortalité suite à une augmentation de la densité dans des cages de 8 lapins. Les résultats sont à nuancer, car la ration était médicamentée lors de cette dernière étude. L'augmentation de la densité en parc n'affecte pas le poids des lapins, ni à 57 jours ni à 74 jours. Les seules différences de poids sont expliquées par la différence de poids à la mise en lot (Tableau 3). Au moment de la vente, 35 g séparent les lots P54 et P48, en faveur de ce dernier (2584 g), résultats corroborés par ceux de Szendrő et al. (2010). Aucune différence significative n'est observée sur les vitesses de croissances (GMQ) (Tableau 3). La tendance observée montre que la densité de 15,4 lapins/m<sup>2</sup> semble plus adaptée pour obtenir des croissances convenables. Loger 17,4 lapins/m<sup>2</sup> ne semble pour autant pas défavorable à leur croissance.

### 2.3 Durée de rationnement (essai 3)

Les résultats de l'essai 3 ne montrent pas de mortalités supérieures pour le lot P24 par rapport au lot C (2,6% vs 2,1%) (Tableau 4). Gidenne et al. (2009) ont montré des résultats différents, avec un effet négatif sur le taux de mortalité lors de l'augmentation de la durée d'alimentation.

**Tableau 3: Performances zootechniques de l'essai 2.**

	Lot		p-value	
	P48	P54	Effet P0	Lot
<i>Poids Moyen (en g)</i>				
52 jours	1687	1666		
57 jours	1897	1876	***	NS
74 jours	2584	2549	NS	NS
<i>GMQ (en g/j/lapin)</i>				
de 52 à 57 jours	41,9	42,2	NS	NS
de 57 à 74 jours	40,4	39,6	0,013	NS
de 52 à 74 jours	40,8	40,1	0,016	NS
<i>Mortalité globale (%)</i>				
de 52 à 69 jours	3,3	5,9		NS

GMQ: Gain de poids Moyen Quotidien, P0: poids des animaux à la mise en lot, NS: non significatif ( $P > 0,05$ ), \*\*\*:  $P < 0,001$ .

L'allongement de la durée de rationnement permet d'obtenir des poids similaires entre les 2 lots à 51 et à 69 jours (Tableau 4). A cet âge la différence de poids est de 45 g en faveur du lot P24, avec un poids moyen de 2408 g. En raison d'un poids au sevrage inférieur pour le lot P24, les GMQ pour ce lot sont supérieurs au lot C. Au final, le GMQ du sevrage à la vente est de 38,6 g/j pour le lot P24 contre 37,0 g/j pour le lot C. Aucune différence significative de croissance n'est observée. Tudela et Lebas (2006) ont montré que la diminution de rationnement en engraissement permet d'obtenir de meilleures performances, mais sur des lapins dans des conditions d'élevage en cage.

**Tableau 4: Performances zootechniques de l'essai 3.**

	Lot		p-value	
	C	P24	Effet P0	Lot
<i>Poids Moyen (en g)</i>				
34 jours	1067	1058		
55 jours	1795	1805	NS	NS
69 jours	2363	2408	***	NS
<i>GMQ (en g/j/lapin)</i>				
de 34 à 55 jours	34,7	35,6	0,008	NS
de 55 à 69 jours	40,5	43,0	NS	NS
de 34 à 69 jours	37,0	38,6	0,019	NS
<i>Mortalité globale (%)</i>				
de 34 à 69 jours	2,1	2,6		NS

animaux à la mise en lot, NS: non significatif ( $p > 0,05$ ), \*\*\*:  $p < 0,001$ .

### Conclusions

Au regard des résultats obtenus, l'élevage des lapins en parcs semble acceptable pour les critères sanitaires et zootechniques. La légère dégradation des croissances pourrait être corrigée par l'optimisation des stratégies alimentaires et par l'attention accordée à certains critères des conditions d'élevage (densité, taille des parcs). Ces essais n'ont pas fait intervenir des mesures de rendement sur les carcasses, critère de paiement pour les éleveurs. Des essais sur cette thématique devront compléter les résultats obtenus.

### Remerciements

Sincères remerciements aux éleveurs ayant accepté de participer à cette étude, ainsi qu'à Anne Perdriau et Annie Le Floch techniciennes Sanders d'avoir suivi les essais.

### Références

Aubret, J.M., Duperray, J., 1993. Effect of cage density on the performance and health of the growing rabbit. *Journal of Applied Rabbit Research* 15, 656-656.

Foucher, F., 2014a. Le marché exige des lapins en parcs: la Hollande convertit ses cages. *L'éleveur de lapins* 135, 18-23.

Foucher, F., 2014b. Logement alternatif: la Belgique en route vers les parcs. *L'éleveur de lapins* 135, 14-17.

Gidenne, T., Combes, S., Feugier, A., Jehl, N., Arveux, P., Boisot, P., Briens, C., Corrent, E., Fortune, H., Montessuy, S., Verdelhan, S., 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth

and carcass characteristics. *Animal* 3, 509-515.

- Maertens, L., Rommers, J., Jacquet, M., 2011. Le logement des lapins en parcs, une alternative pour les cages classiques dans un système «duo». *Journées de la Recherche Cunicole* 14, 85-88.
- Maertens, L., Van Herck, A., 2000. Performance of weaned rabbits raised in pens or in classical cages: first results. *World Rabbit Science* 8, 435-440.
- Parlement européen, 2017. Les députés exigent plus d'espace pour les lapins d'élevage [WWW Document]. URL <http://www.europarl.europa.eu/news/fr/press-room/20170124IPR59758/les-deputes-exigent-plus-d-espace-pour-les-lapins-d-elevage> (accessed 6.1.17).
- Salaün, J.-M., Renouf, B., Bourdillon, A., Picot, A., Perdriau, A., 2011. Comparaison d'un accès nocturne à la mangeoire à un rationnement progressif et à une alimentation ad libitum sur les composantes du rendement carcasse des lapins en engraissement. *Journées de la Recherche Cunicole* 14, 101-104.
- Szendrő, Z., Dalle Zotte, A., 2011. Effect of housing conditions on production and behaviour of growing meat rabbits: A review. *Livestock Science* 137, 296-303.
- Szendrő, Z., Princz, Z., Romvári, R., Locsmándi, L., Szabó, A., Gy, B., Radnai, I., others, 2010. Effect of group size and stocking density on productive, carcass, meat quality and aggression traits of growing rabbits. *World Rabbit Science* 17, 153-162.
- Trocino, A., Filiou, E., Tazzoli, M., Bertotto, D., Negrato, E., Xiccato, G., 2014. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. *Livestock Science* 167, 305-314.
- Tudela, F., Lebas, F., 2006. Modalités du rationnement des lapins en engraissement. Effets du mode de distribution de la ration quotidienne sur la vitesse de croissance, le comportement alimentaire et l'homogénéité des poids. *Cuniculture Magazine* 33, 21-27.
- Xiccato, G., Trocino, A., Filiou, E., Majolini, D., Tazzoli, M., Zuffellato, A., 2013. Bicellular cage vs. collective pen housing for rabbits: Growth performance, carcass and meat quality. *Livestock Science* 155, 407-414.

## LOGEMENT DE LAPINES "PART-TIME" EN GROUPE: RÉSULTATS DANS UN ÉLEVAGE ÉQUIPÉ AVEC DES PARCS POLYVALENTS

Maertens L.<sup>1</sup>, De Bie Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*ILVO, Institute for Agricultural, Fisheries and Food Research, Animal Sciences Unit, Scheldeweg 68 9090 Melle, Belgique*

<sup>2</sup>*Goorkensdreef 5, Minderhout, Belgique*

<sup>1</sup>Adresse électronique actuelle: [Lucmaertens@skynet.be](mailto:Lucmaertens@skynet.be)

**Résumé** – Des essais ont montré qu'un logement continu en groupe est à la fois préjudiciable pour la production et le bien-être de lapines. Par contre, un logement temporaire en groupe pourrait offrir de possibles intérêts. Le but de notre essai était de valider en pratique certains résultats que nous avions obtenus dans notre Institut de Recherche. Dans un élevage de production, ayant investi dans des parcs polyvalents, deux rangées comprenant chacune 72 lapines ont été utilisées pour l'essai. Les parcs polyvalents sont constitués de 4 unités de 45 x 100 cm, toutes équipées avec une plateforme et comprenant un fond en caillebotis. Lorsque les lapereaux étaient âgés de 22 jours, les parois délimitant les cages des 4 lapines et de leurs jeunes ont été retirées dans une des deux rangées, afin d'obtenir des parcs (Lot PT) jusqu'au sevrage (J33). Les pertes de lapereaux entre J22 en J33, le poids des lapereaux et les blessures des lapines et jeunes ont été quantifiées et comparées avec le groupe contrôle. Le nombre de lapereaux par portées était en moyenne de 8,93 (Lot témoin) et 8,56 (Lot PT) à l'âge de 22 jours, et de 8,82 et 8,22 au sevrage. Les pertes de lapereaux avant sevrage étaient significativement plus élevées dans le lot PT (3,9% vs 1,3%). Les blessures observables chez les femelles et leurs jeunes étaient plutôt limitées, mais 1/3 des lapines présentaient cependant des lésions nettes deux jours après la mise en groupe suite à des agressions liées à la mise en place d'une hiérarchie. Le poids des jeunes, respectivement de 890 g (Lot témoin) et 883 g (Lot PT) au sevrage, et 2597 g et 2578 g à la vente, ne variait pas significativement d'un lot à l'autre. Ces résultats, obtenus dans les conditions concrètes d'un élevage, confirment qu'un logement part-time en groupe de femelles allaitantes est possible, mais avec des pertes en jeunes plus élevées, plus de travail pour l'éleveur, et sans que de claires indications d'amélioration du bien-être n'apparaissent.

**Abstract – Part-time group housing of does: results obtained in a farm equipped with a polyvalent park housing system.** Research demonstrated that continuous group housing systems of does failed to obtain acceptable production performances and even compromise the welfare. However, part-time group housing of females showed potential. The objective of our experiment was to validate in practise the results obtained with part-time group housing at our research institute. In a large commercial farm, equipped with polyvalent park housing, 2 rows with each 72 does were used for the trial. The polyvalent parks consist of 4 units of 45 x 100 cm, with a plastic slatted floor and equipped with a platform. When the young were 22 days old, in one row the partitions between the 4 units of each park were removed and by consequence 4 does and their young remained together (Group PT) till weaning (d33). The young losses between d22 and d33, the weight of the young and the injuries of the does and young were judged and compared with the control row. Litter size amounted 8.93 (control group) and 8.56 (Group PT) at d22 and 8.82 and 8.22 at weaning. Losses of young before weaning were significantly higher (3.9%) in the PT group housing compared to the individual one (1.3%). Injuries observed both in females as their young were quite limited although 1/3 showed clear signs of fighting's 2 days following the placement in group. Average weight of the young, i.e. 890 vs 883 g at weaning and 2597 vs 2578 g at slaughter, in PT vs control group, were not different. These results confirm that part-time group housing of lactating does is possible but with higher losses of young, more work and no clear indications of improved welfare.

### Introduction

La perception sociétale du bien-être animal conduit le secteur de la production d'animaux de chair à chercher des alternatives à l'élevage en petites cages. Durant ces dernières années, des campagnes contre l'élevage en cages des lapins ont été menées et se sont intensifiées dans différents pays européens (Allemagne, Pays-Bas, Belgique, France ...).

Pour cette raison, la mise au point de systèmes paraissant plus respectueux des animaux semble incontournable. Dans les élevages commerciaux, les lapines sont logées durant toute leur vie dans de petites cages individuelles d'environ 3000 cm<sup>2</sup> (EFSA, 2005). Ces cages limitent la mobilité et les contacts sociaux. De fait, un logement collectif est considéré comme une des voies possibles

d'amélioration du « bien-être » des animaux car il est moins restrictif pour la mobilité et les comportements sociaux.

Cependant, les différents essais conduits jusqu'à aujourd'hui avec des lapines logées en groupe de façon permanente ont montré des performances très inférieures à celles observées en cages individuelles (Mirabito et al., 2005; Szendrő et al., 2013) voire de graves problèmes liées aux agressions (Rommers et al., 2006 ; Turner et al., 2017).

Par contre, des essais ont montré que de possibles perspectives positives pouvaient être envisagées dans le cas d'un logement des femelles en groupe temporaire de type « part-time » (Maertens et Buijs, 2013; Buijs et al., 2015; Maertens et al., 2015). A cet effet, des parcs polyvalents ont été proposés, utilisables pour 4 lapines allaitantes à la fois, avant sevrage, puis par la suite pour les lapereaux élevés en engraissement (Maertens et al., 2011).

Le but de l'essai que nous présentons ici était de valider, dans les conditions d'un élevage commercial, certains résultats que nous avons obtenus précédemment dans notre Institut de Recherche.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

L'étude s'est déroulée en Belgique au printemps 2016, dans un élevage commercial de grande taille. Depuis 2013, cet élevage est équipé avec des parcs polyvalents. Ces parcs consistent en 4 unités de 45 x 100 cm, dont le fond est fait de caillebottis, chaque unité comportant par ailleurs une plateforme en plastique (caillebottis et plateforme : type porcelets de Paneltim<sup>®</sup>). La surface totale des parcs, y compris les plateformes et les zones des boîtes à nid, était de 22800 cm<sup>2</sup>.

Chaque compartiment du bâtiment est équipé avec 6 rangées de 18 parcs dans lequel 72 lapines (Hycole, primipares et multipares) sont logées. Au sevrage les femelles sont déplacées vers un autre compartiment et les parois entre les 4 logements individuels sont enlevées pour obtenir des parcs d'engraissements. L'élevage utilise une conduite tout plein tout vide avec IA tous les 42 jours. Les portées sont homogénéisées à 8, 9 ou 10 lapereaux après la mise-bas en tenant compte de la parité de la femelle.

Pour l'essai, 2 rangées de parcs polyvalents ont été utilisées durant un cycle de reproduction. Une rangée était utilisée comme lot témoin : les lapines y étaient logées individuellement avec leurs lapereaux jusqu'au sevrage (J33). Dans le lot expérimental, les parois entre les 4 unités individuelles étaient retirées quand les lapereaux avaient 22 jours (Lot PT). Ainsi, un logement temporaire en groupe de 4 femelles avec leurs lapereaux était obtenu.

Les femelles étaient nourries à volonté avec un aliment commercial. Après sevrage, les lapereaux

étaient rationnés selon un schéma à heures fixes et l'âge des lapins.

### 1.2. Mesures

Un technicien de l'ILVO a visité l'élevage pour effectuer les mesures. Les lapereaux étaient comptés et pesés par portée à 22 jours (début de l'essai) et 33 jours (sevrage).

Deux jours après que les lapines aient été logées en groupe de 4 femelles (Lot PT), une évaluation des lésions cutanées a été réalisée (Maertens et Buijs, 2015).

Au sevrage, dans le lot témoin, les portées restaient dans leur logement mais une égalisation à 8 lapereaux/portée était effectuée. Dans le lot PT, une standardisation des parcs était réalisée afin d'obtenir systématiquement 30 lapereaux/parc. Les lapereaux retenus dans les 2 lots ont été systématiquement les mieux portants de chaque sevrage. Les lapereaux en excès étaient logés dans une salle annexe et n'étaient plus considérés pour juger les performances post-sevrage.

A l'âge de 71 jours, les lapins en engraissement étaient comptés et pesés (par logement ou par parc). La mortalité était déterminée sur la base de la différence entre le nombre initial d'animaux et le nombre présent au moment de la pesée dans chaque logement ou parc.

### 1.3. Analyses statistiques

La taille des portées à 22 jours et au sevrage et les poids des lapereaux à 22, 33 et 71 jours ont été analysés au moyen d'une analyse de variance (logiciel Statistica 64 V11) à effet fixe correspondant au lot. A 22 jours, c'est le poids de portée qui a été utilisé comme variable ; à 33 et 71 jours, le poids de l'ensemble des lapereaux au sein d'un parc.

La mortalité a été analysée à l'aide du test du  $\chi^2$  de Pearson.

## 2. Résultats

### 2.1. Poids des lapereaux avant sevrage

Le Tableau 1 présente les résultats avant sevrage. Il apparaît que, avant le début de l'essai (J22), le nombre de lapereaux par portée était légèrement supérieur dans le lot témoin.

**Tableau 1: Poids et pertes des lapereaux avant sevrage**

	Lot témoin	Lot PT
Portées (nombre)	71 <sup>(1)</sup>	72
Lap/portée à J22 (nombre)	8,93 <sup>a</sup> ± 1,54	8,56 <sup>a</sup> ± 1,58
Lap/portée au sevrage	8,82 <sup>a</sup> ± 1,58	8,22 <sup>a</sup> ± 1,11
Mortalité J22-J33 (%)	1,3 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>
Poids à J22 (g/lapereau)	418 <sup>a</sup> ± 57	426 <sup>a</sup> ± 50
Poids à J33 (g/lapereau)	890 <sup>a</sup> ± 99	882 <sup>a</sup> ± 91

<sup>(1)</sup> A cause de la mortalité d'une femelle à la mise-bas

a,b: les moyennes présentant des lettres distinctes différent au seuil P de 5%.



Entre J22 et J33, les pertes de lapereaux étaient 3 fois plus élevées ( $P < 0,05$ ) dans le lot PT comparativement au lot témoin. En ce qui concerne le poids des lapereaux, les différences étaient faibles entre les 2 lots et non significatives.

### 2.2. Performances post-sevrage

Après sevrage, les lapins des 2 lots étaient logés dans les mêmes parcs. Il n'y avait alors pas de différences de performances entre ceux qui, déjà avant sevrage, étaient logés en groupe de 4 portées, et ceux du lot témoin (Tableau 2).

**Tableau 2: Poids et pertes des lapins après sevrage**

	Lot témoin	Lot PT
Parcs (nombre)	18	18
Mortalité J22-J33 (%)	8,3 <sup>a</sup>	6,7 <sup>a</sup>
Poids J71 (g/lapin)	2597 <sup>a</sup> ± 59	2578 <sup>a</sup> ± 113

*a* : les moyennes présentant une même lettre ne diffèrent pas au seuil  $P$  de 5%.

### 2.3. Lésions des femelles et des jeunes

Deux jours après que les lapines aient été mises en groupe de 4 (Lot PT) dans les parcs, 20 femelles avaient des lésions de catégorie 3 et 2 femelles de catégorie 4. Ces deux catégories, comprenant des lésions longues et/ou profondes, sont considérées comme problématiques. Cependant, aucune des femelles n'a été perdue du fait d'agressions, et au sevrage toutes les femelles avaient récupéré de leurs lésions. Aucun traitement particulier pour aider la guérison ni application d'antiseptique n'a été utilisé.

Les lésions des jeunes n'étaient pas évaluées en catégories comme chez les femelles du fait du trop grand nombre de jeunes. Seuls les jeunes avec des lésions très visibles ont été comptabilisés. Sur un total de 616 animaux, 3 lapereaux dans le lot PT présentaient des lésions. Celles-ci suggéraient d'éventuelles agressions de la part des lapines.

## 3. Discussion

Dans cet essai, nous avons choisi de tester l'effet d'une mise en groupe quand les lapereaux étaient âgés de 22 jours, contre 18 jours dans notre précédent essai (Maertens et al. 2013). Cela était dû au fait que, lors de ce précédent essai, nous avons observé qu'un nombre assez important de lapereaux n'avaient pas encore trouvé la mangeoire ou le biberon à 18 jours. De plus, lorsqu'ils restaient encore assez longtemps dans la boîte-à-nid, les lapereaux les plus légers paraissaient subir des effets négatifs de la collectivité (du groupe) avec des risques plus élevés de mourir. Une autre hypothèse était que ces lapereaux légers avaient moins de chance de parvenir à téter dans un logement en groupe. Pour ces différentes raisons, nous avons donc décidé de mettre les femelles en groupe 4 jours plus tard, soit 22 jours après la mise-bas.

Notre hypothèse selon laquelle les pertes plus élevées de lapereaux en logement PT ne se produiraient plus, n'a pas été vérifiée. Au contraire, la différence avec le lot témoin était plus prononcée que dans notre étude précédente (triplement des pertes contre doublement de celles-ci dans l'étude de Maertens et al. 2013). Une explication probable est que, dans l'élevage où l'étude était conduite ici, l'éleveur n'intervenait pas, ni pour éviter les agressions entre lapines, ni pour essayer d'aider les lapereaux légers. A l'inverse, dans l'essai précédemment conduit dans notre institut de recherche, les soigneurs aidaient les lapereaux à trouver la mangeoire et le biberon d'eau le lendemain de la mise en groupe. Pour cela, la totalité des lapereaux était placée sur le caillebotis pendant quelques heures (boîte-à-nid fermée) et une brique était placée sous le biberon pour aider les plus petits lapereaux à accéder à l'eau (Maertens et al., 2013).

En ce qui concerne le poids des lapereaux, ceux mis en groupe à 22 jours ne semblaient pas pénalisés en comparaison du lot témoin. A l'inverse, dans notre précédente étude, un retard de croissance de 5-6% avait été observé avant sevrage. Mais ici, les lapereaux du lot PT étaient favorisés par le fait que la taille des portées était un peu moins élevée dans ce lot comparativement au lot témoin.

Après sevrage, la croissance et la mortalité n'étaient pas influencées par le mode de logement précédent le sevrage. Malgré un rationnement alimentaire et un logement en parc, un poids de plus de 2,5 kg a ainsi été obtenu à 71 jours dans chacun des lots.

Concernant les conséquences des agressions entre lapines liées à l'établissement d'une hiérarchie au sein du groupe, les lésions observées au sein du lot PT étaient moins importantes qu'attendues. Ainsi, 30% des lapines présentaient des lésions nettes (contre 42% dans notre précédente étude; Maertens et al., 2013). Agressions et lésions étaient ainsi beaucoup moins élevées que celles auxquelles l'éleveur lui-même s'attendait. Cette différence pourrait découler du fait que l'agressivité entre femelles diminue à l'approche du terme de la lactation, et qu'elle serait donc moindre lors d'une mise en groupe à J22 plutôt qu'à J18.

Enfin, l'éleveur a exprimé la nécessité, selon lui, d'identifier les femelles (boucle ou tatouage) dans le cas d'un logement temporaire en groupe.

## Conclusion

Cet essai, conduit en conditions d'élevage commercial confirme qu'un logement part-time en groupe est envisageable sans conséquences trop néfastes. Néanmoins, les performances se sont avérées légèrement inférieures dans le groupe part-time, surtout du fait de pertes plus élevées en lapereaux et d'un pourcentage plus élevé de lapines présentant des lésions à cause d'agression, ce qui compromet en partie leur bien-être.

## Remerciements

Les auteurs remercient le personnel de l'ILVO pour la collecte et l'enregistrement des données. Cette étude a été financée par la Région Flamande, Département Agriculture et Pêche dans le cadre des projets de démonstration.

Ils sont très reconnaissants à Gérard Coureaud (CNRS-CRNL Lyon) pour l'aide et les corrections de langage apportées à leur manuscrit.

## Références

- Buijs S., Maertens L., Van Caelenberg A., Tuytens F.A.M., 2014. Effects of semi-group housing and floor type on pododermatitis, spinal deformation and bone quality in rabbit does. *Animal*, 8: 1728-1734.
- EFSA (European Food Safety Authority), 2005. The impact of the current housing and husbandry systems on the health and welfare of farmed domestic rabbits. *EFSA Journal*, 137p.
- Maertens L., Buijs S., 2013. Performances de femelles logées temporairement en groupe dans des parcs polyvalents et en système tout plein tout vide. In: 15èmes J. Rech. Cunicole Fr., Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ. Paris, 35-38.
- Maertens L., rommErs J., Jacquet M., 2011. Le logement des lapins en parcs, une alternative pour les cages classiques dans un système "duo"? In: 14èmes J. Rech. Cunicole Fr., Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ. Paris, 85-88.
- Maertens L., Buijs S., Tuytens F.A.M., 2015. L'impact d'un logement temporairement en groupe et du sol sur le bien-être des lapines. In: 16èmes J. Rech. Cunicole Fr., Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ. Paris, p. 215-218.
- Mirabito L., Galliot P., Souchet C., Dumont F., Thomeret F., 2005. Logement collectif des lapines reproductrices: Conséquences zootechniques. In: 11èmes J. Rech. Cunicole, Paris (INRA ed.), ITAVI publ. Paris, 53-56.
- Turner P.V., Buijs S., Rommers J., Tessier M., 2017. Code of practice for the care and handling of rabbits: review of scientific research on priority issues. <http://www.nfacc.ca/codes-of-practice/rabbits>
- Szendró Z., Mikó A., Odermatt M., Gerencsér Z., Radnai I., Dezséry B., Garai É., Nagy I., Szendró K., Matics Z., 2013. Comparison of performances and welfare of single-caged and group-housed rabbit does. *Animal* 7: 463-468.

# **PHYSIOLOGIE ET QUALITÉ DE LA VIANDE**



## COMPRENDRE POUR CONTRÔLER LES FACTEURS GÉNÉTIQUES ET NON GÉNÉTIQUES DE LA TRANSMISSION DES CARACTÈRES MATERNELS

David I., Canario L., Demars J., Combes S.

*INRA, GenPhySE, centre Toulouse Occitanie, 31326 Castanet-Tolosan*

Correspondant : Sylvie.Combes@inra.fr

**Résumé** – Dans la filière cunicole, la sélection des futurs reproducteurs est réalisée à partir de l'estimation des valeurs génétiques des animaux qui repose sur la transmission selon des lois mendéliennes de l'information génétique portée par l'ADN. Toutefois il existe d'autres voies de transmission des caractères d'une génération à l'autre tels que les phénomènes épigénétiques, l'héritage comportemental ou le microbiote. Dans un premier temps, les mécanismes d'action de ces facteurs génétiques et non génétiques seront explicités. Dans un second temps la possibilité de prendre en compte ces facteurs dans les modèles de sélection est discutée. Enfin, des hypothèses et propositions de leviers d'action pour optimiser la transmission des caractères maternels en élevage sont présentées.

**Abstract – Understanding to control genetic and non-genetic factors in the transmission of maternal traits.** In rabbit breeding for meat production, the selection of future does for reproduction is based on the estimation of the genetic values of animals, which is based on the transmission of genetic information carried by DNA according to Mendelian laws. However, there are other pathways for transmission of traits from one generation to the next, such as epigenetic phenomena, behavioural heritage or microbiota. First, the mechanisms of action of these genetic and non genetic factors will be explained. In a second stage, consideration of these factors in the selection models is discussed. Finally, hypotheses and proposals of levers to optimize the transmission of maternal traits in breeding context are presented.

### Introduction

Sélectionner des futurs reproducteurs pour un caractère donné consiste à choisir pour la reproduction les animaux qui donneront les descendants les plus «performants» sur ce caractère. L'amélioration du caractère au cours des générations est alors possible si ce dernier est héritable, c'est-à-dire si les caractéristiques individuelles des parents pour ce caractère sont, au moins en partie, transmises aux descendants. A l'heure actuelle, dans la filière cunicole comme dans les autres filières de production, la sélection des futurs reproducteurs est réalisée à partir de l'estimation des valeurs génétiques (éventuellement génomiques) des animaux. La théorie derrière cette méthode suppose que la différence de potentiel entre les animaux est due à des différences entre leur séquence d'ADN héritée selon les lois mendéliennes (Goddard and Whitelaw, 2014). Considérer que cette transmission d'information à travers les générations ne se fait que par le passage d'une partie de l'ADN du parent aux descendants est une vision réductrice de l'héritabilité (Danchin et al., 2011). En effet, d'autres types de caractéristiques, transmises à travers les générations, ont été mises en évidence : l'hérédité non-mendélienne telle que la transmission des marques épigénétiques et l'hérédité non-génétique telle que l'héritabilité comportementale ou encore

la transmission transgénérationnelle du microbiote (Combes et al., 2013; English et al., 2015; Rossiter, 1994; Sonnenburg et al., 2016).

La question qui se pose est donc la suivante : aurait-on avantage à tenir compte de ces différentes formes d'héritabilités dans la filière cunicole lors de la sélection des futurs reproducteurs ? Dans cet article nous nous attacherons à répondre à cette question en nous intéressant plus particulièrement aux caractères influencés par des effets maternels. Ces derniers sont principalement des caractères mesurés sur le jeune tels que le poids à la naissance, la survie ou la croissance avant sevrage, période où l'influence des effets maternels est généralement la plus forte (Cundiff, 1972).

### 1. Les facteurs agissant sur les caractères influencés par des effets maternels : la théorie

Un caractère est dit influencé par des effets maternels lorsqu'un ou des phénotypes maternels contribuent à l'environnement de l'animal étudié et qu'ils ont une influence sur le phénotype de ce dernier (Wolf and Wade, 2009). Par exemple, la croissance du jeune avant sevrage est à la fois influencée par les caractéristiques propres du jeune : sa capacité d'ingestion et son efficacité alimentaire et par les caractéristiques de sa mère nourricière : sa production laitière qui conditionne

la quantité de lait qui sera mise à la disposition du jeune. Ainsi les effets génétiques et non génétiques du jeune et ceux de sa mère vont influencer la croissance du jeune avant sevrage ce qui complique fortement les estimations des paramètres génétiques pour ce type de caractère (Lee, 2002).

### 11. Les facteurs génétiques

Dans le cas des caractères influencés par des effets maternels, 2 types d'effets génétiques jouent sur le phénotype mesuré sur le jeune : les effets génétiques directs et les effets génétiques maternels.

#### 111. Les effets génétiques directs et maternels

Les **effets génétiques directs** correspondent à l'expression des gènes portés par l'individu sur lequel le phénotype est mesuré et qui modifient les caractéristiques de cet individu pour le phénotype en question. Les **effets génétiques maternels** correspondent, quant à eux, à l'expression des gènes portés par la mère (génétique, porteuse ou nourricière) de cet individu. Ils ont une influence sur les caractéristiques maternelles qui vont elles-mêmes jouer sur le phénotype mesuré sur le jeune en modifiant son environnement. Ces gènes sont codés par l'ADN qui est transmis de génération en génération lors de la production des gamètes et de la fécondation. Ainsi un individu reçoit pour moitié l'ADN transmis par son père et pour moitié celui transmis par sa mère. Toutefois l'ADN des organelles (mitochondries) présent dans l'ovocyte est transmis en intégralité par la mère (Gyllensten et al., 1985).

Pour estimer le potentiel génétique d'un individu, on quantifie la valeur génétique additive de ce dernier (c'est à dire la somme des effets additifs de chaque gène) en regardant la ressemblance des phénotypes des individus apparentés. Puisqu'un parent transmet la moitié de son ADN à son descendant, il transmet en espérance la moitié de sa valeur génétique additive à son descendant. Lorsque l'on s'intéresse aux caractères influencés par des effets maternels, on utilise la ressemblance entre phénotypes de différents types d'apparentés pour estimer les effets génétiques directs d'une part et maternels d'autre part. En utilisant le modèle d'analyse statistique *ad-hoc* des phénotypes des individus, il est alors possible i) d'estimer les variances génétiques additives directes et maternelles du caractère qui serviront à l'estimation de son héritabilité et ii) de prédire les valeurs génétiques additives directes et maternelles des individus. Il a été rapporté une héritabilité du poids au sevrage des lapins de 0.26 pour les effets directs et 0.09 pour les effets maternels (David et al., 2015).

Notons néanmoins que le descendant est génétiquement identique à sa mère en ce qui concerne les mitochondries présentes dans l'ovocyte. Si les gènes des organelles influencent le caractère d'intérêt, il y aura une plus forte ressemblance phénotypique entre le descendant et sa mère qu'entre le descendant et son père ce qui est à tort interprété comme des effets génétiques maternels (Wolf and Wade, 2009). Cette héritabilité particulière des organelles n'est pas la seule source de biais dans l'estimation des effets génétiques maternels. En effet, avec l'avènement des données génomiques, marqueurs génétiques type SNP (single-nucleotide polymorphism) et séquençage, il est maintenant possible d'étudier directement les effets d'une différence de code de l'ADN sur le phénotype. De telles études associant les marqueurs génétiques au phénotype (GWAS pour Genome-Wide Association Study) ont montré que les effets additifs des marqueurs pouvaient n'expliquer qu'une faible part de la variance génétique additive estimée à partir de l'étude de la ressemblance entre apparentés ; c'est-à-dire une faible part de l'héritabilité estimée par les modèles de génétique quantitative (moins de 10% pour certaines maladies) (Eichler et al., 2010). De nombreuses causes peuvent expliquer cette « héritabilité manquante » : i) les marqueurs du génome ne sont pas exhaustifs, ii) les effets des gènes ne sont pas uniquement additifs, il peut y avoir des interactions entre ces derniers qui ne sont pas prises en compte dans les GWAS, iii) il existe d'autres sources de ressemblance entre apparentés que leur séquence d'ADN. C'est ce dernier point que nous allons aborder en nous intéressant à l'héritabilité de l'épigénome, du comportement et du microbiote.

#### 112. L'héritabilité non-mendélienne : l'information épigénétique

Outre l'importance des effets génétiques dans la variabilité des caractères de production, l'environnement et les interactions entre ces facteurs (génétique et environnement) contribuent également à l'expression des caractères. **L'information épigénétique** - mécanismes héréditaires régulant l'expression des gènes sans modification de la séquence d'ADN - peut également être transmise à travers les générations et avoir une influence sur le phénotype de la descendance (Jablonka and Gaz, 2009). Ces phénomènes épigénétiques sont sensibles aux variations de milieu et dépendent des expériences vécues par les animaux au cours de leur vie. Ainsi, un phénotype résulte également de l'interaction entre le génome. Contrairement au génome fixé au moment de la fécondation, l'épigénome est dynamique car il est modulé par des facteurs environnementaux au cours de la vie de l'individu.

Les connaissances actuelles portant sur les mécanismes épigénétiques potentiellement impliqués de manière significative dans la variabilité des caractères concernent (i) le phénomène d’empreinte génomique parentale et (ii) les interactions avec l’environnement.

(i) Le génome d’un individu est hérité à 50% de sa mère et 50% de son père. La très grande majorité des gènes d’un organisme présente un mode d’expression dit bi-allélique car les copies maternelle et paternelle sont exprimées. En revanche, quelques gènes appelés « **gènes soumis à empreinte génomique parentale** » échappent à cette règle et présentent une expression mono-allélique. Ces gènes ont la faculté de n’exprimer qu’un seul de leurs deux allèles parentaux (allèle paternel ou maternel) selon l’apposition précise de marques épigénétiques. A ce titre, ces gènes particuliers se caractérisent par un mode de transmission atypique connu sous le nom d’**héritabilité génétique non-mendélienne**. Des mutations dans certains de ces gènes sont d’ailleurs responsables de phénotypes agronomiques d’intérêt comme le locus *DLK1* associée à une hypermuscularité chez le mouton (Cockett et al., 1996) ou le gène *IGF2* chez le porc favorisant de forte croissance (Van Laere et al., 2003). Dans le cas des caractères influencés par des effets maternels qui sont mesurés et estimés à partir des performances des descendants comme le poids de naissance ou la croissance avant sevrage, les gènes soumis à empreinte génomique parentale représentent une cible d’intérêt. En effet, ces gènes sont connus pour jouer un rôle majeur dans le développement et la croissance fœtale et post-natale. Par exemple, une étude récente menée chez l’homme a montré que la transmission d’un allèle paternel dans le gène *DLK1* était associée à une réduction significative du poids de naissance (Moore et al., 2015).

(ii) Il est aujourd’hui admis que divers facteurs environnementaux (régime alimentaire, exposition à des radiations ou agents chimiques) peuvent modifier de façon réversible les marques épigénétiques d’un individu (Alegría-Torres et al., 2011). A titre d’exemple, dans le modèle murin Avy (Agouti viable yellow), l’alimentation de la mère au cours de la gestation et après la parturition a un impact direct sur la couleur du pelage des descendants. Ces variations de phénotypes sont dues à des changements de marques épigénétiques (méthylation de l’ADN) au locus Avy (Jirtle, 2014). La question sous-jacente à ces observations est la potentielle transmission de ces effets épigénétiques à travers les générations *via* une hérédité non-mendélienne. Alors que cette **transmission épigénétique transgénérationnelle** est bien connue chez les plantes (Weigel and Colot, 2012), peu

d’exemples sont recensés chez les animaux. Le plus étudié concerne l’impact de l’exposition *in utero* à un agent chimique (vinclozoline) chez le rat où une diminution de la fertilité mâle a été observée jusqu’à quatre générations post-stress (Anway et al., 2005). Des modifications de l’épigénome spermatique (cellules germinales mâles) ont été mises en évidence (Guerrero-Bosagna et al., 2010). Cet exemple illustre le fait que l’information épigénétique, sous l’effet d’un facteur d’environnement, retentit sur le phénotype de l’adulte et peut s’hériter sur plusieurs générations successives.

Les phénomènes épigénétiques caractérisés par une hérédité non-mendélienne représentent un nouvel aspect des relations entre génotype, environnement et phénotype. Une meilleure compréhension de l’influence de ces modifications sur l’expression des gènes selon des variations de milieu semble donc un enjeu fort pour l’agriculture actuelle. Ainsi, prendre en compte les effets génétiques et épigénétiques dans les schémas de sélection permettrait certainement d’améliorer leur efficacité et de mieux comprendre la variabilité des caractères complexes (Petronis, 2010).

## 12. Les facteurs non génétiques héréditaires

### 12.1. Héritage comportemental

**L’héritage comportemental consiste en la transmission sur plusieurs générations de caractères comportementaux** observés sur les jeunes qui découlent du comportement de la mère qui les élève (Rossiter, 1996). Ces effets parentaux, initialement perçus comme une source de variation environnementale, sont désormais reconnus comme une source d’héritabilité importante qui contribue à la ressemblance entre parents et progéniture (Danchin et al., 2011; Kirkpatrick and Lande, 1989; Mousseau and Fox, 1998). Par exemple, la mère peut inculquer à ses filles son comportement maternel, et ces dernières s’en inspireront une fois adulte pour élever leur propre progéniture. Le concept d’héritage comportemental est communément utilisé dans le cadre de la biologie évolutive pour comprendre les conséquences d’effets parentaux sur les phénotypes et leur évolution. On parle parfois d’un conditionnement culturel exercé par les parents sur leur descendance, ou plus généralement d’effets parentaux à médiation sociale. Cet héritage non-génétique a des répercussions démontrées sur l’évolution des caractères chez les animaux. Ces effets permettent la transmission de variations phénotypiques sur plusieurs générations. Par exemple chez la souris, une réduction de l’anxiété sur au moins deux générations est observée lorsque les mères élèvent

leurs petits en collectivité (trois portées par cage) (Curley et al., 2009).

Il existe des interactions entre effets parentaux génétiques et non génétiques qui régulent les processus de développement. Les travaux de Meaney et ses collaborateurs (Liu et al., 1997) ont permis de montrer que des différences dans la fréquence de léchage-toilettage de la progéniture entre femelles, avaient des conséquences sur le développement du système de régulation du stress. Les issues de souris peu maternelles présentent une moindre capacité d'adaptation au stress et de moindres capacités cognitives. Ces effets sont inversés par le processus d'adoption, lorsque la progéniture de souris maternelles est confiée à des souris peu maternelles, et *vice versa*, ce qui démontre l'existence d'un effet environnemental médié par les soins maternels (Francis et al., 1999). Des souris mères mutantes, génétiquement perturbées dans leurs soins maternels, sont capables de transmettre leur comportement dégradé à des filles de type sauvage, avec des répercussions démontrées sur au moins 2 générations (Curley et al., 2008). Les mécanismes impliqués dans ces effets parentaux non-génétiques sont mal connus, ce qui limite notre capacité à les détecter et donc les étudier (Champagne, 2008). Notamment l'héritage non génétique lié à l'expérience implique des variations dans la méthylation de l'ADN. Les marques épigénétiques chez le parent porteur modifient leur comportement de telle façon que les mêmes marques épigénétiques apparaissent dans la descendance. Le changement comportemental recrée ainsi *de novo* les marques épigénétiques à chaque génération.

Un exemple remarquable d'interactions entre différents mécanismes d'héritage est celui des soins maternels transmis des mères aux jeunes souris (Champagne, 2008). Les processus impliqués incluent les interactions entre gènes, l'épigénétique et le comportement. Un faible niveau de soins maternels induit la méthylation de l'ADN de gènes qui codent pour des récepteurs aux œstrogènes exprimés dans le cerveau. Le patron de méthylation est maintenu au cours de la vie, et réduit l'expression des gènes concernés à l'état adulte, ce qui réduit la sensibilité des jeunes souris aux œstrogènes et réduit le niveau de soins qu'elles procurent juste après la mise-bas.

Peu de chose sont connues chez le lapin. Néanmoins, nous nous sommes intéressés à la transmission intergénérationnelle de divers comportements des femelles adultes, dont les soins maternels (Burri et al., 2014 ; Gervais et al., 2015 : rapport de stage). L'étude de lapines et de femelles de leur descendance devenues mères à la génération suivante a permis de montrer qu'il existe une transmission mère-jeune de la motivation à allaiter,

mesurée par l'immédiateté de l'entrée dans le nid après l'ouverture matinale de la porte. La probabilité qu'une fille devenue adulte réalise ce comportement était supérieure si sa propre mère le réalisait aussi. Ce caractère est corrélé favorablement à la croissance de la progéniture, donc un bon indicateur de la capacité maternelle des lapines. Dans ce dispositif, imbriqué dans le schéma de sélection de la lignée, il n'était pas possible de dissocier les parts de transmission génétique et non-génétique des comportements.

#### 122. Le microbiote : un potentiel génétique bactérien de milliers de gènes

A l'instar de tous les mammifères, le tractus digestif des lapereaux héberge une large population de microorganismes. Dans le caecum, la communauté bactérienne est estimée à  $10^{12}$  bactéries / gramme (Combes et al., 2011). Le séquençage massif de l'ADN du microbiote bactérien de 30 lapines a permis le référencement de près de 6,2 millions de gènes bactériens (Achard et al., 2015). Si l'on estime que chaque lapin hébergerait de quelques centaines à un millier d'espèces bactériennes, le nombre de gènes bactériens potentiellement hébergé par chaque lapin serait de plusieurs milliers de gènes bactériens et constitue ainsi un «deuxième génome».

Le microbiote joue un rôle fondamental sur la physiologie et la nutrition de l'hôte et affecte notamment les fonctions immunitaires et métaboliques (Combes et al., 2013; Sommer and Backhed, 2013). Des expériences de transfert de microbiote d'individus de la même espèce ou d'individus d'espèces différentes montrent que les caractéristiques phénotypiques portées par le microbiote sont transmissibles. Ainsi le transfert du microbiote de souris obèses à des souris axéniques (dépourvu de microbiote) induit une prise de poids supérieure à celle induite par le transfert d'un microbiote de souris minces (Turnbaugh et al., 2006). De même, les souris axéniques colonisées peu après la naissance par le microbiote intestinal de porc Rongchang ou Yorkshire, développent les mêmes phénotypes au niveau du muscle squelettique (type de fibre et métabolisme lipidique musculaire) que le porc donneur de microbiote (Yan et al., 2016).

**La transmission inter-générationnelle de tout ou partie de ce potentiel génétique bactérien (e.g. le microbiote) est le fait d'un contact du nouveau-né avec sa mère et son environnement immédiat.** En effet, *in utero*, le tube digestif du lapereau comme des autres mammifères est proche de la stérilité. La colonisation débute dès la naissance, au contact de la filière génitale, lors de la tétée et au contact de l'environnement du nid. Chez le lapin,



un comportement d'excrétion de pelote fécale par la mère dans le nid et de coprophagie par les lapereaux est observé (Combes et al., 2014). Ce comportement coprophage participe à la maturation du microbiote caecal des lapereaux et conditionne leur santé. L'influence de l'origine génétique intervient peu dans la colonisation du microbiote du jeune lapereau, puisque la structure de la communauté microbienne de lapereaux adoptés est plus proche de celle de leur mère adoptive que de celle de leur mère biologique (Abecia et al., 2007). De même, chez des porcelets séparés de leur mère à la naissance et allaités artificiellement, les individus élevés dans le même parc ont plus de similitudes entre eux qu'avec leurs frères biologiques élevés dans des parcs différents (Thompson and Holmes, 2009). A l'inverse, les microbiotes de vrais jumeaux (monozygotes) sont plus proches entre eux que ne le sont les microbiotes de faux jumeaux (dizygotes) (Steward et al., 2005). Toutefois, l'analyse en coségrégation des espèces bactériennes majoritaires et des marqueurs génétiques de type SNP ont permis d'identifier chez la souris des zones du génome qui affectent de manière notable la composition du microbiote (Benson et al., 2010). Plus récemment, chez l'homme l'héritabilité des espèces bactériennes composant le microbiote fécal a été estimée et est comprise entre 0 and 0,42 (Beaumont et al., 2016). L'ensemble de ces dernières observations tend à démontrer que si le transfert du microbiote d'une génération à l'autre se fait par contact entre la mère nourricière et le jeune qu'elle élève, la génétique de l'hôte jouerait également un rôle dans la construction de ce microbiote. Il existe sans doute un dialogue entre l'hôte et les espèces qui le colonisent qui contribue à la configuration finale du microbiote. Toutefois, la nature de ce dialogue reste à élucider. Compte tenu de la capacité du microbiote à moduler le phénotype de l'hôte, les stratégies d'amélioration des caractères devraient prendre en compte, en plus du choix des individus sur leur valeur génétique additive, la composition du microbiote de l'ascendant ou de la mère adoptive et chercher à maîtriser les modalités de transmission de ce microbiote au descendant.

## **2. Hypothèse d'estimation de la transmission non mendélienne des caractères maternels**

Actuellement, dans la majorité des filières de production animale, les animaux sont sélectionnés en fonction de leur valeur génétique additive afin d'obtenir une amélioration durable des caractères dans la population. Les méthodes mises en œuvre pour cette sélection reposent sur la ressemblance génétique entre apparentés. La matrice de parenté utilisée dans la majorité des systèmes d'évaluation génétique ne modélise que la transmission mendélienne des caractères (i.e. en moyenne le jeune exprime la moitié du potentiel génétique de sa

mère plus la moitié de celui de son père). Néanmoins, comme nous venons de le voir, les autres formes d'héritage (épigénétique, comportemental, microbiote) créent également une ressemblance entre la mère (génétique ou allaitante) et le jeune qui se superpose aux effets génétiques maternels et nuit à leur estimation. Pour isoler les effets génétiques mendéliens des autres formes d'héritage et obtenir une mesure individuelle du potentiel non génétique (e.g. non mendélien) de chaque animal, différentes méthodes ont été proposées. Il est théoriquement possible de modifier la matrice de parenté pour prendre en compte les phénomènes de transmission génétique non mendéliens tels que la transmission des organelles et le phénomène d'empreinte génomique parentale. De la même manière, il est possible d'estimer les effets épigénétiques ou comportementaux en les ajoutant au modèle génétique et en les associant respectivement à une matrice de ressemblance épigénétique (Tal et al., 2010) ou à une matrice de ressemblance comportementale (Danchin et al., 2013). A l'heure actuelle aucune méthode de ce type n'a été, à notre connaissance, proposée pour prendre en compte la transmission transgénérationnelle du microbiote. Il est envisageable de construire une matrice de ressemblance du microbiote pour tenir compte de cet effet de la même manière que les autres. Toutefois la transmission du microbiote (e.g. par contact maternel) est intimement liée au comportement maternel. L'estimation séparée de l'héritage microbien et de l'héritage comportemental nécessite donc de plus amples recherches.

Plutôt que l'estimation, l'héritage comportemental et microbien d'un animal pourraient être mesurés directement. Ainsi, le comportement maternel de la lapine peut être mesuré par l'infanticide ou la motivation à allaiter les lapereaux, ou indirectement par la qualité du nid (dépôt de poils) (Canario communication personnelle). Le microbiote digestif est quant à lui constitué de deux valences : son potentiel de transmission et sa qualité (composition, fonctionnement et résilience). Le potentiel de transmission pourrait peut-être être estimé par comptage du nombre de pelotes fécales déposées dans le nid puisqu'il a été montré que ce trait est variable suivant les individus et impliqué dans la transmission du microbiote de la mère allaitante à sa descendance. Estimer la qualité du microbiote suppose une analyse de la composition microbienne des pelotes fécales. Toutefois, si la composition moyenne des fèces de lapine est connue, le profil bactérien optimal à transmettre reste à définir.

Néanmoins, contrairement aux méthodes consistant à estimer le potentiel des animaux, mesurer directement les capacités comportementales d'un

animal ne peut se faire que sur l'animal adulte ce qui retarde d'autant la sélection et implique des coûts supplémentaires (temps, argent). Concernant le microbiote ces mesures pourraient être réalisées dès 50 jours d'âge, date à laquelle l'écosystème atteint un équilibre stable (Combes et al., 2011). Enfin, en supposant que le potentiel global de chaque animal, (i.e. la combinaison des potentiels génétique, épigénétique, comportemental et du microbiote) soit connu (estimé ou mesuré), comment tenir compte de ces différentes formes d'héritabilité dans le choix des futurs reproducteurs et quel en serait l'avantage ?

L'avantage d'une sélection génétique n'est plus à démontrer ; son bénéfice est durable dans le temps.

**Les phénomènes épigénétiques, le comportement et le microbiote, bien qu'ayant une transmission transgénérationnelle, ne sont quant à eux pas durables car sujets à modification par l'environnement.** Leur utilisation dans le choix des futurs reproducteurs n'entraîne donc pas des modifications pérennes ni une large diffusion du bénéfice dans la population. Néanmoins, en sélectionnant les futurs reproducteurs sur ces facteurs, on peut s'attendre à une plus forte amélioration du phénotype d'intérêt par addition d'effets sur quelques générations. La démarche ne sera pas la même pour les mâles et les femelles. Il y aurait intérêt à sélectionner les meilleures femelles sur leur potentiel « de comportement maternel » et/ou sur la composition de leur microbiote. En revanche, pour le choix des futurs mâles reproducteurs, il n'existe pas de manière concrète d'utiliser l'héritage non génétique, (comportement ou microbiote) puisque ces derniers ne se transmettent pas par la voie mâle. Néanmoins, il peut être judicieux de privilégier les gènes exprimés à partir des allèles maternels dans les lignées maternelles et exprimés à partir des allèles paternels dans les lignées paternelles (Goddard and Whitelaw, 2014).

Cependant, l'application des méthodes précitées pour mieux dissocier les différentes sources de ressemblance entre la mère et le jeune et ainsi estimer leurs différents potentiels (épigénétique, comportemental, du microbiote) suppose généralement de casser le lien génétique entre la mère allaitante et le jeune. Cela veut dire avoir recours à de nombreuses adoptions croisées identifiées, ce qui n'est pas toujours réalisable en pratique.

Néanmoins, puisque l'environnement influence ces phénomènes, il serait peut-être judicieux de modifier les conditions environnementales des futurs reproducteurs afin d'améliorer leurs potentiels pour ces différentes formes d'héritage (Goddard and Whitelaw, 2014).

### 3. Des conditions environnementales pour potentialiser les bénéfices de la transmission non mendélienne des caractères maternels

En élevage de sélection, de démultiplication ou bien dans le noyau de grand-parentaux des élevages qui pratiquent l'autorenouveau, comment prendre en compte les paramètres environnementaux qui vont conditionner l'épigénome, l'héritage comportemental, et le microbiote transmis des femelles grands-parentales aux femelles parentales futures reproductrices ? En faisant le postulat que le choix de la souche génétique soit acquis, nous présentons ici des hypothèses quant aux leviers d'action susceptibles de favoriser les caractères transmis par ces différentes formes d'héritage.

Il existe des périodes critiques au cours de la vie des individus pendant lesquelles les caractères transmis par des sources d'héritabilités non mendéliennes sont fortement impactées par l'environnement et les pratiques d'élevage. Il s'agit notamment de la période fœtale, de la naissance et de la puberté. En élevage, les futures reproductrices sont sélectionnées et identifiées au sevrage sur des critères de poids et d'état sanitaire (Theau-Clement et al., 2015). Toutefois, les caractères transmis par la jeune femelle se construisent au cours de sa vie fœtale et de l'allaitement.

Pendant la vie fœtale, une succession de modifications épigénétiques ont lieu dont certaines persisteront à la naissance (Vaiserman et al., 2017). Ainsi, les facteurs environnementaux qui vont conditionner l'état nutritionnel et l'état psychique des femelles pendant la gestation affecteraient l'épigénome des cellules somatiques et germinales du fœtus et modèleraient les caractères, notamment maternels, des descendants sur plusieurs générations. En élevage conventionnel, avec un rythme à 42 jours, sur l'ensemble de la carrière reproductive, les lapines sont simultanément gestantes et allaitantes pendant 55% du temps (Fortun-Lamothe, 2006). La superposition de la lactation, où les demandes énergétiques sont fortes, et de la gestation impacte la croissance fœtale (Fortun-lamothe et al., 1999) mais également le développement des cellules germinales des lapereaux à naître (Fortun-lamothe L., 2000). De même pendant la gestation, le stress subi par les mères est également susceptible d'altérer l'épigénome fœtal. La proximité des femelles et des lapereaux avant le sevrage et le changement de cage dans les systèmes « duo » sont des facteurs de stress de la femelle en fin de gestation.

→ Ainsi le choix du rythme de reproduction, l'état corporel associé à la conduite alimentaire et les stress potentiels des femelles de la génération précédente conditionneront la transmission des caractères maternels des femelles futures reproductrices.

A la naissance, une variabilité du comportement maternel des lapines est observée en fonction du rang de portée mais également entre individus (Burri, 2014, rapport de stage). Plusieurs caractéristiques liées au comportement maternel (motivation à allaiter, qualité du nid) impactent les performances de production (Gervais, 2015, rapport de stage) et sont à l'origine des décisions de réforme des femelles par l'éleveur. Ces phénotypes comportementaux constituent un héritage comportemental qui est susceptible d'être transmis sur plusieurs générations. Par exemple une fille ayant bénéficiée d'un nid avec un bon confort thermique sera selon l'hypothèse de l'héritage comportemental, plus encline à produire le même type de nid pour ses descendants. Toutefois aucune donnée en ce sens n'est actuellement disponible.

→ Ainsi, il est important de procurer un environnement favorable, qui limite le stress chez les femelles futures reproductrices. De plus, les futures reproductrices génétiquement performantes pourraient être adoptées par des femelles (grands parentales ou non) présentant un comportement maternel favorable (faisant un nid de bonne qualité et prodiguant de bons soins maternels).

De même, à la naissance et dans les premiers jours de vie, la colonisation microbienne du tractus digestif est dépendante des comportements d'excrétion de pelotes fécales par la lapine et de coprophagie par les lapereaux qui présentent tous les deux une forte variabilité (Combes et al., 2014). Maitriser l'implantation et la transmission du microbiote entre la mère nourricière et le descendant *via* le comportement coprophage des lapereaux présente un intérêt particulier dans la préservation de la santé du lapereau mais également de ses descendants (*via* l'héritage microbien et comportemental). Dans ce cadre, la femelle reproductrice pourrait également être sélectionnée sur la « qualité » de son microbiote et sa capacité à le transmettre (voir paragraphe 2). La nutrition est le principal levier de modulation de la composition et du fonctionnement du microbiote. Compte tenu du rôle protecteur des fibres chez le lapin (Gidenne, 2015), une supplémentation des lapines en prébiotiques e.g. oligosaccharides uniquement digestibles par les bactéries du microbiote, pourraient promouvoir la transmission d'un microbiote plus robuste. Ainsi, chez la truie une supplémentation alimentaire peri-partum en fructo-oligosaccharides stimule le développement du système immunitaire du porcelet (Le Bourgot et al., 2014), cet effet est médié potentiellement par le colostrum mais également par le microbiote transmis par la mère.

→ En élevage (centre de sélection ou élevage en cas d'autorenouvellement) il conviendrait d'orienter la composition du microbiote des

mères qui allaitent les femelles parentales vers une composition favorable. L'utilisation du levier nutritionnel et la supplémentation en prébiotiques est particulièrement pertinente.

Enfin, en élevage, la lapine prépubère et jusqu'à sa mise à la reproduction est classiquement hébergée en cage de précheptel ou en unité d'engraissement. L'état nutritionnel de ces femelles encore en croissance peut potentiellement avoir des conséquences sur la mise en place de son microbiote et sur le processus de maturation des gamètes et influencer l'apposition de marques épigénétiques dont certaines ne seront potentiellement pas réversibles. Toutefois aucune donnée n'est actuellement disponible chez le lapin sur ses remodelages épigénétiques.

Afin d'optimiser la transmission génétique et non génétique des caractères maternels d'intérêt, le choix des femelles futures reproductrices devrait prendre en compte les conditions environnementales dans lesquelles elles ont grandi de leur vie fœtale jusqu'à la mise à la reproduction. Ces conditions environnementales dépendent de choix de conduite d'élevage (système de production, rythme de reproduction, plan d'alimentation), de conditions intrinsèques à un élevage (ambiance, prise en compte par l'éleveur des bénéfices à limiter le stress pour le bien-être) mais également de la prédisposition comportementale inhérente à chaque lapine.

## Conclusions

La transmission des caractères maternels se fait par l'intermédiaire de facteurs génétiques à transmission mendélienne et non mendélienne (épigénétique) mais également par des phénomènes non génétiques : tel l'héritage comportemental et la transmission du microbiote. A l'inverse de la voie génétique mendélienne, ces autres voies de transmission (épigénétique, héritage comportemental et microbiote) ne sont pas pérennes mais sensibles aux variations de l'environnement. Toutefois, leur prise en compte dans les schémas de sélection soit par estimation soit par mesure permettrait de potentialiser la transmission des caractères. De futurs dispositifs pourraient être imaginés et développés pour quantifier l'importance relative des transmissions génétique et non-génétique des caractères maternels.

En élevage, les femelles destinées à la reproduction sont sélectionnées et identifiées au sevrage sur des critères de poids et d'état sanitaire. Mais cette sélection pourrait également prendre en compte les conditions environnementales des jeunes femelles, de leur développement foetal jusqu'à leur mise à la reproduction. Il conviendrait par exemple de

prendre en compte le rang de portée, le comportement maternel, l'état de stress, l'état nutritionnel conditionnant l'état corporel, et la capacité à transmettre un microbiote résilient des mères allaitantes les femelles futures reproductrices. Toutefois, la cible recherchée de certains critères comme la qualité du microbiote, l'état de stress et le comportement maternel ne sont pas encore définis et doivent faire l'objet de travaux de recherches.

## Remerciements

Les auteurs remercient Laurence Fortun-Lamothe et Hervé Garreau pour leur relecture attentive et éclairante.

## Références

- Abecia, L., M. Fondevila, J. Balcells, and N. R. McEwan. 2007. The effect of lactating rabbit does on the development of the caecal microbial community in the pups they nurture. *J. Appl. Microbiol.* 103: 557-564.
- Achard C. , V. Dupouy, S. Siviglia, N. Arpaillange, B. Gabinaud, S. Combes, Y. Ramayo-Caldas, C. Denis, M. Ballester, S. Boucher, B. Dile, S. Chatellier, b. Le Normand, A. Chaubet, D. Esquerre, A. Ghozlane, E. Ruppe, A. Bousquet-Melou, J. Estelle, O. Zemb, 2015. Etat des lieux de l'antibiorésistance en élevage cunicole français et application du concept d'exclusion compétitive pour limiter la transmission d'un microbiote maternel antibiorésistant 16. Journées de la Recherche Cunicole. p 197-201. ITAVI - Institut Technique de l'Aviculture, Le Mans.
- Alegria-Torres, J. A., A. Baccarelli, and V. Bollati. 2011. Epigenetics and lifestyle. *Epigenomics* 3: 267-277.
- Anway, M. D., A. S. Cupp, M. Uzumcu, and M. K. Skinner. 2005. Epigenetic Transgenerational Actions of Endocrine Disruptors and Male Fertility. *Science* 308: 1466-1469.
- Beaumont, M. et al. 2016. Heritable components of the human fecal microbiome are associated with visceral fat. *Genome Biology* 17: 189.
- Benson, A. K. et al. 2010. Individuality in gut microbiota composition is a complex polygenic trait shaped by multiple environmental and host genetic factors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107: 18933-18938.
- Champagne, F. A. 2008. Epigenetic mechanisms and the transgenerational effects of maternal care. *Front. Neuroendocrinol.* 29: 386-397.
- Cockett, N. E. et al. 1996. Polar Overdominance at the Ovine *callipyge* Locus. *Science* 273: 236-238.
- Combes, S., L. Fortun-Lamothe, L. Cauquil, and T. Gidenne. 2013. Engineering the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy. *Animal* 7: 1429-1439.
- Combes, S., T. Gidenne, L. Cauquil, O. Bouchez, and L. Fortun-Lamothe. 2014. Coprophagous behavior of rabbit pups affects implantation of cecal microbiota and health status. *J. Anim. Sci.* 92: 652-665.
- Combes, S. et al. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol.* 77: 680-689.
- Cundiff, L. V. 1972. The role of maternal effects in animal breeding: VIII. Comparative aspects of maternal effects. *J. Anim. Sci.* 35: 1335-1337.
- Curley, J. P., F. A. Champagne, P. P. Bateson, and E. B. Keverne. 2008. Transgenerational effects of impaired maternal care on behaviour of offspring and grandoffspring. *Anim. Behav.* 75: 1551-1561.
- Curley, J. P., S. Davidson, P. Bateson, and F. A. Champagne. 2009. Social enrichment during postnatal development induces transgenerational effects on emotional and reproductive behaviour in mice. *Front. Behav. Neurosci.* 3: 1-14.
- Danchin, É. et al. 2011. Beyond DNA: Integrating Inclusive Inheritance into an Extended Theory of Evolution. *Nature Reviews Genetics.* 12: 475-486.
- David, I. et al. 2015. The direct-maternal genetic correlation has little impact on genetic evaluations. *J. Anim. Sci.* 93: 5639-5647.
- Eichler, E. E. et al. 2010. Missing heritability and strategies for finding the underlying causes of complex disease. *Nature reviews. Genetics* 11: 446-450.
- English, S., I. Pen, N. Shea, and T. Uller. 2015. The information value of non-genetic inheritance in plants and animals. *PLoS One* 10: e0116996.
- Fortun-Lamothe, L. 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.* 93: 1-15.
- Fortun-lamothe, L., A. Prunier, G. Bolet, and F. Lebas. 1999. Physiological mechanisms involved in the effects of concurrent pregnancy and lactation on foetal growth and survival in the rabbit. *Livest Prod Sci* 60: 229-241.
- Fortun-lamothe L., P. S., Collet A., Read K., Mariana J.C. . 2000. Effects of concurrent pregnancy and lactation in rabbit does on the growth of follicles in daughters' ovaries. *World Rabbit Sci.* 8: 33-40.
- Francis, D., J. Diorio, D. Liu, and M. J. Meaney. 1999. Nongenomic Transmission Across Generations of Maternal Behavior and Stress Responses in the Rat. *Science* 286: 1155-1158.
- Gidenne, T. 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal* 9: 227-242.
- Goddard, M. E., and E. Whitelaw. 2014. The use of epigenetic phenomena for the improvement of sheep and cattle. *Frontiers in genetics* 5: 247.
- Guerrero-Bosagna, C., M. Settles, B. Lucker, and M. K. Skinner. 2010. Epigenetic Transgenerational Actions of Vinclozolin on Promoter Regions of the Sperm Epigenome. *PLoS ONE* 5: e13100.
- Gyllenstein, U., D. Wharton, and A. C. Wilson. 1985. Maternal inheritance of mitochondrial DNA during backcrossing of two species of mice. *J. Hered.* 76: 321-324.
- Jablonka, E., and G. Gaz. 2009. Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution. *Q Rev Biol* 84: 131-176.
- Jirtle, R. L. 2014. The Agouti mouse: a biosensor for environmental epigenomics studies investigating the developmental origins of health and disease. *Epigenomics* 6: 447-450.
- Kirkpatrick, M., and R. Lande. 1989. The evolution of maternal characters *Evolution* 43: 485-503.
- Le Bourgot, C. et al. 2014. Maternal Short-Chain Fructooligosaccharide Supplementation Influences Intestinal Immune System Maturation in Piglets. *PLOS ONE* 9: e107508.

- Lee, C. 2002. On the negative estimates of direct and maternal genetic correlation-A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* 15: 1222-1226.
- Liu, D. et al. 1997. Maternal Care, Hippocampal Glucocorticoid Receptors, and Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Responses to Stress. *Science* 277: 1659-1662.
- Moore, G. E. et al. 2015. The role and interaction of imprinted genes in human fetal growth. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370: 20140074.
- Mousseau, T. A., and C. Fox. 1998. Maternal effects as adaptations for transgenerational phenotypic plasticity in insects. In: . In: F. C. Mousseau T., editors. (ed.) *Maternal effects as adaptations*. p 159–177. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Petronis, A. 2010. Epigenetics as a unifying principle in the aetiology of complex traits and diseases. *Nature* 465: 721-727.
- Rossiter, M. 1994. Maternal effects hypothesis of herbivore outbreak. *BioScience*. 44: 752–763.
- Rossiter, M. 1996 Incidence and consequences of inherited environmental effects. . *Annu. Rev. Ecol. Syst.*: 451-476.
- Sommer, F., and F. Backhed. 2013. The gut microbiota - masters of host development and physiology. *Nat Rev Micro* 11: 227-238.
- Sonnenburg, E. D. et al. 2016. Diet-induced extinctions in the gut microbiota compound over generations. *Nature* 529: 212-215.
- Steward, J. A., V. S. Chadwick, and A. Murray. 2005. Investigations into the influence of host genetics on the predominant eubacteria in the faecal microflora of children. . *J Med Microbiol* 54: 1239–1242. .
- Theau-Clement, M., D. Saviotto, A. Travel, and L. Fortun-Lamothe. 2015. Reproduction. In: G. Thierry (ed.) *Lapin de la biologie à l'élevage*. p 137-180. Editions Quae.
- Thompson, C. L., and A. J. Holmes. 2009. A window of environmental dependence is evident in multiple phylogenetically distinct subgroups in the faecal community of piglets. *FEMS Microbiol. Lett.* 290: 91-97.
- Turnbaugh, P. J. et al. 2006. An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. *Nature* 444: 1027-1131.
- Vaiserman, A. M., A. K. Koliada, and R. L. Jirtle. 2017. Non-genomic transmission of longevity between generations: potential mechanisms and evidence across species. *Epigenetics & Chromatin* 10: 38.
- Van Laere, A.-S. et al. 2003. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig. *Nature* 425: 832-836.
- Weigel, D., and V. Colot. 2012. Epialleles in plant evolution. *Genome Biology* 13: 249-249.
- Wolf, J. B., and M. J. Wade. 2009. What are maternal effects (and what are they not)? . *Phil Trans R Soc B* 364: 1107-1115.
- Yan, H. et al. 2016. Gut microbiota can transfer fiber characteristics and lipid metabolic profiles of skeletal muscle from pigs to germ-free mice. *Scientific Reports* 6: 31786.
-



## EFFET DE DIFFÉRENTES DURÉES QUOTIDIENNES DE JEÛNE SUR L'ÉTAT SANITAIRE ET LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES DES LAPINS EN ENGRAISSEMENT

Duperray Joël<sup>1</sup>, Grand Emeline<sup>2</sup>, Picard Estelle<sup>2</sup>, Troislouches Georges<sup>2</sup>, Launay Claire<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EVIALIS, Talhouët, B.P. 90394, 56006 Vannes Cedex

<sup>2</sup> NEOVIA, Talhouët, B.P. 90235, 56006 Vannes Cedex

Correspondant : jduperray@evialis.net

**Résumé.** L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de différentes durées de jeûne sur l'état sanitaire (mortalité, morbidité, Index de Risque Sanitaire (IRS)) et les performances zootechniques des lapins à l'engraissement. Pour cela, 2 essais sont menés avec des durées de jeûne différentes ; le premier essai compare 10h et 14h de jeûne par jour et le second 10h et 12h de jeûne par jour (lots J10 vs J14 et J10 vs J12 respectivement). Les lapins ont accès à l'aliment et à l'eau à volonté en dehors des périodes de jeûne. La mortalité est relevée chaque jour et les lapins sont pesés individuellement à 35 jours (sevrage) puis à 49 et 70 jours d'âge (abattage). La consommation d'aliment ainsi que la morbidité sont relevées aux mêmes dates. Le lot J12 permet d'améliorer significativement le statut sanitaire (morbidité et IRS diminués) des lapins en engraissement à 49 jours d'âge en comparaison avec le lot J10. Le lot J14 tend à réduire la mortalité par troubles digestifs à 70 jours des lapereaux en engraissement, comparé au lot J10 (9,2 % et 16,7 % respectivement,  $p < 0,083$ ). Les performances de croissance (poids finaux, gain moyen quotidien, indice de consommation) ne sont pas affectées significativement par la durée du jeûne. En conclusion, ces deux essais suggèrent qu'un jeûne quotidien doit être suffisamment long (supérieur à 10h) pour trouver le bon équilibre entre les risques sanitaires digestifs et les performances zootechniques.

**Abstract. Effect of different daily fasting periods on the sanitary status and growth performances of fattening rabbits.** The aim of this study is to evaluate the effect of different daily fasting periods on the sanitary status (mortality, morbidity, Health Risk Index (HRI) and growth performances of fattening rabbits. Two trials are led with different daily fasting periods; the 1<sup>st</sup> one compared 10 and 14 hours of fasting and the 2<sup>nd</sup> one 10 and 12 hours of fasting (J10 vs J14 groups J10 vs J12 groups respectively). Access to feed and water is free outside of the fasting periods. Mortality is registered every day and the rabbits are weighted individually at 35 days of age (weaning), 49 and 70 days of age (slaughtering). Feed consumption and morbidity are also registered at these dates. The 12 hours fasting period allows to improve significantly sanitary status (decrease in morbidity and HRI) of rabbits at 49 days of age, compared to the 10 hours fasting period group. The 14 hours fasting period allows to reduce mortality rate at 70 days of age compared to the 10 hours fasting period group (9,2 % and 16,7 % respectively,  $p < 0,083$ , tendency). Growth performances, (final weight, average daily gain, feed conversion ratio) are not significantly affected by the fasting duration. As a conclusion these 2 trials suggest that the daily fasting period has to be long enough (more than 10 hours) in order to find a good balance between digestive sanitary risk and growth performances.

### Introduction

La restriction alimentaire est aujourd'hui largement utilisée en élevage pour piloter les performances zootechniques et mieux maîtriser les troubles digestifs chez le lapin après sevrage (Gidenne *et al.*, 2012), depuis qu'il a été clairement établi qu'une diminution suffisante de l'ingéré permettait de réduire la mortalité et la morbidité (Boisot *et al.*, 2003). Deux modalités sont principalement utilisées pour rationner les lapins : un rationnement quantitatif avec distribution automatique d'une quantité précise d'aliment par lapin et par jour ; un rationnement obtenu par l'introduction d'une période de jeûne dans le nyctémère. Dans les deux cas de figure, le lapin bénéficie donc d'une période de jeûne plus ou moins

longue contrairement à un animal nourri à volonté qui mange tout au long de la journée avec un pic de consommation au cours de la nuit (Prud'hon *et al.*, 1975). Dans des travaux antérieurs (Duperray *et al.*, 2012), nous avons établi qu'en situation d'EEL (Entéropathie Epizootique du Lapin) une période de jeûne de 10 à 12h par jour conduisait à une réduction significative de la mortalité, au même titre qu'un rationnement quantitatif à 80 %, sans pour autant entraîner une baisse de l'ingéré par rapport à des animaux *ad libitum*. Nous avons démontré par la suite que la présence d'une période assez longue de jeûne (10 heures) au cours de la journée était tout aussi déterminante qu'un rationnement quantitatif pour optimiser les performances sanitaires et zootechniques du lapin (Duperray *et al.*, 2013).

L'objectif de ces essais est donc de déterminer quelle est la période de jeûne optimale à recommander à cet égard aux éleveurs : est-elle de 10, 12 ou 14 heures sur un nyctémère ?

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Animaux

2 essais ont été menés consécutivement au CRZA, centre de recherche de NEOVIA, situé à Château-Thierry (02) entre le 16/08 et le 01/11/2016. Dans l'essai 1 comme dans l'essai 2, 240 lapins de souche hybride sont répartis en 2 lots de 120 à 36 jours d'âge en fonction de leur sexe, leur portée d'origine et leur poids la veille du sevrage. Ils sont logés dans 2 modules d'une capacité totale de 120 lapins chacun (24 cages de 5 lapins). Chaque module est équipé d'une vis indépendante de distribution automatique de l'aliment, ce qui permet de faire varier le mode d'alimentation. L'abattage des lapins a lieu à 70 jours d'âge. Aucun traitement antibiotique n'est pratiqué.

### 1.2. Alimentation

Les animaux sont tous nourris avec un même aliment d'engraissement non médicamenteux dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau 1.

Dans l'essai 1, le lot J10 est mis à jeun pendant 10 heures par jour tandis que le lot 2 est mis à jeun pendant 14 heures par jour. L'aliment est donc accessible à volonté de 5h à 15h pour le lot J10 et de 1h à 15h pour le lot J14. Dans l'essai 2, le lot J10 est mis à jeun pendant 10 heures par jour tandis que le lot 2 est mis à jeun pendant 12 heures par jour. L'aliment est donc accessible à volonté de 5h à 15h pour le lot J10 et de 3h à 15h pour le lot J12.

**Tableau 1 Composition de l'aliment (en brut, valeurs théoriques)**

Composition	Aliment
ED (kcal/kg)	2300
Protéine %	14,5
Cellulose %	18,2
Matière grasse %	2,7
Amidon %	10,0

### 1.3. Mesures

Les lapins sont pesés individuellement à 35, 49, et 70 jours. La consommation globale est mesurée pour chacun des 2 modules aux mêmes dates. Un contrôle de morbidité est réalisé sur tous les animaux à 49 et 70 jours d'âge. La mortalité est enregistrée tous les jours et les causes apparentes de la mort sont enregistrées (troubles digestifs - diarrhée, entérocolite, parésie-, troubles respiratoires, autres). Elle est prise en compte pour les calculs de consommation en considérant qu'un lapin consomme jusqu'au jour de

sa mort. Seule la mortalité d'origine digestive est retenue dans les résultats présentés.

### 1.4. Analyses statistiques

Les données de poids et de gain moyen quotidien (GMQ) et d'IC sont analysées par analyse de la variance sous le logiciel R en testant l'effet essai pour le lot J10 et l'effet lot au sein de chaque essai. Les résultats de mortalité de morbidité et d'IRS sont comparés entre les lots selon le test de comparaison de fréquence (Khi<sup>2</sup>) sous R version 13863.1.2.

## 2. Résultats

Le taux de mortalité par troubles digestifs au cours des 2 essais a été élevé et représente 92,8% de la mortalité totale (Tableau 2). A 70 jours d'âge, dans l'essai 1, c'est avec le jeûne de 14h qu'est obtenu le taux de mortalité le plus bas (tendance,  $p < 0,083$ ) en comparaison au jeûne de 10h, compensé toutefois par un taux de morbidité plus important. Au final l'IRS ne varie pas. Dans le deuxième essai, les taux de mortalité à 70 jours sont élevés pour les lots J10 et J12 et non significativement différents. En revanche, à 49 jours la situation est meilleure pour le lot J12 avec un taux de morbidité et un IRS significativement plus bas que le lot J10 (10,3 versus 19,5 % et 13,3 versus 24,2 % respectivement).

**Tableau 2 Résultats sanitaires: mortalité, morbidité et index de risques sanitaires (IRS)**

	Essai 1			Essai 2		
	J10	J14	P Lot	J10	J12	P Lot
Mortalité %	49j 5 70j 16,7	1,7 9,2	NS 0,083	5,3 17,5	2,6 20,8	NS NS
Morbidité %	49j 8,8 70j 4,1	6,8 12	NS 0,038	19,5 11,1	10,3 9,8	0,052 NS
IRS %	49j 13,3 70j 21,7	8,3 20,8	NS NS	24,2 26,7	13,3 30,8	0,0316 NS

Les résultats de consommation sont présentés dans les tableaux 3 et 4 mais ne peuvent être analysés statistiquement, la consommation étant mesurée globalement par module de cages.

Dans l'essai 1, un jeûne de 14h entraîne une baisse de l'ingéré lors de la première période d'engraissement (-6,7 % par rapport au jeûne de 10h). Ensuite, l'ingéré des lapins du lot J14 est légèrement supérieur à celui du lot J10. Ainsi, sur la globalité de l'engraissement, les lots J14 et J10 présentent un ingéré moyen voisin de 124 et 126 g/jour. Ces résultats montrent la capacité des lapins à s'adapter au mode de distribution mis en place. Les résultats de l'essai 2 sont difficiles à interpréter ; le lot J10 a un peu moins consommé en regard du lot J12, ce sur toute la période d'élevage. Globalement, les lapins de l'essai 2 ont nettement moins consommé que les lapins de l'essai 1 (110,6



g/jour et 125,9 g/jour respectivement), soit -12,2 % entre les 2 lots qui ont eu la même période de 10h de jeûne. Le calcul des ingérés par kg de poids vifs et par jour (tableau 4) permet de constater qu'il y a effectivement eu sous-consommation générale des lapins de l'essai 2 en comparaison à ceux de l'essai 1.

**Tableau 3 : Quantité d'aliment consommée par lapin et par jour (mesure globale par module de cages)**

	Essai 1		Essai 2	
	J10	J14	J10	J12
35-49j	121,7	113,5	99,1	103,5
%	100	93,3	81,4	85,0
49-70j	129	131,2	118,7	122,9
%	100	101,7	92	95,3
35-70j	125,9	124,1	110,6	114,6
%	100	98,6	87,8	91

**Tableau 4 Ingestion alimentaire par kg de poids vif**

	Essai 1		Essai 2	
	J10	J14	J10	J12
35-49j	92,3	86,5	74	76,6
%	100	87,5	80,2	83
49-70j	62,5	64,1	57,5	58,8
%	100	102,6	92	94,1
35-70j	72,6	71,9	63,6	65,3
%	100	99	87,6	89,9

Les résultats de poids vifs et de gain moyen quotidien (GMQ) sont présentés dans les tableaux 5 et 6.

**Tableau 5 : Poids vif moyen des lapins (g)**

	Essai 1		Essai 2		P lot
	J10	J14	J10	J12	
35j	991	991	1012	1014	NS
49j	1646	1632	1665	1688	NS
70j	2479	2460	2465	2493	NS

**Tableau 6 : Gain moyen quotidien (g/j)**

	Essai 1		Essai 2		P lot
	J10	J14	J10	J12	
35-49j	46,4	45,5	46	48,2	NS
49-70j	39,7	39,4	38,1	38,3	NS
35-70j	42,4	41,9	41,3	42,3	NS

Quels que soient l'âge et la période considérée il n'y a pas de différences significatives de croissance et de poids vif entre les lots J10 et J14 (essai 1) et les lots J10 et J12 (essai 2). De même, la comparaison des 2 essais pour le lot J10 permet de constater que les performances de croissance sont homogènes et non significativement différentes.

Les résultats d'indice de consommation présentés dans le tableau 7 montrent que l'efficacité alimentaire ne varie pas lorsque la durée du jeûne varie entre 10 et 14h (essai 1) et 10 et 12h (essai 2). En revanche, il y a une forte différence d'efficacité alimentaire entre les 2 essais (9,4 % d'écart entre les 2 lots ayant jeuné 10h sur la période 35-70j, effet très hautement significatif, P=0,0001), en relation avec la sous consommation d'aliment du même ordre de grandeur évoquée précédemment.

**Tableau 7 Indice de consommation des lapins**

	Essai 1		Essai 2		P lot
	J10	J14	J10	J12	
35-49j	2,66	2,51	2,2	2,18	NS
49-70j	3,28	3,38	3,18	3,31	NS
35-70j	2,98	2,98	2,70	2,75	NS

### 3. Discussion

L'objectif de ce travail était de déterminer la durée de rationnement offrant le meilleur compromis performances/sécurité digestive pour les lapins à l'engrais. Concernant les performances zootechniques, nos deux essais établissent que faire varier la durée du jeûne entre 10h et 14h est sans effet sur la croissance (GMQ) et le poids vif final des lapins compris entre 41,3 et 42,4 g/j et 2460 et 2493 g respectivement.

Cela complète et corrobore les données de la bibliographie ; McNitt *et al.* (1991) a montré que lorsque l'accès à l'aliment est de 15 h/j vs 24h/j, le GMQ n'est pas modifié. Constat à l'identique pour Salaun *et al.*, (2010) pour une durée de jeûne de 10h/j vs 7h/j comme pour Duperray *et al.*, (2012, 2013) pour 10 à 12h de jeûne par jour vs 0h. A l'inverse, il est établi que des durées de jeûne supérieures à 14 h/jour - 15 h, Mc Nitt (1991), 14h, 16h et 18h, Foubert *et al.* (2007) - conduisent à une dégradation de la croissance et à une perte du poids vif à l'abattage. Au vu de l'ensemble de ces résultats, la durée de jeûne de 14 h/j semble être une valeur « charnière », au-dessus de laquelle il ne faut pas monter pour ne pas dégrader les performances de croissance.

La différence de niveau d'ingestion d'aliment par lapin ou par kg de poids vif pour une durée de jeûne de 10h/j entre le premier et le deuxième essai mérite d'être soulignée; 125,9 g/j/lapin et 72,6 g/kg PV en moyenne dans l'essai 1 vs 110,6 g/j/lapin et 63,6 g/kg PV pour l'essai 2. L'ingéré du lapin à l'engrais peut donc varier de façon importante en fonction de son statut général au sevrage et des paramètres d'environnement. D'un point de vue

pratique, cela signifie que la mise en œuvre du rationnement dit « horaire » avec période de jeûne sur le terrain doit nécessairement être accompagnée d'un contrôle de la croissance permettant de le piloter en fonction de l'état sanitaire du lot et de l'objectif de poids à la vente des lapins.

Enfin, si l'on s'intéresse à l'état sanitaire des lapins, les résultats observés établissent qu'une durée de jeûne de 12h comparée à une durée de 10h conduit à une réduction significative de la morbidité et de l'IRS à 49 jours, sans toutefois que cela soit confirmé à 70 jours (essai 2). En revanche, avec une période de jeûne de 14 h/j comparée à 10 h/j, le taux de mortalité par troubles digestifs à 70 jours a été réduit, 9,2% vs 16.7% (tendance).

Ce résultat n'est cependant pas corroboré par l'IRS à 70 jours qui n'est pas significativement différent entre les 2 lots. La confrontation de ces résultats avec ceux obtenus antérieurement n'est pas aisée, dans la mesure où, pour des raisons de capacité expérimentale, nous n'avons pas pu tester les différentes modalités du jeûne nyctéméral en regard d'une alimentation à volonté, ce que nous avons fait précédemment dans un contexte d'EEL (Duperray *et al.*, 2012). Rappelons que nous avons démontré qu'une mise à jeun des lapins pendant 10 et 12 heures par jour conduisait aux mêmes effets bénéfiques qu'un rationnement quantitatif avec une baisse des troubles digestifs, en comparaison à des lapins nourris à volonté (Duperray *et al.*, 2012). Ce même constat a aussi été réalisé par Salaun *et al.*, (2010) avec une période de jeûne de 10 heures. Rappelons aussi que dans de bonnes conditions sanitaires (Duperray *et al.*, 2013), nous avons montré le caractère déterminant et bénéfique pour la santé digestive d'une période de jeûne quotidienne de 10h en regard d'un rationnement quantitatif fractionné tout au long de la journée.

Dans le cadre de nos 2 essais, le contexte sanitaire digestif est dans l'ensemble relativement dégradé. Dans cette situation, nous précisons donc que l'allongement de la durée du jeûne de 10 à 12h et de 10 à 14h améliore la santé digestive (réduction significative de la morbidité et de l'IRS à 49 jours pour 12h de jeûne et tendance à la diminution de la mortalité à 70 jours pour les lapins ayant jeuné 14h).

## Conclusion

Chez le lapin à l'engrais, une période de mise à jeun de 12 à 14h par jour, comparée à un jeûne de 10h est sans conséquence négative sur les performances de croissance. Du point de vue du statut sanitaire des animaux, cet allongement de la durée du jeûne semble avoir un effet positif avec une diminution de la

morbidité et de l'IRS à 49 jours d'âge pour les lapins ayant jeuné 12h et une diminution de la mortalité à 70 jours d'âge pour les lapins ayant jeuné 14h.

Ces résultats méritent cependant d'être confirmés et précisés afin d'améliorer les recommandations pratiques faites aux techniciens et éleveurs qui utilisent cette technique en élevage.

Pour une durée de jeûne identique, 10 heures, la consommation d'aliment par lapin ou par kg de poids vif varie fortement d'un essai à l'autre. Il est donc important pour les éleveurs qui pratiquent cette technique de rationnement dit « horaire », de l'accompagner d'un contrôle des performances de croissance afin de piloter la performance des animaux. Au vu de l'ensemble des résultats produits sur le rationnement « horaire », un jeûne de 10 à 14h peut être recommandé pour optimiser performance de croissance et le statut sanitaire, à moduler au cas par cas en fonction des situations d'élevage rencontrées.

## Remerciements

Merci à l'ensemble du personnel du CRZA pour leur implication au cours de cet essai.

## Références

- Boisot P., Licois D. Gidenne T., 2003. Une restriction alimentaire réduit l'impact sanitaire d'une reproduction expérimentale de l'entéropathie épizootique (EEL) chez le lapin en croissance In: *10ème J. Rech. Cunicoles Fr.*, Paris, France. p 267-370.
- Duperray J., Guyonvarch A., 2013. Intérêt d'une mise à jeun pour améliorer les performances des lapins en engraissement. In: *15ème J. Rech. Cunicoles Fr.*, Le Mans, France. p 43-47
- Duperray J., Guyonvarch A., Laurent J.M., Adelis R., HABERKORN F. 2012. A restricted time access to the diet reduces digestive disorders without decreasing growth performances of fattening rabbits in ERE conditions, 10<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Sharm El Sheikh, Egypt
- Foubert C., Boisot P., Duperray J., Guyonvarch A., 2007. Intérêt d'un accès limité à la mangeoire de 6h, 8h et 10h par jour pour engendrer un rationnement alimentaire chez le lapin en engraissement. In: *12ème J. Rech. Cunicoles Fr.*, Le Mans, France. p 123-126
- Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L., 2012. Restreindre l'ingestion du jeûne lapin : de nouvelles stratégies pour renforcer sa santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. *INRA Prod Anim.* 25: 323-336.
- McNitt J.L., Moody G.L., 1991. Effect of length of feeding time on performance of fryer rabbits. *J.Appl.Rabbit Res.* 14: 9-10.
- Prud'hon M., Chérubin M., Goussopoulos J., Carles Y., 1975, Evolution au cours de la croissance des caractéristiques de la consommation d'aliment solide et liquide du lapin, *Ann. Zootech.*, 24, 289-298
- Salaun J.M., Renouf B., Tetrel P., Perdriau A., Bourdillon A., Picot A., 2010. Duréfix : une technique d'alimentation simple qui permet d'améliorer la santé des lapins et la rentabilité durant la phase d'engraissement. In: *Journée Nationale ITAVI Elevage du Lapin de Chair*, Pacé, France. p 25-32.

## SUIVI DES RÉSIDUS DE SULFADIMÉTHOXINE DANS LE FOIE ET LA VIANDE DE LAPIN APRÈS ADMINISTRATION ORALE DANS L'EAU DE BOISSON.

Le Normand B.<sup>1</sup>, Chatellier S.<sup>1</sup>, Fleury R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *VeLVet, 47 bd Leclerc, 35460 St Brice-en-Coglès, France*

<sup>2</sup> *BOEHRINGER INGELHEIM, 23 rue du Prieuré, 44150 St Herblon, France*

Correspondant : b.lenormand@reseaucristal.fr

**Résumé** – La Sulfadiméthoxine est une molécule à large spectre, anti-infectieux très utile dans l'arsenal thérapeutique réduit des lapins. Vingt-huit lapins sevrés ont été traités avec du TRISULMIX Liquide® dans l'eau de boisson, en respectant les préconisations de l'AMM (Autorisation de Mise sur le Marché) soit 18,68 à 37,36 mg de sulfadiméthoxine et 4 à 8 mg de triméthoprim par kg de poids vif et par jour pendant 5 jours consécutifs, par voie orale ou 1 à 2 ml de solution pour 10 kg de poids vif et par jour pendant 5 jours consécutifs. Le temps d'attente pour la viande et les abats lapins est fixé à 8 jours. A la fin du délai de retrait, les analyses de résidus dans la viande et les foies de lapins sacrifiés, ne montrent aucune trace de résidus au-delà des LMR (limite maximale de résidus) : 13 à 24 µg/kg dans le muscle à 8 jours et 4 à 6 µg/kg à 12 jours, 10 à 27,7 µg/kg dans le foie à 8 jours et 2,1 à 8,7 µg/kg à 12 jours. Les valeurs des résidus du muscle et du foie ne sont pas corrélées et la décroissance des résidus entre le 8<sup>ème</sup> et le 12<sup>ème</sup> jour après arrêt du traitement montre une élimination attendue de la molécule au cours du temps.

**Abstract – Rabbits sulfadimethoxine residues (muscle and liver) after drinking water administration.** Sulfadimethoxine is a broad spectrum anti-infectious molecule that is very useful in the reduced therapeutic arsenal of rabbits. Twenty eight weaned rabbits were treated with TRISULMIX Liquide® in drinking water according to the recommendations of the AMM, that is a dose of 18,68-37,36 mg sulfadimethoxin and 4-8 mg trimethoprim/kg bodyweight/day for 5 consecutive days, orally; 1-2 ml of solution/10 kg/day for 5 consecutive days. Withdrawal period rabbits meat: 8 days. At the end of the withdrawal period, residues analyzes in meat and livers of sacrificed rabbits showed no trace of residues beyond the MRL: 13 to 24 µg/kg in muscle after 8 days and 4 to 6 µg/kg after 12 days, 10 to 27,7 µg/kg in the liver after 8 days and 2,1 to 8,7 µg/kg after 12 days. The residues in muscle and liver are not correlated. The decrease of residues between the 8th and 12th day after the end of treatment shows an expected elimination of the molecule over time.

### Introduction

La Sulfadiméthoxine est un anti-infectieux à large spectre. Son utilisation cible les lapins reproducteurs ou en croissance pour traiter des infections bactériennes ou parasitaires. La LMR (limite maximale de résidus) de cette molécule est fixée à 100 µg/kg dans les tissus des lapins. Des contrôles de résidus à l'abattoir sont régulièrement effectués et ont déjà conduit à des résultats positifs. Même si la présence de résidus est rare, elle pose un problème d'image à la filière cunicole qui s'est engagée de façon volontaire et courageuse, dans une démarche active de réduction de l'usage des antibiotiques. L'utilisation des antibiotiques d'importance critique ou considérés sensibles (colistine et macrolides) a connu de ce fait une décroissance sensible ces

dernières années : entre 1999 et 2015, le nombre moyen de jours de traitement antibiotique à destination des lapins a baissé de 46% (ANSES, 2016). La sulfadiméthoxine est un anti-infectieux important dans l'arsenal thérapeutique déjà réduit du lapin (intolérance aux bêta-lactamines et espèce dite mineure). Il devient crucial de pouvoir utiliser de façon raisonnée cette molécule, avec un délai d'attente compatible avec l'âge d'abattage, sans prendre de risque pour la santé humaine.

Une étude française de 2009 (Boucher *et al.*, 2009), portant sur l'administration prolongée dans l'aliment, bien au delà des recommandations de l'Autorisation de mise sur le Marché (AMM), d'une spécialité contenant de la sulfadiméthoxine, à des lapines et à

leurs lapereaux, a montré la présence chez quelques animaux de résidus au delà de la LMR (concentrations de sulfadiméthoxine entre 130 et 460 µg/kg dans les muscles) après une période de 12 jours de délai d'attente. Ce résultat a conduit la filière à adopter une grande prudence pour l'utilisation de cette molécule. La décision de l'éliminer radicalement pour les lots en croissance est parfois prise, mettant ainsi en difficulté les éleveurs en cas de maladies respiratoires ou digestives contre lesquelles cette molécule est indiquée.

L'objectif de la présente étude est d'analyser la présence éventuelle de résidus après traitement dans l'eau de boisson de lapins sevrés avec une spécialité ayant une AMM pour le lapin (TRISULMIX Liquide®), en respectant la dose et la durée prévues par l'AMM. Les analyses ont été faites à la fin du temps d'attente et 4 jours au delà, soit à 8 et 12 jours, comme dans l'étude de 2009 (Boucher *et al.*, 2009).

## 1. Matériel et méthodes

Dans un élevage naisseur-engraisseur, 28 lapins sont choisis au hasard au sein d'un lot de 4800 lapins sevrés le 04/07/2016. Ces lapins sont placés par groupe de 7 dans 4 cages adjacentes (densité de 17,5 kg/m<sup>2</sup>). La pipette de chacune de ces 4 cages est condamnée et l'abreuvement est effectué par un pichet doseur placé sur le dessus de la cage, équipé d'une pipette, située à la même distance des séparations grillagées que la pipette de la canalisation afin que les lapins n'aient aucun problème pour s'abreuver. Durant les 48 heures précédant le début de l'administration, les consommations exactes sont mesurées.

Le traitement avec l'association Triméthoprime-Sulfadiméthoxine (spécialité Trisulmix liquide®) est ajouté à l'eau de boisson de ces 4 cages durant 5 jours à la dose maximale de l'AMM soit 37,36 mg de Sulfadiméthoxine/kg, ou 2 ml/10 kg de poids vif de Trisulmix liquide®. Les lapins sont pesés au démarrage du traitement, au 3<sup>ème</sup> jour, et au 5<sup>ème</sup> jour, afin d'ajuster la dose. A la fin du traitement, les pichets sont retirés et les pipettes montées sur la canalisation de ces cages sont remises en service.

A l'arrêt du traitement, l'eau et l'aliment ingérés par les lapins sont prélevés (1 litre et 3 kg respectivement) : ces prélèvements sont conservés en cas de positivité des prélèvements effectués sur animaux pour recherche d'une contamination éventuelle des circuits de distribution de l'aliment ou de l'eau par l'antibiotique.

Huit jours après la fin du traitement, les lapins sont numérotés par marquage au feutre indélébile à l'oreille. Dix lapins sont tirés au sort. Ils sont pesés puis sacrifiés pour prélèvements de muscles (cuisse, dos) et du foie. Douze jours après la fin du traitement, 10 lapins sont sélectionnés suivant le même protocole afin d'effectuer les mêmes analyses.

Les échantillons ont été conditionnés en sachet et en glacière pour acheminement sous protection du froid au laboratoire LABEO-Franck Duncombe de Caen pour dosage de Sulfadiméthoxine par HPLC. Tous les échantillons sont parvenus au laboratoire dans les 2 heures suivant le prélèvement.

## 2. Résultats et discussion

Tous les dosages de Sulfadiméthoxine sur les muscles et le foie sont largement inférieurs aux 100 µg/kg de la LMR française (tableaux 1 et 2) : les teneurs varient de 13 à 24 µg/kg dans le muscle à 8 jours, et de 4 à 6 µg/kg à 12 jours ; elles varient de 10 à 27,7 µg/kg dans le foie à 8 jours, et de 2,1 à 8,7 à 12 jours. Ces valeurs sont également bien inférieures aux LMR japonaises (LMR de 50 µg/kg). Les résultats montrent également comme attendu, une décroissance nette en fonction du temps pour les foies comme pour les muscles.

Les teneurs dans le foie et les muscles ne semblent pas corrélées mais la taille de l'échantillon est trop faible pour pouvoir conclure statistiquement. L'objectif de l'étude étant de valider l'absence ou non de résidus acceptables de Sulfadiméthoxine dans la viande ou le foie de lapins après traitement par voie orale, nous avons retenu des tailles d'échantillons légèrement supérieures à celles de l'étude de 2009, tout en limitant le nombre d'animaux inclus dans l'étude. Notons que les teneurs plus élevées dans le foie sont conformes aux données de pharmacocinétique de la Sulfadiméthoxine pour cette espèce (Atta *et al.*, 1991).

Ces résultats complètent l'étude que nous avons présentée en 2014 sur les points zéro à la fin des traitements dans l'eau de boisson après un traitement avec la Sulfadiméthoxine (TRISULMIX liquide®) (Le Normand et Chatellier, 2014). Nous avons démontré qu'à la condition d'un point zéro correctement effectué (vidange et rinçage de toutes les rampes d'eau à la fin du traitement, si nécessaire avec un produit coloré) aucun résidu d'antibiotique n'est détecté dans l'eau de boisson. Dans la présente étude, le point zéro se faisait automatiquement par retrait du pichet qui avait contenu la Sulfadiméthoxine.

**Tableau 1 Teneurs en Sulfadiméthoxine 8 jours après la fin du traitement (fin du temps d'attente)**

N° lapin	N° cage	Poids animal en g	Teneur muscle en µg/kg	Teneur foie en µg/kg
25	4	1695	17	27,7
19	3	1550	14	10,0
10	2	1445	18	13,0
11	2	1419	17	20,4
2	1	1770	18	12,9
4	1	1585	24	24,5
21	3	1705	18	19,0
7	1	1745	15	15,3
5	1	1535	13	16,5
13	2	1875	19	20,0

**Tableau 2: Teneurs en Sulfadiméthoxine 12 jours après la fin du traitement (soit 4 jours au-delà du délai de retrait)**

N° lapin	N° cage	Poids animal en g	Teneur muscle en µg/kg	Teneur foie en µg/kg
18	3	2065	5	4,1
17	3	2050	5	7,4
22	4	2265	6	8,7
15	3	1945	5	6,2
6	1	2215	5	6,9
23	4	1675	5	6,5
20	3	1855	5	5,1
3	1	2300	5	2,1
9	2	2015	4	5,0
14	2	1770	5	5,2

### Conclusions

Cette étude est complémentaire de celle de notre étude menée en 2014 (Le Normand et Chatellier, 2014) en ce qu'elle montre qu'un traitement effectué en respect de l'AMM du produit, avec un point zéro correct, valide le temps d'attente de 8 jours de l'AMM. Il faut néanmoins souligner, que les lapins inclus dans l'étude étaient en bonne santé. C'est le cas de la majorité des études et en particulier de celle de Boucher et Barthe (2009). On ne peut exclure que des

lapins malades auraient éliminé le xénobiotique plus lentement. Notons malgré tout que les teneurs détectées dans cette étude sont très nettement inférieures aux LMR françaises (100 µg/kg et suffisamment éloignées des LMR japonaises (50µg/kg), pays vers lequel des exportations ont été bloquées pour présence de résidus de sulfadiméthoxine au-delà de cette LMR.

L'étude de 2009, effectuée avec des suppléments alimentaires longues, montre qu'il est difficile de conserver le délai de retrait quand la durée excède celle de l'AMM : il est en effet possible que les capacités d'élimination des animaux soient dépassées.

En revanche, la spécialité TRISULMIX liquide® aux dose et durée de l'AMM, peut être utilisée en toute sécurité pour traiter les animaux malades. En outre au regard de précédentes expériences, cette sécurité d'utilisation repose impérativement sur un point zéro, dans les canalisations correctement réalisés après chaque traitement. Ceci afin de respecter assurément le temps d'attente requis pour cette molécule.

Cette étude s'inscrit totalement dans le cadre du bon usage des antibiotiques en particulier pour ce qui concerne leur utilisation dans le respect des préconisations de l'AMM.

### Remerciements

Les auteurs remercient Marie Gérard pour son implication dans le bon déroulement de cette étude et l'éleveur pour la mise à disposition de son élevage et le temps passé.

### Références

- ANSES, Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2015. Octobre 2016, 36.
- Atta A.H., Abdel-Aziz M.I., Abo-Norage M.A., Abdel-Hady M. Disposition kinetics and tissue residues of sulphadimethoxin in rabbits. 1991. Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr.,(39), 185-190.
- Boucher S., Barthe C., 2009. Présence de résidus de sulfadiméthoxine dans le muscle de lapin après administration orale prolongée à dose thérapeutique. 13<sup>èmes</sup> J. Rech. Cunicole, Le Mans (INRA Ed.), ITAVI publ., Paris.,170-173
- Le Normand B., Chatellier S., 2014. Point zéro après traitement dans l'eau de boisson : points critiques et fiabilité. Journ. Nat. Itavi lapin de chair, ITAVI publ.



## EFFETS DE L'INCORPORATION DE MICROALGUES (*Schizochytrium*) DANS L'ALIMENTATION DES LAPINS SUR LEURS PERFORMANCES ET LA TENEUR EN DHA DE LEUR VIANDE.

Colin M.<sup>1\*</sup>, Delarue J.<sup>2</sup>, Caillaud L.<sup>1</sup>, Prigent A.Y.<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> COPRI SARL, Coat Izella N°2, 29830 PLOUDALMEZEAU, France

<sup>2</sup> Université de Bretagne occidentale - Laboratoire Régional de Nutrition Humaine, Faculté de Médecine/Université de Brest, Hôpital de la Cavale Blanche - Boulevard TANGUY PRIGENT - 29200 BREST, France

<sup>3</sup> EARL 3L, Coat Izella N°4, 29830 PLOUDALMEZEAU, France

\*Correspondant : [copri@wanadoo.fr](mailto:copri@wanadoo.fr)

**Résumé** – Les effets de l'incorporation de microalgues (*Schizochytrium*) dans l'alimentation des lapins sur leurs performances en engraissement et sur la teneur de leur viande en DHA (Acide gras oméga 3 à longue chaîne) ont été étudiés au cours de 7 expérimentations regroupant 4 919 lapins. L'augmentation de la teneur alimentaire en DHA améliore la viabilité des animaux mais n'a pas d'effet sur la croissance. Les corrélations entre l'apport de DHA alimentaire d'une part et sa teneur dans la viande et son pourcentage dans les acides gras totaux d'autre part sont très fortes dans l'épaule et la cuisse, plus faibles pour le râble. Des teneurs de 0,05% et 0,15 % de DHA d'origine végétale dans l'aliment permettent d'alléguer respectivement « Source d'oméga 3 » et « riche en oméga 3 », rendant possible de nouveaux positionnements du produit. Aucune détérioration des caractéristiques organoleptiques ne semble à craindre en cas d'utilisation de ces doses de DHA végétal.

**Abstract - Effects of incorporation of microalgues (*Schizochytrium*) in the feeding of rabbits on their performance and the DHA content of their meat.** The effects of microalgae incorporation (*Schizochytrium*) in the rabbit feed on their growing performances and on the DHA (Long chain omega 3) content of their meat were studied during 7 experimentations involving 4 919 rabbits. The increase of the DHA content in the feed improves the viability but has no effect on growth. The correlation between alimentary DHA level and its content in the meat or in percentage of the fatty acids is very strong for the shoulder and the thigh, lower for the back. Levels of 0.05% et 0.15 % of vegetal DHA in the feed enable to claim respectively « Source of omega 3 » and « Rich in omega 3 » giving the possibility to access to new markets. It doesn't seem that the vegetable DHA can deteriorate the hedonic characteristics of the meat.

**Key words:** Rabbit – DHA – Omega 3

### Introduction

Peu d'études ont été publiées concernant les effets de l'enrichissement en DHA (Acide docosa-hexaénoïque, acide gras oméga 3 à longue chaîne) des aliments pour lapins tant au niveau des performances que de l'enrichissement de la viande. Les travaux de Mordenti et al., (2011) concernent les effets de l'incorporation de DHA originaire de microalgues (*Schizochytrium*) dans l'aliment maternité tandis que Bernardini et al. (1999) ont étudié la possibilité d'enrichir la viande de lapin en DHA par apport d'huile de poisson dans des régimes semi synthétiques. Or malgré leur intérêt nutritionnel, l'utilisation de produits d'origine marine dans les aliments pour lapin se heurte à de fortes barrières psychologiques et est en outre susceptible d'altérer les caractéristiques organoleptiques de la viande. Nous présentons ici une méta-analyse des résultats d'une série d'essais réalisés dans le but d'étudier la possibilité d'utiliser du DHA d'origine végétale issu

de *Schizochytrium* dans les aliments lapin et d'évaluer les performances des animaux et le niveau de DHA dans leur viande.

### 1. Matériel et méthodes

#### 1.1. Protocole expérimental

Globalement, 7 expérimentations regroupant ensemble 4 919 lapins entre le sevrage et la vente ont été réalisées dans le cadre de l'Earl 3L (Tableau 1). Trois de ces essais ont déjà fait l'objet de publications (Colin et al., 2011 ; Cai et al., 2012 ; Colin et Prigent., 2016) et le présent travail consiste à en réaliser une méta-analyse en intégrant des données non publiées. Quatre essais conduits sur des nombres importants de lapins ont permis une étude simultanée des performances zootechniques et du taux de DHA de la viande tandis que les 3 autres impliquaient un nombre trop faible d'animaux pour interpréter les

performances et se sont donc limités aux analyses de viande (Figure 1). Les épaules ont été analysées dans l'ensemble des essais ; le rable et la cuisse uniquement dans certains d'entre eux.

### 1.2. Animaux

Les lapereaux Hyplus PS 40 utilisés dans ces essais correspondaient au croisement Hyplus. Ils étaient âgés

de 36 jours en début d'essai et étaient élevés dans les conditions précédemment décrites (Teillet et al., 2011). Selon les essais, des échantillons d'épaule, et de rable et de cuisse étaient prélevés à l'abattoir en vue d'analyse du profil d'acides gras.

**Tableau 1 : Différents traitements expérimentaux** (T : groupe témoin, DHA groupe recevant un aliment supplémenté en *Schizochytrium*)

Essais	1		2		3		4		5		6		7	
	T	DHA	T	DHA	T	DHA	T	DHA	T	DHA	T	DHA	T	DHA
Nb lapins sevrés	519	535	172	172	342	342	802	790	30	30	188	937	30	30
Incorporation algue (%)	0	1,0	0	4,0	0	0,6	0	0,4	0	0,6	0	0,4	0	1,7
Taux DHA (%)	0	0,20	0	0,80	0	0,11	0	0,07	0	0,11	0	0,11	0	0,33
Mesures														
Croissance	+				+		+				+			
Epaule	+		+		+		+		+		+		+	
Rable	+				+		+							
Cuisse	+				+									
Référence	Colin et al., 2011		Colin et Prigent 2016		Cai et al., 2012		Non publié		Non publié		Non publié		Non publié	

### 1.3. Aliments

Les formules des aliments correspondaient à un mélange de tourteau de tournesol (22% environ), de pulpe de betteraves (20 % environ), d'avoine (15 %), de graines de colza (10 %), d'un concentré fibreux (28% environ), de lin extrudé (2 %) et de prémix. Les teneurs en protéines et en fibres brutes étaient respectivement de 16 %, et 18 %. La concentration énergétique s'élevait à 2500 kcal/kg.

La teneur en DHA était modifiée par incorporation d'une microalgue riche en DHA (*Schizochytrium* ; Mordenti et al., 2011). Selon les essais et les traitements, les taux de DHA variaient entre 0 et 0,8 % de l'aliment (soit 0,4 à 4 % de *Schizochytrium*), les plus fréquemment étudiés se situant entre 0,07 et 0,20 % (soit 0,35 à 1 % de *Schizochytrium*).

### 1.4. Critères mesurés

Au niveau zootechnique, ont été enregistrés les mortalités et les poids. Concernant les teneurs en DHA de la viande, des échantillons d'épaule (essai 1 à 7), de rable (essais 1, 3 et 4) et de cuisse (essais 1 et 3) ont été prélevés à l'abattoir sur 10 lapins par lot expérimental en vue d'analyses du profil d'acides gras selon la méthodologie précédemment décrite (Colin et al., 2005).

Enfin, dans le premier essai, un test de dégustation a été réalisé sur les épaules, les râbles et les cuisses des lapins par notation des principales caractéristiques organoleptiques (Appréciation globale, aspect, goût, odeur, texture) selon la méthode précédemment décrite (Colin et al., 2005) afin de rechercher d'éventuels effets du DHA sur les caractéristiques organoleptiques de la viande.

### 1.5 Statistiques

Les taux de mortalité après sevrage ont été analysés par test de Khi2. Les performances pondérales ont fait l'objet d'analyse de variance. Par ailleurs, les taux de DHA en pourcentage des acides gras ou les teneurs en mg / 100 g de viande ont été étudiés par régression polynomiales afin mettre en évidence des relations éventuelles avec le pourcentage de DHA de l'aliment.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1 Résultats zootechniques

#### 2.11 Mortalité

Les taux de mortalité sont significativement diminués par l'incorporation de *Schizochytrium* (Tableau 2). Cet effet semble la conséquence de l'élévation du taux de DHA car les variations des autres paramètres alimentaires sont faibles et le DHA est connu pour ses effets anti-inflammatoires, notamment chez l'Homme (Belluzi et al., 1996). Cette amélioration de la viabilité rejoint par ailleurs nos conclusions antérieures (Colin et al., 2012) et celles de Mordenti et al., (2011).

#### 2.12 Performances pondérales

Aucune différence n'est observée au niveau des poids et des croissances. (Tableau 3).



**Tableau 2: Résultats de mortalité en engraissement.**

Essais	1		3		4		7		Ensemble			Khi <sup>2</sup>	P
	Témoin	DHA	Témoin	DHA	Témoin	DHA	Témoin	DHA	Témoin	DHA	Total		
Nb de lapins sevrés	519	535	342	342	802	790	188	937	<b>1 851</b>	<b>2 604</b>	<b>4 455</b>		
Mortalité (%)													
36-56 j	6,2	5,6	5,0	3,8	12,7	10,8	1,6	1,9	<b>8,3</b>	<b>5,6</b>	<b>6,7</b>	11,8	0,001
56-70 j	8,7	3,4	1,5	3,5	6,7	7,8	1,6	2,1	<b>5,8</b>	<b>4,3</b>	<b>4,9</b>	4,8	0,028
36-70 j	14,8	9,0	6,4	7,3	19,5	18,6	3,2	4,1	<b>14,1</b>	<b>9,9</b>	<b>11,6</b>	16,3	0,000

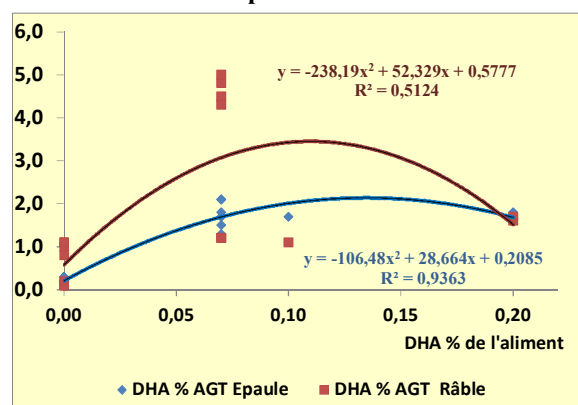
**Tableau 3: Performances pondérales en engraissement.**

Essais	1		3		4		6		Ensemble			signification statistique
	T	DHA	T	DHA	T	DHA	T	DHA	T	DHA	Total	
Nombre de lapins sevrés	519	535	342	342	802	790	188	937	<b>1 851</b>	<b>2 604</b>	<b>4 455</b>	
Poids au sevrage (g)	989	982	982	981	985	980	1 014	1 013	<b>1 017</b>	<b>1 017</b>	<b>1 018</b>	NS
Poids à 70 jours (g)	2 326	2 345	2 335	2 357	2 193	2 193	2 284	2 231	<b>2 208</b>	<b>2 220</b>	<b>2 232</b>	NS
GMQ sev - 70j(g / j)	40,5	41,3	41,0	41,7	36,8	36,8	38,5	36,9	<b>36,1</b>	<b>36,3</b>	<b>36,8</b>	NS

## 2.2 Analyse des viandes

Dans les essais 1, 3 et 4 ont été analysés les épaules et les râbles, ainsi que les cuisses dans le premier et le troisième. Dans le cas de l'épaule, des corrélations significatives et très élevées sont observées entre le taux de DHA de l'aliment et son pourcentage dans les acides gras ( $R^2 = 0,93$ ) d'une part (Figure 2) et sa teneur dans la viande ( $R^2 = 0,86$ ) d'autre part. Il en est de même pour la cuisse mais cette relation est beaucoup moins forte pour le râble, probablement en raison des fortes fluctuations du taux de lipides d'un essai à l'autre entraînant des variations dans le rapport lipides structurels – lipides de réserve.

**Figure 2 : Equations de régression entre le taux de la viande en DHA (en % des acides gras) et la teneur en DHA de l'aliment (en %) pour l'épaule et le râble dans les 3 premiers essais.**



Les figures 3 et 4 représentent les taux de DHA dans l'épaule exprimés en pourcentage du total des acides gras et les teneurs en milligrammes pour 100 grammes de viande en relation avec le niveau de DHA de l'aliment dans les 7 essais. Dans les 2 cas, on observe une très forte corrélation entre le taux de

DHA de l'aliment et son niveau dans la viande, démontrant la grande capacité du lapin à accumuler cet acide gras essentiel même à des taux très élevés comme le montre le résultat obtenu avec un apport de 0,8 % de DHA de la ration. Par contre, les niveaux de DHA dans la viande sont très faibles lorsqu'il n'est pas présent dans l'aliment malgré un taux d'acide alpha-linolénique (ALA) élevé (0,8 à 0,9 % selon les essais), confirmant la faible capacité de l'animal à synthétiser le DHA à partir d'ALA.

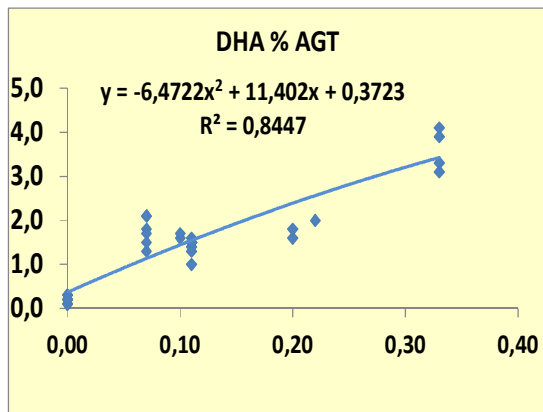
L'équation reliant la quantité de DHA dans la viande à sa teneur dans l'aliment permet d'étudier l'évolution de la quantité de DHA apportée par la viande selon l'apport alimentaire et de la calculer par rapport à l'énergie en se basant sur une valeur énergétique de 220 kcal / 100 grammes (Combes et Dalle Zotte 2005) (Tableau 4). On constate ainsi que l'on peut alléger « Source d'oméga 3 » pour l'épaule de lapin à partir de 0,05 % de DHA dans l'aliment et « Riche en oméga 3 » à partir de 0,15 % soit des taux relativement faibles.

### 2.2.4 Tests organoleptiques

L'ensemble des morceaux est considéré comme étant de bonne qualité avec toutes les notes supérieures à 7/10 ; Quelques différences apparaissent pour le râble au niveau de l'odeur et de la texture et pour la cuisse pour l'odeur et l'apparence mais elles sont loin du seuil de signification. Compte tenu des conditions très discriminantes du test de dégustation (Viande simplement bouillie), l'apport de DHA à des doses modérées dans l'aliment ne présentera aucun inconvénient dans des conditions normales de consommation où l'on utilise généralement différents condiments. Par contre, le deuxième essai où un taux très élevé de *Schizochytrium* a été testé, de fortes saveurs de poisson dans la viande ont été révélées, correspondant à des taux extrêmement élevés de DHA

(7% des acides gras). Il conviendra donc de ne pas dépasser un certain seuil dans l'enrichissement en DHA de la viande de lapin.

**Figure 3 : Équation de régression entre le taux de la viande en DHA (en % des acides gras) et la teneur en DHA de l'aliment (en %), pour l'épaule dans la totalité des essais.**



**Tableau 4 : Taux de DHA de la viande d'épaule de lapin pour 100 grammes et 100 kcal en fonction de la teneur de l'aliment et possibilités d'allégations.**

DHA % Aliment	DHA mg/100 g de viande	DHA mg/100kcal	Allégation
0,00	23,4	10,7	Non
0,05	91,1	41,4	Source d'oméga 3
0,10	152,4	69,3	Source d'oméga 3
0,15	207,2	94,2	Riche en oméga 3
0,20	255,6	116,2	Riche en oméga 3
0,25	297,6	135,3	Riche en oméga 3
0,30	333,1	151,4	Riche en oméga 3

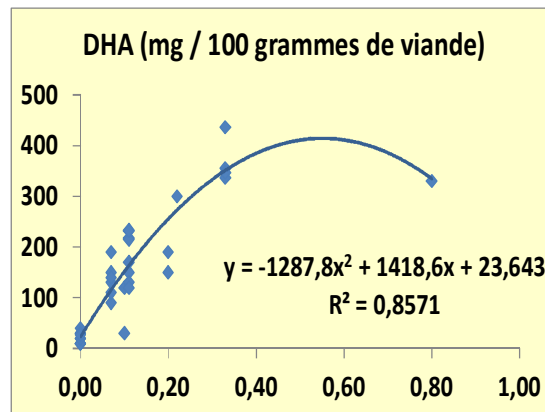
## Conclusions

Nos essais indiquent que l'incorporation de DHA d'origine végétale provenant de *Schizochytrium* dans les aliments lapin permet d'enrichir la viande en cet acide gras essentiel comme l'ont observé Bernardini et al (1999) avec des huiles de poisson. Il est donc possible d'apporter cette importante valeur fonctionnelle à la viande de lapin en respectant la volonté des consommateurs d'une alimentation exclusivement végétale des animaux et sans subir les inconvénients liés à des odeurs ou des saveurs désagréables comme l'a prouvé le test organoleptique. On peut ainsi envisager un nouveau positionnement commercial de la viande de lapin. En outre, l'incorporation d'algue riche en DHA dans l'aliment améliore significativement la viabilité des lapins.

## Références

- Belluzzi A., Brignola C., Campieri M., Pera A., Boschi S., Miglioli M. 1996. Effect of an enteric-coated fish-oil preparation on relapses in Crohn's disease. *N. Engl. J. Med.*, 334:1557-1560.
- Bernardini M., Dal Bosco A., Castellini C., 1999; Effect on dietary n-3 / n-6 on fatty acid composition of liver, meat, and perirenal fat in rabbits. *Animal Science*, 68, 647-654.

**Figure 4 : Équation de régression entre la teneur en DHA de la viande (en mg / 100 grammes de viande) et la teneur en DHA de l'aliment (en %), pour l'épaule dans la totalité des essais.**



- Cai X., Colin M., Delarue J., Teillet B., Prigent A.Y. 2012. Influence de l'apport d'ALA sur la fixation du DHA végétale dans la viande de lapin. 10<sup>èmes</sup> Journées francophones de nutrition – cahier de nutrition et de diététique 47, Lyon 12-14 décembre 2012, S140.

- Colin M., Raguene N., Le Berre G., Charrier S., Prigent A.Y., Perrin G., 2005. Influence d'un enrichissement de l'aliment en oméga 3 provenant de graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) sur le profil d'acides gras de la graisse et sur les caractéristiques hédoniques de la viande de lapin. 11<sup>ème</sup> journées de la recherche cunicole, paris (France), 29-30 Novembre 2005, 163-166.

- Colin M., Lebas F., Guttierrez G., Charrier S., Teillet B., Saliba C., Prigent A.Y. 2008. Influence of the distribution at birth of a Heat Shock Proteins booster isolated from the prickly pear epicarp on the growth and mortality of rabbit bits before and after weaning. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> world rabbit congress*, Verona (Italy), 601-605.

- Colin M., Delarue J., Teillet B., Besson M., Le Minous A.E., Grimout E., PRIGENT A.Y. 2011. Enrichissement de la viande de lapin en DHA à partir d'une source végétale. *Journées francophones de nutrition – cahier de nutrition et de diététique*, 46, Reims 7-9 décembre 2011, S103.

- Colin M., Delarue J., Camino Callarisa A., Teillet B., Varella E., Raguene N., Prigent A.Y. 2012. Efecto de la suplementación del pienso con DHA vegetal en el crecimiento y la calidad de la carne del conejo. 37 *Simposio de cunicultura de ASESCU*, Barbastro (Espagne), 24-25 de Mayo 2012, 97-101.

- Colin M., Prigent A.Y., 2016. Le lapin, un accumulateur d'oméga 3 courtes et longues chaînes. 2<sup>èmes</sup> rencontre nutrition, alimentation, métabolisme, santé, Saint-Brieuc, 12 septembre 2016.

- Combe S., Dalle Zotte A., 2005. La viande de lapin : valeur nutritionnelle et particularités technologiques. 11<sup>èmes</sup> journées de la recherche cunicole, Paris (France), 29-30 Novembre 2005, 167-180.

- Mordenti A.I., Sardi ;, Bonaldo A., Pizzamiglio V., Brogna N., Cipollin L., Tassinari M., ZAGHINI G., 2010. Influence of marine algae (*schizochytrium* spp) dietary supplementation on doe performances and progeny meat quality. *Livestock Science*, 128, 179-184.

- Teillet B., Colin M., Armengol J., Prigent A.Y. 2011. Effet d'un extrait de graines de caroube partiellement décortiquées sur les performances de viabilité et de croissance chez le lapin. 14<sup>èmes</sup> Journées de la recherche cunicole, Le Mans (France), 22-23 Novembre 2011, 5-8.

## ETUDE COMPARATIVE DU POIDS ET DE LA PROPORTION DE LA PEAU ET DES PIÈCES DE DÉCOUPE DE DEUX LIGNÉES MÂLES DE SOUCHE HYLA

Robert R.<sup>1</sup>, Thiébot C.<sup>1</sup>, Garreau H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> EUROLAP, Le Germillan, 35140 Gosné, France

<sup>2</sup> INRA, UMR GenPhySE, Centre de Toulouse, 31326 Castanet-Tolosan, France

correspondant : [raphael.robert@eurolap.fr](mailto:raphael.robert@eurolap.fr)

**Résumé** – Deux lignées de lapins de souche Hyla (A et B) sont sélectionnées sur le rendement en carcasse à l'abattage et sur la vitesse de croissance entre 35 et 70 jours. Avec le but de mieux connaître les données d'abattages de ces deux lignées et à terme d'affiner les modèles de sélection au-delà de la simple mesure du rendement carcasse pour ces lignées, les pesées de peau et des pièces de découpe (tête, foie, avant, rable et cuisses) ont été effectuées lors de quatre séries d'abattage à 71 jours (n=100 lapins/lignée/abattage). Les animaux nourris *ad libitum* ne sont pas mis à jeun avant l'abattage. L'abattage est effectué chez un éleveur abatteur proche du site d'élevage. La lignée A présente un rendement carcasse plus élevé que la lignée B (P<0,001) qui s'explique en partie par une proportion de la peau plus importante en lignée B qu'en lignée A (13,0% et 12,4% respectivement ; P<0,0001). Les proportions des pièces d'intérêt (avant, rable, cuisses) sont également étudiées. Elles sont identiques entre les deux lignées pour les avants et le rable (effet lignée non significatif), mais différentes pour le rendement des cuisses en faveur de la lignée A par rapport à la lignée B (16,3% et 15,8% respectivement, P<0,0001). Parmi les pesées brutes de pièces, c'est le foie qui est l'organe le plus variable avec un coefficient de variation supérieur à 20% dans les deux lignées. Enfin, les coefficients de corrélations phénotypiques étudiés pour l'ensemble des critères montrent un lien positif entre le poids à l'abattage et l'ensemble des poids des différentes pièces pour les deux lignées ; les corrélations sont également positives et significatives entre le rendement carcasse et les rendements des pièces d'intérêt (avant, rable et cuisses).

**Abstract – Comparative study of the skin yield and the weight of carcass cuts from two Hyla males lines.** Two male lines from the Hyla breeding scheme (A and B) are selected for the carcass yield at slaughter and average daily gain from 35 to 70 days of age. In order to get a better knowledge on slaughter traits and refine selection models beyond the single measure of carcass yield for these lines, weighing of skin and cuts (head, liver, front legs, back and thighs) have been recording in four batches at 71 days old (n=±100 rabbits/line/batch). Animals had free access to feed without fasting before departure. Slaughter was performed in a small slaughterhouse close to the breeding site. A line has a higher carcass yield compare to B line (P<0.001). This difference of carcass yield can be explained by the skin yield which is higher in line B compare to the A line (13.0% and 12.4% respectively, P<0.0001). The proportions of cuts of interest (front legs, back, thighs) were also studied. They were similar in both lines for front legs and back (non-significant line effect), but different for thighs yield higher in A line than in B line (16.3% and 15.8% respectively, P<0.0001). Among cuts weights, the liver was the most variable organ with a variation coefficient higher than 20% in both lines. Finally, the coefficients of phenotypic correlation studied for all criteria showed a positive link between body weights at 71 days and cut weights for both Hyla male lines A and B. Correlations are also positive and significant between carcass yield and retail cut yields (front legs, back and thighs).

### Introduction

La sélection génétique pour les lignées mâles en lapin de chair s'est depuis longtemps tournée vers l'obtention d'un poids vif répondant aux attentes des abattoirs à un âge donné, à l'augmentation de la vitesse de croissance, l'amélioration de l'efficacité alimentaire et maximisation du rendement carcasse. Aujourd'hui, la découpe des carcasses pour la vente est de plus en plus conséquente (Larzul et Gondret, 2005; CLIPP e-TeMA décembre 2016) et nécessite de bien connaître la proportion de chacune des pièces (tête, avant, foie, rable et cuisses). Les deux lignées

mâles Hyla A et B sont actuellement sélectionnées sur le rendement carcasse et sur la vitesse de croissance entre 35 et 70 jours pour maximiser ces deux critères. Les données phénotypiques sont issues du noyau de sélection des deux lignées mâles. A chaque fin de cycle un abattage contrôlé d'environ 100 lapins de 71 jours par lignée est réalisé. Le rendement de carcasse mesuré est alors intégré dans le calcul de l'index génétique. Lors des derniers abattages, de nouvelles mesures phénotypiques ont été ajoutées (poids de peau ; poids des pièces après découpe : tête, foie, avant, rable et cuisses) dans le but de mieux connaître la répartition du poids des pièces pour ces

lignées et également pour affiner les modèles de sélection. Cette étude a pour but de comparer les deux lignées mâles A et B de souche Hyla et d'établir les corrélations phénotypiques entre toutes les composantes de la carcasse.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Animaux et sélection

Les deux lignées A et B de souche Hyla sont sélectionnées de manière similaire sur leur vitesse de croissance entre 35 et 70 jours et sur leur rendement carcasse obtenu après un abattage contrôlé à 71 jours. Pour chaque série d'abattage, les animaux des deux lignées A et B ont été élevés dans les mêmes conditions et de manière contemporaine. L'estimation des valeurs génétiques pour ces deux critères est effectuée par la méthode du BLUP appliquée à un modèle animal. Ces valeurs génétiques sont obtenues simultanément par un modèle bi caractère.

### 1.2. Mesures

L'ensemble des lapereaux A et B du noyau de sélection sont identifiés et pesés à 35 jours, puis pesés à nouveau à 70 jours pour obtenir une valeur phénotypique de la vitesse de croissance. A 70 jours, une partie de ces animaux ( $\pm 100$  lapins par lignée) est sélectionnée sur la base du poids moyen à 70 jours (avec une contrainte de poids minimum de 2,5kg) pour entrer dans le protocole de mesure du rendement carcasse. Les animaux sont nourris *ad libitum*, sans mise à jeun, jusqu'au départ à l'abattoir à 71 jours. Ils sont pesés avant départ. Après 2h de transport, les animaux sont tous abattus directement à l'arrivée, en 1h30 chez un éleveur abatteur proche du site d'élevage.

**Tableau 1 : Effectifs par sexe des lapins abattus pour chaque lignée**

Lignée	n	♂	♀
Lignée A	442	84	358
Lignée B	347	124	223

Les peaux sont pesées après dépouillage. Les manchons sont regroupés pour chaque lignée et sont pesés au global. Les carcasses sont ensuite mises en chambre froide à 4°C pendant 2h. Après refroidissement, les carcasses froides sont pesées, puis découpées. Les pièces suivantes ont été pesées : tête, foie, avant, râble et cuisses. Les résultats phénotypiques sont présentés dans le tableaux 2. Le rendement de la carcasse est calculé comme le rapport de poids de la carcasse froide sur le poids vif à 71 jours; la proportion de la peau est calculée de manière similaire. La proportion des pièces est calculée comme le rapport du poids de chacune des pièces sur le poids vif à 71 jours pour chaque animal. Ces dernières sont présentées dans le tableau 3.

### 1.3. Analyses statistiques

Pour comparer les résultats des deux lignées A et B, après avoir estimé les moyennes et les coefficients de variation, deux types d'analyses statistiques ont été effectuées. Une analyse en utilisant la procédure GLM du logiciel SAS, avec comme effets retenus dans le modèle : la bande ( $n=4$ ), le sexe et la lignée. Une analyse en utilisant la procédure CORR du logiciel SAS, pour réaliser l'estimation des corrélations phénotypiques entre les différentes mesures.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Comparaison des moyennes

Dans les tableaux 2 et 3 sont présentées les moyennes, coefficients de variation (CV) et effet de la lignée des critères phénotypiques enregistrés pour les deux lignées A et B. La lignée A présente un rendement de carcasse supérieur de 0,7% par rapport à la lignée B ( $P<0,001$ , Tableau 3). Les animaux sont nourris *ad libitum* jusqu'au départ pour l'abattoir et ils ne sont pas mis à jeun ce qui a un impact de 3 à 4% sur le rendement carcasse au profit des viscères.

**Tableau 2 : Données phénotypiques des poids pour les lignées A et B**

Variable	Lignée A		Lignée B		Effet Lignée
	Moyenne	CV	Moyenne	CV	
Poids71 jrs (g)	2776,2	8,4	2857,4	8,4	***
Peau (g)	343,5	10,5	371,2	10,3	***
Viscères (g)	813,7	12,6	844,2	13,8	**
Carcasse (g)	1508,2	8,9	1530,2	8,5	NS
Tête (g)	138,6	11,1	141,1	10,1	NS
Foie (g)	92,8	20,5	100,4	21,1	***
Avant (g)	411,7	11,6	419,0	9,6	***
Râble (g)	407,5	11,9	417,8	11,2	NS
Cuisses (g)	451,9	9,0	451,3	8,9	NS

Signification des effets : NS non significatif, \*\*  $P<0,001$ , \*\*\*  $P<0,0001$

Cette différence de rendement de carcasse peut certainement s'expliquer en partie par la proportion de peau, qui est plus importante en lignée B (13,0%  $\pm 0,8$ ) que pour la lignée A (12,4%  $\pm 0,9$ ). L'effet lignée est en effet significatif pour ce caractère proportion de peau ( $P<0,0001$ ). Cependant la dispersion relative (CV) est plus élevée en lignée A (CV=7,8) que pour la lignée B (CV=6,1). Larzul *et al.* (2003 et 2005) ont également mis en évidence un effet lignée significatif pour les caractères poids de peau et proportion de la peau pour deux lignées sélectionnées de manière divergente sur le poids 63 jours : la proportion de peau est inférieure, et le rendement de la carcasse est supérieur pour la lignée sélectionnée sur l'augmentation du poids vif à 63 jours.

L'effet lignée est significatif ( $P<0,0001$ ) pour la partie avant en comparant les poids entre les lignées A et B

(Tableau 2). La proportion pour chacune des pièces avant et rable est sensiblement identique entre les deux lignées, mais différente pour les cuisses entre la lignée A et B (16,3 et 15,8 % respectivement). Si nous regardons la proportion des pièces pour ces deux lignées (Tableau 3), la différence entre les deux lignées est significative ( $P < 0,0001$ ) pour le rendement des cuisses. Larzul et Gondret (2005) et Pascual et al. (2008) montrent que le développement des cuisses est lié au développement du tissu musculaire qui est plus tardif que le tissu osseux, et qui est donc en lien avec la maturité physiologique. Pour la partie avant, la croissance est constante et isométrique d'après Pascual et al. (2008). L'hypothèse est que la maturité physiologique de la lignée A serait plus avancée que pour la lignée B à 71 jours.

**Tableau 3 : Données phénotypiques des rendements pour les lignées A et B** (Moy. = Moyenne)

Variable	Lignée A		Lignée B		Effet Lignée
	Moy.	CV	Moy.	CV	
Rdt Peau (%)	12,4	7,8	13,0	6,1	***
Rdt Viscères (%)	29,3	8,0	29,5	9,0	NS
Rdt Carc (%)	54,3	3,4	53,6	4,0	***
Rdt Tête (%)	5,0	9,4	5,0	8,6	***
Rdt Foie (%)	3,3	17,3	3,5	19,4	*
Rdt Avant (%)	14,8	8,8	14,7	6,7	NS
Rdt Rable (%)	14,7	7,9	14,6	7,1	NS
Rdt Cuisses (%)	16,3	4,9	15,8	5,5	***

Signification des effets : NS non significatif, \*  $P < 0,01$ , \*\*  $P < 0,001$ , \*\*\*  $P < 0,0001$

Le rendement du foie représente 3,3% et 3,5% du poids vif pour les lignées A et B respectivement, mais il est également très variable avec un CV de 17,3 pour la lignée A et de 19,4 pour la lignée B. La variation du poids du foie est également conséquente pour les deux lignées (CV de 20,5 et 21,1 pour les lignées A et B respectivement ; Tableau 2). Le foie (comme la tête) font partie des organes qui se développent précocement (Pascual *et al.*, 2008). Pour ces deux organes leurs proportions sont significativement différentes entre les deux lignées A et B ( $P < 0,0001$  et  $P < 0,01$  respectivement) en faveur de la lignée B.

En poursuivant le protocole de mesures lors des prochaines bandes, ce sont des données qu'il faudra vérifier pour approfondir nos connaissances comparatives. Avec l'ajout de données supplémentaires, et en améliorant la précision des calculs, une différence de maturité physiologique entre les deux lignées A et B sera peut-être confirmée. Les corrélations phénotypiques entre toutes les variables sont présentées dans le tableau 4. Les rendements peau et carcasse ont des corrélations proches de 0 avec la variable du poids à l'abattage

(Pds71). Ces résultats sont en accord avec ce qui a déjà été montré dans d'autres publications (Larzul *et al.*, 2003). A l'inverse, pour les critères de poids, de peau, de carcasse et des pièces de découpe, les corrélations phénotypiques sont significatives et positives avec le poids à l'abattage pour les deux lignées A et B. En effet, quand ce poids augmente, les poids de peau, carcasse et des pièces augmentent également.

Les rendements des pièces sont corrélés positivement entre eux ( $P < 0,001$ ) et avec le rendement de carcasse. La corrélation phénotypique entre les caractères rendement des cuisses et rendement de la carcasse est de 0,79 pour les deux lignées A et B ( $P < 0,001$ ). Ces corrélations sont plus élevées que pour les rendements des avants et des râbles. Cela démontre un lien fort entre les caractères rendement de la carcasse et rendement des cuisses : les animaux ayant un rendement de carcasse élevé sont ceux ayant un développement de la partie arrière plus élevé. La partie arrière explique ainsi une part plus importante de la valeur du rendement carcasse, comparativement aux pièces avant et rable.

### Conclusions

Le but premier de cette étude était d'approfondir les connaissances sur les caractéristiques bouchères des lignées A et B de souches Hyla. Il a été mis en évidence que certaines des données comme le poids et la proportion de peau, et des rendements avant, rable et cuisses présentent des différences entre lignées. La collecte de ces données en routine permettra d'affiner et de préciser les résultats. A terme, il est envisagé de réaliser une estimation des paramètres génétiques pour mettre en place une sélection sur le poids et la proportion de pièces d'intérêt comme le rable.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des agents d'élevage pour la collecte des données, et le Clos St Philippe pour la réalisation suivie des abattages contrôlés.

### Références

- Larzul C., Gondret F., Combes S., 2003. Déterminisme génétique de la composition corporelle : analyse d'une expérience de sélection sur le poids à 63 jours. 10èmes Journ Rech. Cun. Fr., 19-20/11/2003, Paris. Ed INRA-ITAVI
- Larzul C., Gondret F., Combes S., De Rochambeau H., 2005. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit: response on growth, carcass and muscle traits. In: Genetics Selection Evolution, 37 (1), 105-122.
- Larzul C., Gondret F., 2005. Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin. In: INRA Prod. Anim., 18, 119-129
- Pascual M., Pla M., Blasco A., 2008. Relative growth of organs, tissues and retail cuts in rabbits selected for growth rate 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008 Verona (Italy).
- Pascual M., Pla M., Blasco A., 2008. Effect of selection for growth rate on relative growth in rabbits. J. Anim. Sci. 86:3409-3417. doi:10.2527/jas.2008-0976

**Tableau 4 : Corrélations phénotypiques pour l'ensemble des critères mesurés pour la lignée A et la lignée B**NS: non significatif ; Toutes les autres corrélations sont significatives au de seuil de  $P < 0,001$  ; en grisé la lignée A et incolore la lignée B.

Variable	Pds71	Peau	Carc	Tête	Foie	Avant	Râble	Cuisse	RdtPeau	RdtCar	RdtTête	RdtFoie	RdtAvant	RdtRâble	RdtCuis.
PDS71	1	0,81	0,89	0,59	0,43	0,73	0,78	0,80	-0,01 NS	-0,19	-0,30	0,05 NS	-0,22	0,06	-0,24
PEAU	0,70	1	0,82	0,51	0,26	0,73	0,74	0,73	0,58	0,06 NS	-0,19	-0,05 NS	0,02 NS	0,23	-0,06 NS
CARC	0,93	0,71	1	0,66	0,44	0,81	0,89	0,92	0,16 NS	0,27	-0,09 NS	0,11 NS	0,03 NS	0,36	0,13 NS
TETE	0,56	0,36	0,53	1	0,19	0,25	0,72	0,60	0,07 NS	0,19	0,60	-0,03 NS	-0,37	0,46	0,08 NS
FOIE	0,53	0,34	0,52	0,17	1	0,25	0,25	0,31	-0,14 NS	0,03 NS	-0,20	0,92	-0,18	-0,12 NS	-0,16 NS
AVANT	0,66	0,58	0,74	0,04 NS	0,36	1	0,57	0,73	0,22	0,19	-0,42	-0,03 NS	0,50	0,04 NS	0,05 NS
RABLE	0,73	0,53	0,78	0,58	0,33	0,42	1	0,79	0,18	0,26	0,08 NS	-0,06 NS	-0,17 NS	0,67	0,08 NS
CUISSES	0,85	0,65	0,94	0,48	0,36	0,70	0,69	1	0,13 NS	0,29	-0,08 NS	0,01 NS	0,02 NS	0,31	0,38
RdtPEAU	-0,16	0,59	-0,07 NS	-0,12 NS	-0,14 NS	0,05 NS	-0,09 NS	-0,06 NS	1	0,38	0,10 NS	-0,15 NS	0,33	0,32	0,24
RdtCARC	-0,05 NS	0,13 NS	0,33	0,02 NS	0,03 NS	0,32	0,24	0,37	0,23	1	0,43	0,12 NS	0,53	0,65	0,79
RdtTETE	-0,23	-0,18	-0,19	0,68	-0,27	-0,54	0,05 NS	-0,18	0,02 NS	0,07 NS	1	-0,10 NS	-0,21	0,49	0,34
RdtFOIE	0,15 NS	0,06 NS	0,17	-0,07 NS	0,92	0,12 NS	0,04 NS	0,03 NS	-0,08 NS	0,06 NS	-0,22	1	-0,11 NS	-0,15 NS	-0,08 NS
RdtAVANT	-0,11 NS	0,08 NS	0,08 NS	-0,50	-0,04 NS	0,68	-0,16	0,10 NS	0,21	0,47	-0,50	0,00 NS	1	-0,01 NS	0,38
RdtRABLE	0,06 NS	0,08 NS	0,22	0,31	-0,06 NS	-0,05 NS	0,72	0,17	0,04 NS	0,43	0,33	-0,10 NS	-0,14 NS	1	0,42
RdtCUISSES	-0,15 NS	0,01 NS	0,15 NS	-0,07 NS	-0,24	0,16	0,04 NS	0,39	0,19	0,79	0,06 NS	-0,21	0,36	0,23	1

## INFLUENCE DE L'INGESTION PRÉCOCE OU DU RATIO PROTÉINE AMIDON SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET LE MICROBIOTE CAECAL CHEZ LE LAPIN

Combes S.<sup>1</sup>, Ikken S.<sup>2</sup>, Gidenne T.<sup>1</sup>, Balmisse E.<sup>3</sup>, Aymard P.<sup>3</sup>, Gabinaud B.<sup>1</sup>, Segura M.<sup>1</sup>, Barilly C.<sup>1</sup>, Travel A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INRA, GenPhySE, 24 Chemin de Borde Rouge Auzeville, 31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>2</sup>ITAVI, Centre INRA Val de Loire, URA, 37380 Nouzilly, France

<sup>3</sup>INRA PECTOUL, 24 Chemin de borde Rouge, Auzeville, 31326 Castanet-Tolosan, France

Correspondant : sylvie.combes@inra.fr

**Résumé** – L'objectif de notre étude était de stimuler l'ingestion solide du lapereau allaité en modulant l'âge d'accès à l'aliment solide granulé (8j vs 18j) ou le ratio protéine/amidon de l'aliment (j18-j42). Dans le lot 1, les lapereaux allaités avaient accès, dès 8j dans le nid, à l'aliment P+A- (protéine digestible 13,5%; amidon 6,8%) ; dans le lot 2, les lapereaux avaient accès au même aliment mais à partir de 18j seulement. Pour le lot 3, les lapereaux étaient nourris à partir de 18 j avec un aliment P-A+ (protéine digestible 9,9%, amidon 8,9%) (17 portées par groupe). Au sevrage (35 j), les lapereaux ont été rationnés à 80% de l'ingestion volontaire. L'état sanitaire a été contrôlé quotidiennement, la production laitière de la lapine a été mesurée 2 fois par semaine, le poids vif et la consommation d'aliment des lapereaux, dans le nid entre 8 et 18j, puis dans la mangeoire (18-35j) ont été mesurés. Le poids relatif des organes, les paramètres fermentaires et la composition du microbiote caecal ainsi que les concentrations d'IgA fécale et d'IgG plasmatique ont été déterminés à 18 et 42 j (n=10 par groupe). Le taux de mortalité n'était pas différent entre les lots (2,8% entre 8 et 35 j ; et 0,4 % entre 35 et 70 j). L'ingestion précoce de granulé (0,75 granulé/lapin/jour 8 et 18j) n'a pas eu d'incidence sur la croissance jusqu'au sevrage des lapereaux. Sur la période 35 – 70 j, le lot 3 présente la croissance la plus élevée (39,5±0,4 g/j), la plus faible est observée pour le lot 2 (37,6 ± 0,4 g/j) tandis que le lot 1 présente une valeur intermédiaire (38,8±0,5 g/j). L'alimentation précoce affecte l'abondance relative de 10 et 20 espèces bactériennes (dont 16 appartiennent à la famille des Ruminococcaceae) à 18 et 42 j respectivement. A 42 j le ratio protéine/amidon de l'aliment modifie l'abondance relative de 45 espèces bactériennes (dont 20 appartiennent à la famille des Lachnospiraceae). L'ingestion précoce ou la qualité de l'aliment impacte modérément le microbiote caecal. Les répercussions sur la maturation du système immunitaire sont en cours d'analyse.

**Abstract – Influence of early ingestion or protein to starch ratio on growth performance and caecal microbiote in rabbit** - The objective of our study was to stimulate the solid intake of suckling rabbit by modulating the age of access to pelleted solid food (8 vs 18d) or protein / starch ratio of the feed from 18d. In group 1, suckling rabbits had access to feed P+A- (8.5% digestible protein, starch 6.8%) as early as 8 d. in the nest. In group 2, the rabbits had access to the same food but only from 18 d. For group 3, rabbits were fed from 18 d with a P-A+ feed (digestible protein: 9.9%, starch 8.9%) (17 litters per group). At weaning (35 d), the rabbits were fed at 80% of the voluntary intake. Health status was monitored daily, milk production was measured twice a week, young rabbits live weight and feed consumption in the nest between 8 and 18 d, and then in the feeder (18 - 35d) were measured. The relative organ weight, fermentation parameters and composition of the caecal microbiota, concentrations of fecal IgA and plasma IgG were determined at 18 and 42 d (n = 10 per group). The mortality rate was not different between the groups (2.8% between 8 and 35 days, and 0.4% between 35 and 70 d). In the nest between 8 and 18 days pellet consumption was 0.75 pellet / rabbit / day. This early pellet consumption did not affect the rabbit growth until weaning. During the period 35-70 days, group 3 had the highest growth (39.5 ± 0.4 g/d), the lowest was observed for lot 2 (37.6 ± 0.4 g/d) While group 1 has an intermediate value (38.8 ± 0.5 g/d). Early feeding affects the relative abundance of 10 and 20 bacterial species (16 belonging to the Ruminococcaceae family) at 18 and 42 d respectively. At 42 d the feed protein / starch ratio alters the relative abundance of 45 bacterial species (20 of which belong to the Lachnospiraceae family). Early ingestion or feed quality moderately influence the composition of the microbiota. The implications on immune system maturation are currently being analyzed.

## Introduction

L'amélioration de la technicité des éleveurs et des pratiques d'élevage a induit une amélioration constante de la performance de production, et d'efficacité alimentaire en élevage cunicole (Combes et al. 2013, Gidenne et al. 2013a). En dépit de ces avancées, le contexte de l'entérocologie épizootique du lapin et la sensibilité aux troubles digestifs autour du sevrage (Licois et Marlier, 2008) contraignent les éleveurs à utiliser des intrants médicamenteux. Conscient du problème de l'émergence et la diffusion de bactéries résistantes aux antibiotiques, ainsi que du rejet social de ces pratiques, les acteurs de la filière cunicole ont engagé depuis 2011 une démarche de réduction et d'optimisation de l'utilisation des antibiotiques (démarche interprofessionnelle cunicole du CLIPP et plan interministériel Ecoantibio 2017). Identifier de nouveaux leviers permettant aux acteurs de la filière cunicole de mieux maîtriser la santé des lapins et ainsi poursuivre les efforts engagés est une priorité.

Dans les élevages professionnels les lapereaux ont accès à des aliments granulés seulement lorsqu'ils sont en mesure de quitter le nid. Or, le lapereau allaité est capable d'ingérer quelques granulés d'aliment ou fèces maternels à partir de 7 j d'âge (Gidenne et al. 2013b) dans le nid. Dans ce contexte, nous proposons des innovations nutritionnelles destinées aux jeunes lapereaux pour améliorer leur robustesse, basé sur 3 constats (Combes et al. 2013) (i) le microbiote digestif, partenaire symbiotique, joue un rôle important dans la préservation de la santé du lapereau. (ii) l'implantation du microbiote digestif est dépendante de l'ingestion d'aliment solide (iii) le levier alimentaire est l'un des plus efficaces pour contrôler la diversité du microbiote. Ainsi, dans cette étude, nous proposons de stimuler l'ingestion d'aliment solide granulé du lapereau avant le sevrage, soit par un apport précoce (dès 8j d'âge), soit en augmentant le ratio amidon/protéine.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

Deux jours après la mise bas, les portées ont été équilibrées à 11 lapereaux / femelle. Trois lots de 17 portées ont été constitués (figure 1). Tous les lapereaux avaient une alimentation séparée et différente de leur mère (Fortun-Lamothe, et al., 2000). Dans le lot 1, les lapereaux allaités avaient accès, dès 8j d'âge, dans le nid, à un aliment granulé "P+A-" (protéine digestible 13,5 %, amidon 6,8 %, tableau 1), dans le lot 2 les lapereaux avaient accès au même aliment mais à partir de 18j. Pour le lot 3, les lapereaux étaient nourris à partir de 18j avec un aliment "P-A+" (protéine digestible 9,9 %, amidon 8,9%, tableau 1). Les boîtes à nid ont été retirées à 21j.

Sept jours après la mise bas, le nid réalisé par la mère (poils + litière en copeaux de bois) est retiré pour être remplacé par un nid constitué de copeaux de bois,

recouverts de coton cardé pour garantir un confort thermique aux lapereaux. Les fèces éventuellement déposées par les mères au moment de l'allaitement, sont comptées puis remises sur le côté gauche du nid. Pour le lot 1, douze granulés (soit 1,8 g), sont placés à l'opposé. Les fèces de la mère sont laissées dans les nids, pour tous les lots avec un maximum de 10 fèces de manière à garantir l'hygiène du nid. L'ingestion de granulés par la portée ou de fèces maternelles dans le nid a été dénombrée quotidiennement.

**Tableau 1 : Composition chimique des aliments.**

% brut	P+A-	P-A+
ED (kcal/kg) <sup>1</sup>	2234	2246
Mat. Gr.		
ADF		
Protéine dig.	13,5	9,9
Cendres brutes		
Humidité		

1 : valeur mesurée

Au sevrage (35 j), les lapereaux ont été rationnés à 80% de l'ingestion volontaire calculée à partir de congénères contemporains pour chacun des lots et nourris ad libitum. A 42 j les lapereaux des trois lots ont été alimentés avec un aliment commercial type « croissance ». L'état sanitaire a été contrôlé de manière quotidienne, la production laitière de la lapine a été mesurée 2 fois par semaine, les lapereaux ont été pesés chaque semaine, les consommations alimentaires ont été mesurées au nid et à la mangeoire par portée.

A 18 et 42 j d'âge, 10 lapins par lot ont été abattus. Les poids de l'estomac, de la rate, du caecum plein de l'appendice vermiforme et de la valvule iléo-caecale, la concentration en IgG plasmatique et IgA fécale et les paramètres fermentaires ont été mesurés. La diversité et la composition du microbiote caecal ont été déterminées par pyroséquencage des gènes codant pour l'ARN16S.

### 1.2. Analyses statistiques

Les performances de croissance ont été analysées à l'aide d'un modèle linéaire mixte avec le lot comme effet fixe, la production de lait des lapines en covariable et la portée comme effet aléatoire. Les variables obtenues après sacrifice ainsi que les indices de diversité ont été analysées en utilisant un modèle linéaire avec un effet fixe du lot (5 niveaux). L'analyse différentielle de la composition du microbiote a été réalisée en utilisant le package DESeq (R)

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Croissance et consommation

Entre 8 et 18 j d'âge, l'ingestion moyenne de granulés (lot 1) est de 0,75 granulé/lapin/jour et n'a pas d'incidence sur la production laitière ou la croissance jusqu'au sevrage. Ces résultats confirment la capacité des lapereaux à ingérer de l'aliment solide (Gidenne et al. 2013b). Toutefois cette quantité d'aliment ingérée



reste négligeable au regard de la consommation de lait du lapereau qui est en moyenne de 29g/j/lapin sur la même période. Le taux de mortalité est faible, et ne diffère pas entre les lots (2,8% entre 8 et 35 j ; et 0,4 % entre 35 et 70 j). Dans nos conditions expérimentales avec un bon état sanitaire l'ingestion d'un aliment solide dès 8j ou la modification du ratio protéine/amidon ne permettent pas de mettre en évidence un effet bénéfique sur la santé.

Après le sevrage, en condition d'alimentation *ad libitum*, les lapereaux contemporains du lot 2 ont une consommation plus faible. En conséquence, en ingestion limitée (77% effective de l'*ad libitum*), les quantités

d'aliment distribuées ont respecté les mêmes différences entre lot. Pour la période de rationnement entre 35 et 42 jours, les meilleures performances de croissance sont observées pour les lapereaux du lot 3 (GMQ : +19%, IC : -0,3 point, Tableau 2). Sur la période 35 – 70j, le lot 3 présente la croissance la plus élevée, la plus faible est observée pour le lot 2 tandis que le lot 1 présente une valeur intermédiaire. L'indice de consommation n'est pas différent entre groupe. Un aliment riche en amidon semble donc montrer un intérêt pour la croissance post sevrage des lapereaux en condition sanitaire maîtrisée (4 lapins morts/220).

Figure 1 : Schéma expérimental et préparation des nids

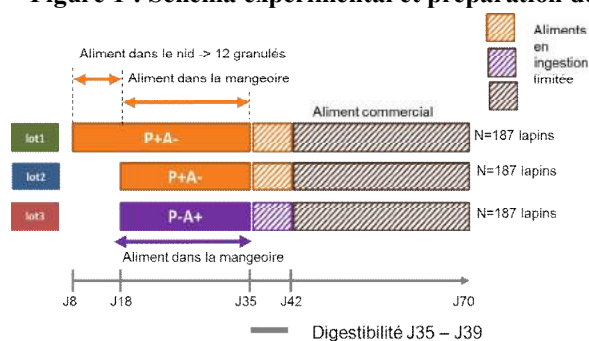


Tableau 2 : Consommation d'aliment et performance de croissance après le sevrage

	Lot 1	Lot 2	Lot3	Effet lot	Effet conso lait
Poids vif 35j (g)	855± 19	843± 18	847± 18	0,89	0,001
Consommation 35-42j (g/j/lapin)	90	86	91	(77% de l' <i>ad libitum</i> )	
Consommation 42-70j (g/j/lapin)	128	120	126		
GMQ 35-42j (g/j)	38,3± 1,0 <sup>b</sup>	38,9 ± 0,9 <sup>b</sup>	45,9 ± 0,9 <sup>a</sup>	0,001	0,49
IC 35-42j	2,43± 0,07 <sup>a</sup>	2,30± 0,06 <sup>a</sup>	2,07± 0,06 <sup>b</sup>	0,001	0,02
GMQ 35-70j (g/j)	38,8± 0,5 <sup>ab</sup>	37,6± 0,4 <sup>b</sup>	39,5 ± 0,4 <sup>a</sup>	0,01	0,10
IC 35-70j	3,13± 0,04	3,02± 0,03	3,07 ± 0,03	0,12	0,007

a, b, c, au sein d'une ligne les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent au seuil de  $p < 0,05$

## 2.2. Poids des organes, IgG plasmatique, IgA fécale, activité fermentaire et microbiote caecal

D'une manière générale, les paramètres de physiologie digestive et les teneurs en IgG plasmatique, IgA fécale ne sont pas ou peu affectés par l'alimentation précoce ou le ratio protéine/amidon de l'aliment. A 18 jours, la teneur en matière sèche du caecum était plus élevée (+5 pts  $p < 0,05$ ) chez les lapereaux ayant eu accès aux granulés dès 8 jours. A 42 jours la concentration en NH<sub>3</sub> était la plus faible dans le lot 1 ( $5,5 \pm 1,4$  mM), la plus élevée dans le lot 3 ( $9,6 \pm 5,7$  mM) tandis que le lot 2 présentait une valeur intermédiaire ( $8,4 \pm 2,1$  mM). Concernant le microbiote caecal, à 18 jours, l'apport de granulé au nid tend à augmenter la richesse ( $174 \pm 29$  vs  $151 \pm 18$   $P = 0,08$  en nombre d'espèce bactérienne ou OTU). Exception faite d'un fort effet structurant de l'âge, la structure de la communauté n'est impactée ni par l'alimentation précoce ni par le ratio

protéine/amidon. En revanche, l'accès aux granulés dès 8 jours affecte l'abondance de 10 espèces (OTU) à 18 jours et 20 espèces à 42 jours (Tableau 3). Ces espèces appartiennent majoritairement à la famille des *Ruminococcaceae* (16 espèces). Le ratio protéine/amidon affecte l'abondance relative de 45 espèces dont 20 appartiennent à la famille des *Lachnospiraceae*.

## Conclusions

Ces résultats confirment la capacité des lapereaux à ingérer précocement (dès 8j) un aliment granulé. Néanmoins, les quantités ingérées restent négligeables, et semblent ne pas avoir d'impact sur la croissance avant le sevrage. Néanmoins, nous posons l'hypothèse que cette ingestion pourrait faciliter l'implantation d'un microbiote digestif favorable au développement du système immunitaire. Ce dernier paramètre est en cours

d'analyse sur les 3 lots. Dans nos conditions expérimentales avec un bon statut sanitaire l'aliment avec le ratio protéine/ amidon le plus faible montrent les meilleures performances après sevrage

**Tableau 3 : Espèces bactériennes caecales dont l'abondance (%) est différentielle entre les lots à 18 jours et 42 jours<sup>1</sup>**

	OTU	18 jours <sup>2</sup>		42 jours			log2 Fold Change	Famille	Genre
		lot1 n=10	lot2 n=9	lot1 n=10	lot2 n=10	lot3 n=10			
<b>J18</b> lot1 vs lot2	1	0,496	0,004	0,024	0,029	0,040	3,98	<i>Desulfovibrionaceae</i>	<i>Desulfovibrio</i>
	2	1,247	0,099	0	0	0	3,18	<i>Ruminococcaceae</i>	
	3	0,523	0,044	0,011	0,009	0	2,90	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Anaerotruncus</i>
	4	0,353	0,022	0,002	0,004	0,005	2,89	<i>Lachnospiraceae</i>	
	5	0,313	0,020	1,661	1,850	1,486	2,61	<i>Ruminococcaceae</i>	
	6	0	0,305	0,136	0,485	0,233	-3,23	<i>Ruminococcaceae</i>	
	7	0,313	0,038	0,013	0,002	0,004	2,34	<i>Family XIII</i>	
<b>J42</b> lot1 vs lot2	1	0	0	0,015	0,247	0,131	-2,76	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcaceae UCG-008</i>
	2	0	0	0,009	0,234	0,213	-2,80	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcaceae UCG-005</i>
	3	0,002	0	0,027	0,249	0,151	-2,34	<i>Christensenellaceae</i>	<i>Christensenellaceae R-7 group</i>
	4	0	0	0,185	0,378	0,347	-2,31	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcus</i>
	5	0	0,002	0,451	0,060	0,035	2,32	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Lachnospiraceae NK4A136 group</i>
	6	0,058	0,010	0,472	0,100	0,147	1,91	<i>Ruminococcaceae</i>	
	7	0	0	0,778	0,138	0,427	2,13	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Coprococcus</i>
<b>J42</b> lot2 vs lot3	1	0,025	0,024	0,051	0,007	0,334	-3,31	<i>Anaeroplasmataceae</i>	<i>Anaeroplasma</i>
	2	0	0	0,134	0,055	0,763	-3,05	<i>Lachnospiraceae</i>	
	3	0,004	0	0,240	0,456	0,015	3,27	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcus</i>
	4	0,024	0,002	0,327	0,069	1,121	-3,16	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcus</i>
	5	0	0	0,313	0,316	0,015	2,91	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Tyzzerella</i>
	6	0	0	0,185	0,378	0,347	2,62	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcus</i>
	7	0	0	1,466	0,838	1,463	-2,65	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Lachnospiraceae NK4A136 group</i>
	8	1,074	0,622	0,044	0,478	0,020	2,95	<i>Bacteroidaceae</i>	<i>Bacteroides</i>
	9	0	0	0,416	0,416	0,031	2,67	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcaceae UCG-013</i>
	10	0,002	0	0,144	0,358	0,040	2,37	<i>Ruminococcaceae</i>	<i>Ruminococcus</i>
	11	0,024	0	0,044	0,400	0,449	2,26	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Coprococcus</i>
	12	0,302	0,212	0,011	0,011	0,094	-1,76	<i>Lachnospiraceae</i>	
	13	11,3	15,7	0,300	0,367	0,084	1,72	<i>Bacteroidaceae</i>	<i>Bacteroides</i>
	14	0	0	0,689	0,122	0,747	-2,15	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Lachnospiraceae NK4B4 group</i>
	15	0	0	0,429	0,176	0,909	-2,02	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Blautia</i>
<b>J42</b> lot2 vs lot3	1	0	0,000	0,087	0,474	0,055	-2,04	<i>Christensenellaceae</i>	<i>Christensenellaceae R-7 group</i>
<b>J42</b> lot1 vs lot2	2	0,015	0,000	0,165	0,943	0,145	2,32	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Marvinbryantia</i>
	3	0	0,000	0,160	0,007	0,236	-2,91	<i>Lachnospiraceae</i>	<i>Lachnospiraceae NK4A136 group</i>

1 Seules les espèces bactériennes dont l'abondance est >0,25 % pour au moins un groupe sont présentées

2 lot 1 : les lapereaux ont accès à 12 granulés/j dans le nid; lot 2 : les lapereaux n'ont pas d'accès aux granulés

## Références

- Combes S., Gidenne T., Boucher S., Fortun-Lamothe L., Bolet G., Coureaud G., 2013. Lapereaux de la naissance au sevrage : quels outils pour des lapereaux plus robustes ? In 15ème Journées de la Recherche Cunicole, 20-21 Novembre, Le Mans (FRA), pp. 63-77.
- Chevance A., Moulin G., 2014. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2013. In (Ed. Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation de la Pêche et des Affaires Rurales), p. 38. Anses - ANMV, Maisons-Alfort, France <https://www.anses.fr/fr/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2013.pdf>.
- Fortun-Lamothe L., Gidenne T., Lapanouse A., De Dapper J., 2000. Technical note: An original system to separately

- control litter and female feed intake without modification of the mother - young relations. *World Rabbit Sci.*, 8: 177-180.
- Gidenne T., Aubert C., Drouilhet L., Garreau H., 2013a. L'efficacité alimentaire en cuniculture: impacts technico-économiques et environnementaux., In Proc.: 15èmes J. Rech. Cunicoles, Bolet G. (Ed.) 19&20 nov., Le Mans, France, ITAVI publ., Paris, 1-13.
- Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L., Zemb O., 2013b. Capacité d'ingestion d'aliment sec par le lapereau au nid : interaction avec l'ingestion de fèces dures maternelles. In Proc.: 15èmes J. Rech. Cunicoles, Bolet G. (Ed.) 19&20 nov., Le Mans, France, ITAVI publ., Paris, 89-92.
- Licois D., Marlier D., 2008. Pathologies infectieuses du lapin en élevage rationnel. *INRA Productions Animales* 21, 257-268.

# **Session ASFC**

**Comment la filière cunicole peut-elle  
répondre de manière réaliste aux demandes  
sociétales liées au bien-être ?**



# COMMENT LA FILIÈRE CUNICOLE PEUT –ELLE RÉPONDRE DE MANIÈRE RÉALISTE AUX DEMANDES SOCIÉTALES LIÉES AU BIEN-ÊTRE ?

Session d'actualité organisée par l'ASFC

<http://www.asfc-lapin.com>

## Présentation générale

La filière lapin est en constante évolution. Elle doit faire preuve d'adaptabilité en repensant la méthode actuelle de production et en proposant de nouveaux systèmes d'élevages afin de mieux répondre aux nouveaux enjeux sociétaux notamment sur les questions du Bien-être.

Dans ce contexte, l'ASFC a proposé que la session d'actualité des 17<sup>èmes</sup> journées de la recherche cunicole soit consacrée à cette thématique : Actions de la filière cunicole pour répondre à la demande de la Société.

La session ASFC 2017 sera organisée de la manière suivante : des interventions de 10-15 mn par différents spécialistes. Chaque intervention sera systématiquement suivie d'échanges avec la salle: questions / réponses orales. En outre des questions pourront être posées par écrit en séance, les réponses étant apportées en fin de session au moment de la conclusion.

## Déroulement de la Session

- *Animation de la séance* Luc MIRABITO (Chef de projet Bien-Être des ruminants à l'Institut de l'Élevage) [sous réserve]
- *Présentation générale*: Chantal Davoust (ASFC)
- *10 questions posées à la salle* portant sur la perception des logements alternatifs à court et à moyen terme, sur les aspects techniques et sur des sujets prospectifs, afin d'échanger et partager les avis, avec réponses immédiates par boîtiers interactifs.
- *Quelles sont les demandes sociétales auxquelles la filière doit répondre ?*: Dominique Le Cren (CLIPP) [sous réserve]
- *État des lieux de la production française* en matière de logement alternatif : François Cadudal (ITAVI)
- *Témoignages d'éleveurs* synthétisés par Bernadette Le Normand (VeLVet)
- *Retour sur les ateliers créatifs* engagés par l'interprofession François Cadudal, perspectives (le projet 3L - Living Lab Lapin) : Laurence Lamothe (INRA) et Dominique Le Cren (CLIPP), et prospectives (lumière naturelle, ergonomie, lavage, ...) B. Le Normand.
- *Réponses aux questions écrites et Conclusions* : Chantal Davoust (ASFC) et Laure Bignon (ITAVI).

## Logements alternatifs : comment se présentent-ils?

Pour clarifier les idées, les différents types de logement alternatif utilisés (étudiés) seront présentés en séance avec des photos

- Cages standard les plus souvent utilisées
- Cages alternatives utilisées en maternité
- Cages alternatives utilisées en engraissement : mixte maternité et engraissement (combiparcs), parcs d'engraissement spécialisés, cages aménagées.

Les types d'enrichissements utilisés seront également explicités : blocs à ronger, tube-fourrage, fibres, chaînette, cloisonnement partiel, ...

## État des lieux sur l'usage des logements alternatifs : enquêtes

Pour connaître l'utilisation actuelle des logements alternatifs en production cunicole, en partenariat avec l'ITAVI, l'ASFC a conduit au cours de l'automne 2017 une enquête auprès des structures de production et de leurs éleveurs. Cette enquête fait suite à celle que l'ASFC avait déjà conduit en 2011 sur le même thème.

En 2017, 11 organisations ont répondu à l'enquête. Elles représentaient 668 éleveurs et 370 000 cages de reproduction. Cela a permis d'identifier 35 élevages utilisant régulièrement des logements alternatifs en maternité et/ou en engraissement. Dans les 7 organisations n'ayant pas répondu en détail à l'enquête, aucun éleveur n'utilisait de logement alternatif.

Ces résultats seront comparés en séance à ceux qui avaient été obtenus en 2011, ainsi qu'à ceux de l'utilisation des logements alternatifs au sein de l'Union Européenne (données actualisées).

Enfin, cette enquête 2017 a été l'occasion de récolter les propos de 6 éleveurs sur leur vision du bien-être animal dans leur élevage. Ces 6 éleveurs utilisant des logements alternatifs ont en particulier donné leur avis sur les avantages et les inconvénients ainsi que sur les améliorations qui leurs paraissent souhaitables pour le type de logement alternatif qu'ils utilisent.

---

## Conclusions

La conclusion de cette session d'actualité ne pourra être tirée qu'en fin de séance. Elle sera reprise ainsi que l'ensemble de présentations et des débats dans la synthèse qui sera effectuée après la séance. Cette synthèse incluant une analyse plus approfondie des réponses sera disponible sur le site internet de l'ASFC [www.asfc-lapins.com](http://www.asfc-lapins.com) au cours du 1<sup>er</sup> semestre 2018.

---

## Remerciements

Le travail de préparation et de présentation lors de cette session a été organisé conjointement avec l'ITAVI et le CLIPP que nous remercions vivement pour leur contribution. Il nous faut aussi souligner le travail fourni par les administrateurs bénévoles de l'ASFC, qu'ils en soient aussi chaleureusement remerciés.

---



# **PATHOLOGIE ET PRÉVENTION**





## CONNAISSANCES ET ACTUALITÉS SUR LA MALADIE HÉMORRAGIQUE VIRALE DU LAPIN

Le Gall-Reculé Ghislaine<sup>1</sup>, Boucher Samuel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané, Unité VIPAC, BP 53, 22440 Ploufragan, France

<sup>2</sup> LABOVET Conseil (Réseau Cristal), ZAC de la Buzenière, BP 539, 85505 Les Herbiers cedex, France

Correspondant : Ghislaine.legall-recule@anses.fr

**Résumé** – La maladie hémorragique virale du lapin (RHD pour "Rabbit Hemorrhagic Disease") est une maladie infectieuse qui affecte les lapins domestiques et sauvages de l'espèce *Oryctolagus cuniculus*. L'agent étiologique, le RHDV, est un calicivirus du genre *Lagovirus*. Quand elle est apparue dans les années 80 en Europe, la RHD a été responsable de fortes mortalités de lapins induisant d'importantes pertes économiques pour l'industrie du lapin et un impact écologique majeure au niveau de la faune sauvage. L'impact de la RHD dans les élevages a été contrôlé par des mesures sanitaires et la vaccination jusqu'à l'émergence d'un nouveau génotype de virus, le RHDV2. Cette synthèse présente les connaissances disponibles sur la RHD et le RHDV avec une attention particulière sur les données récentes obtenues sur le RHDV2.

**Abstract – Knowledge and news on the Rabbit hemorrhagic disease.** The Rabbit hemorrhagic disease (RHD) is an infectious disease of domestic and wild European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). The etiological agent, the RHDV, is a calicivirus of the genus *Lagovirus*. When appeared in the 80's in Europe, RHD caused high mortalities in rabbits and induced important economic lost on rabbit industry and a major ecological impact in wildlife. Impact of RHD in industrial farms was controlled by sanitary measures and vaccination until the emergence of a new genotype, named RHDV2. This revue presents the knowledge available on RHD and RHDV with a particular attention on the recent data obtained on RHDV2.

### Introduction

La maladie hémorragique virale du lapin (RHD pour "Rabbit Hemorrhagic Disease", initialement appelée VHD pour « Viral Hemorrhagic Disease ») est une maladie hautement infectieuse et souvent fatale qui affecte les lapins d'élevage (de chair et de fourrure), de compagnie et les lapins sauvages (lapins de garenne), de l'espèce *Oryctolagus cuniculus*. La rapidité de l'évolution de la maladie, sa contagiosité et son taux de mortalité très élevé dans les populations indemnes (60 à 100% des lapins atteints meurent 48 à 72 heures après l'infection) ont justifié l'inscription de la RHD dans la liste des maladies animales notifiables à l'Office International des Epizooties.

Elle a été décrite pour la première fois en République populaire de Chine en 1984, apparemment chez des lapins Angora importés d'Allemagne (Liu *et al.*, 1989), puis a diffusée dans les élevages de tout le pays et en Corée, suite à l'importation de lapins chinois. La RHD a été détectée dès 1986 en Europe, en Italie, et le premier cas a été répertorié en France en juillet 1988 sur des lapins domestiques du département de la Haute Saône (Morisse *et al.*, 1991), avant de diffuser rapidement dans les élevages et la faune sauvage de l'ensemble du territoire français. Des cas de RHD ont été décrits peu de temps après dans des élevages de lapins de chair sur le continent

africain, en Arabie Saoudite ainsi que sur le continent américain, souvent suite à l'importation de lapin de pays contaminés, ces pays n'abritant pas de populations sauvages de lapins de l'espèce *Oryctolagus cuniculus*. Elle a par ailleurs été rapportée dans les populations de lapins sauvages en Australie en 1995 et en Nouvelle Zélande en 1997, suite cette fois-ci à son introduction volontaire comme agent de lutte biologique pour contrôler le nombre de lapins sauvages considérés comme des nuisibles majeurs pour la faune et la flore endémiques et l'agriculture (synthèses dans Abrantes *et al.*, 2012 et Le Gall-Reculé, 2003). La rapide diffusion géographique a été facilitée par la très forte contagiosité du virus, sa persistance dans l'environnement et notamment dans la matière organique, et sa transmission efficace via un transport passif par des objets contaminés ou par l'intermédiaire de vecteurs (insectes, oiseaux, mammifère charognards, homme). La RHD est devenue endémique dans les régions de distribution naturelle du lapin de garenne, en Europe et extrême nord de l'Afrique, ainsi qu'en Australie et Nouvelle Zélande suite à son introduction, mais des foyers sont régulièrement observés dans les élevages de lapins non vaccinés des autres pays.

L'émergence de la RHD a été responsable d'importantes pertes économiques dans les élevages industriels de lapins de chair ou de lapins producteurs de fourrure chinois et européens. Ainsi, 140 millions de lapins domestiques sont morts en Chine en 1984 et plus de 90 millions de lapins en Italie au cours des deux années qui ont suivi son arrivée. Elle a également eu un impact écologique majeur dans les pays, dont la France, où les intérêts cynégétiques et l'équilibre de la faune sauvage se sont trouvés affectés du fait des fortes mortalités engendrées dans les populations de lapins de garenne (Marchandeau *et al.*, 2000). De même, et notamment en Péninsule ibérique, des espèces protégées prédatrices tels le lynx pardelle ou ibérique (*Lynx pardinus*), l'aigle ibérique (*Aquila adalberti*), et dans une moindre mesure, l'aigle de Bonelli (*Hieraetus fasciatus*), ont connu un déclin drastique (Delibes-Mateos *et al.*, 2008), le lapin constituant une espèce clef des écosystèmes d'Europe occidentale.

L'agent étiologique, le « Rabbit Hemorrhagic Disease virus » ou RHDV, est un virus non enveloppé à ARN positif simple-brin de la famille des *Caliciviridae*, genre *Lagovirus*. Ce genre comprend un second calicivirus pathogène distinct, le virus du Syndrome du lièvre brun européen ou EBHS pour "European brown hare syndrome" qui infecte trois espèces de lièvres (le lièvre d'Europe *Lepus europaeus*, le lièvre variable *L. timidus* et le lièvre corse *L. corsicanus*). Jusqu'en 2010, un seul sérotype était connu, incluant un variant antigénique possédant le même niveau de pathogénicité que le RHDV mis en évidence simultanément en Italie et en Allemagne à la fin des années 90. Compte tenu des différences génétiques et antigéniques qu'il présente avec les autres souches de RHDV, ce variant est considéré comme un sous-type distinct de RHDV et a été nommé "RHDVa" (Capucci *et al.*, 1998). Il a été rapidement caractérisé et est toujours présent dans d'autres pays d'Europe et hors de l'Europe (Afrique, Amérique et surtout en Asie d'où il pourrait avoir émergé) mais presque exclusivement en élevage. En Asie, il a remplacé les souches d'origine. Par contre, depuis sa mise en évidence en 1999 en France métropolitaine dans la faune sauvage, il a été très peu détecté y compris en élevage (Le Gall-Reculé, 2003 ; Le Gall-Reculé G., comm. pers). Il en est de même en Péninsule ibérique. Les lapins vaccinés contre la RHD sont protégés vis-à-vis d'une infection par le RHDVa. Par ailleurs, différentes souches de lagovirus de lapin non-pathogènes ou faiblement pathogènes, proches du RHDV mais relativement distantes (entre 15 et 20% de divergence nucléotidique au niveau du gène codant la protéine de capsid) ont été caractérisées, soulignant l'existence d'une grande diversité génétique parmi les lagovirus du lapin. Le premier virus non-pathogène, dénommé RCV pour "Rabbit Calicivirus", a été identifié dans l'intestin grêle de lapins domestiques sains en Italie en 1996 (Capucci *et al.*, 1996). Par la suite, différents virus non-

pathogènes formant des génotypes distincts ont été caractérisés en Europe (Forrester *et al.*, 2007 ; Le Gall-Reculé *et al.*, 2011b) et en Australie (Strive *et al.*, 2009) chez des lapins domestiques et/ou sauvages. Un potentiel virus faiblement pathogène, nommé MRCV pour « Michigan rabbit calicivirus », a été identifié aux USA sur des lapins domestiques morts montrant des signes cliniques de RHD (Bergin *et al.*, 2010) mais sa pathogénicité reste à confirmer, les infections expérimentales ayant échoué à reproduire la maladie.

Jusqu'en 2010, les analyses phylogéniques ont révélé l'émergence progressive de groupes génétiques distincts de RHDV. A partir de l'été 2010, plusieurs cas cliniques de RHD ont été rapportés en élevage chez des lapins vaccinés vis-à-vis du RHDV dans le nord-ouest de la France (Boucher *et al.*, 2011) ainsi que dans la faune sauvage par le réseau de Surveillance épidémiologique de la faune sauvage SAGIR (réseau ONCFS/FNC/FDC) avec parfois un taux de mortalité significatif, résultant à la ré-émergence de la maladie dans les populations de lapins (Le Gall-Reculé *et al.*, 2011a). L'agent étiologique correspond à un nouveau génotype de RHDV, nommé RHDV2, distinct du RHDV et du RHDVa. Il présente un profil antigénique unique, échappe partiellement à l'immunité dirigée contre les souches de RHDV, y compris les souches vaccinales, et touche plus fréquemment les lapereaux de 4 semaines d'âge (Le Gall-Reculé *et al.*, 2013a). Il a diffusé en moins d'un an dans toute la France, et a été décrit dès 2012 dans d'autres pays européens puis hors de l'Europe, en Australie début 2014, en Afrique début 2015 et récemment au Canada (été 2016). Cette diffusion a été facilitée par ses caractéristiques biologiques (résistance dans l'environnement et mode de transmission) identiques au RHDV et la faible immunité des lapins vis-à-vis de ce nouveau génotype. Dans les pays à forte densité de lapins sauvages (France, Péninsule ibérique, Iles de Sardaigne, les archipels Canaries, des Açores et de Madère), le remplacement des virus classiques RHDV est presque total. En France, même s'ils représentent moins de 2% des virus caractérisés depuis 2012, des RHDV sont toujours détectés en élevage et dans la faune sauvage (Le Gall-Reculé *et al.*, 2013b ; Le Gall-Reculé *et al.*, 2015 ; Boucher *et al.*, 2016). L'origine du RHDV2 est inconnue à ce jour.

La RHD, qu'elle soit due au RHDV ou au RHDV2, reste une maladie d'importance économique majeure pour la production de viande de lapin dans le monde et une menace pour les populations de lapins de garenne et les écosystèmes naturels européens. En France, second pays européen producteur de viande de lapin en 2016, le contrôle de la maladie en élevage est notamment réalisé par la vaccination mais la RHD constitue toujours la première cause de mortalité du lapin de garenne et la première cause de mortalité d'origine virale, bien avant la myxomatose.

## 1. Le virus

### *Taxonomie*

La reproduction expérimentale de la maladie et les études anatomo-pathologiques ont démontré la nature virale de l'affection et différents travaux de caractérisation moléculaire ont permis de classer définitivement le virus de la RHD (RHDV) au sein de la famille des *Caliciviridae* avec celui de l'EBHSV (synthèse dans Abrantes *et al.*, 2012). Ces deux maladies, bien que hôte spécifique, présentent de nombreuses similitudes au niveau épidémiologique, lésionnel et étiologique. Les calicivirus infectent une large gamme d'animaux incluant les humains, et causent une variété de signes cliniques selon les virus (gastro-entérite, lésions vésiculeuses, coryza, pneumonie, hépatite fuminante,...). L'acquisition des séquences complètes des génomes de nombreux calicivirus animaux et humains ont permis de définir plus précisément leurs organisations génomiques ainsi que leurs mécanismes de réplication. Grâce aux études phylogéniques réalisées à partir de ces données au cours des années 90, la classification des *Caliciviridae* a été dans un premier temps redéfinie en quatre genres et les virus de l'hépatite E ont été retirés. Depuis, le comité international de taxonomie des virus (ICTV) dans son 9<sup>ème</sup> rapport de 2011 reconnaît cinq genres : les genres *Norovirus* et *Sapovirus* qui rassemblent les calicivirus humains, le genre *Lagovirus* qui rassemble les calicivirus des lagomorphes (lapin et lièvre), le genre *Vesivirus* qui rassemble les calicivirus de plusieurs autres espèces animales, et le genre *Nebovirus*, nouvellement reconnu, qui regroupe pour l'instant des virus entériques bovins avec comme espèce type la souche « Newbury-1 ». D'autres genres proposés n'ont pas encore été reconnus et plusieurs espèces de calicivirus ne sont pas classées.

Au sein du genre *Lagovirus*, aucune nomenclature officielle n'existe pour nommer les différents virus. Jusqu'à présent, le RHDV et l'EBHSV étaient considérés comme deux espèces virales distinctes principalement sur la base de la différence de leur espèce hôte (lapin et lièvre, respectivement). De même, le nom des maladies induites (RHD et EBHS) sont liés aux espèces hôtes. La capacité du RHDV2 à infecter les lapins ainsi que plusieurs espèces de lièvres (voir chapitre « Epidémiologie descriptive ») dans lesquels il cause une maladie similaire à l'EBHS, montre les limites de ces dénominations et a amené à reconsidérer la taxonomie des lagovirus et des maladies. Une nouvelle nomenclature basée sur des critères génétiques a été ainsi proposée en vue d'être soumise au ICTV (Le Pendu *et al.*, 2017).

### *Le génome viral*

Le génome du RHDV consiste en un ARN simple brin de polarité positive d'une longueur totale de 7437 nucléotides. L'ARN est polyadénylé à son extrémité 3' et lié à son extrémité 5' de façon covalente à une

petite protéine de 10 à 15 kDa dénommée VPg, impliquée dans l'initiation de la traduction. En plus de l'ARN génomique, un ARN subgénomique polyadénylé de 2,2 kb lié lui aussi de façon covalente à une protéine VPg, a été mis en évidence. La séquence complète de cet ARN est identique au tiers 3'-terminal de l'ARN génomique. L'organisation génomique du RHDV se caractérise par la présence de deux cadres de lecture (ORF). L'ORF1 code une polyprotéine de 1344 acides aminés (NH<sub>2</sub>-p16-p60-p41-p72-VP60-COOH) à partir de laquelle sont générées, grâce à un mécanisme de clivage protéolytique dans lequel intervient la protéase virale du RHDV, deux protéines structurales (la VPg et la VP60) et les six protéines non structurales (dont une hélicase, une protéase et une ARN polymérase ARN dépendante). La protéine VP60 est aussi produite directement après traduction de l'ARN subgénomique, ce qui représente d'ailleurs la source majeure de production de cette protéine. L'ORF2, d'une longueur de 351 nucléotides, est situé à l'extrémité 3' terminale des ARN génomique et subgénomique et code une protéine structurale mineure (VP10) présente dans les virions matures (synthèses dans Abrantes *et al.*, 2012 et Le Gall-Reculé, 2003).

### *Caractéristiques morphologiques, biologiques et physico-chimiques*

Le RHDV, comme tous les calicivirus, est un virus de petite taille d'environ 35 nm, non enveloppé et présentant une structure icosaédrique. Les virions présentent à leur surface des dépressions en forme de "calice", d'où le nom de calicivirus. La capsid est formée par l'assemblage de 180 copies d'une protéine structurale unique de 60 kDa (VP60). L'analyse structurale par cryo-microscopie a permis de montrer que le nombre de triangulation est égal à 3 et que la particule virale est constituée par 90 dimères de la protéine de capsid (Thouvenin *et al.*, 1997). La protéine de capsid est constituée de trois domaines selon sa configuration tridimensionnelle : le « N-terminal arm » (« NTA », le bras en position N-terminal) et le domaine « S » (« Shell », coquille) correspondent aux 230 premiers acides aminés et constituent la charpente interne de la capsid, tandis que le domaine « P » (« Protruding », qui fait protrusion) correspond aux autres acides aminés exposés à la surface du virion. Le domaine P est lui-même divisé en deux sous-domaines, P1 et P2, le second étant le plus exposé à la surface de la capsid. Cette partie de la protéine est soumise à la pression immunologique de l'hôte et présente la plus grande variabilité génétique et antigénique. Des sites potentiellement impliqués dans l'interaction virus-hôte (dont des sites d'attachement aux récepteurs cellulaires) ont été mis en évidence (Wang *et al.*, 2013).

Le virus possède à sa surface des hémagglutinines capables d'agglutiner les érythrocytes humains quel

que soit leur groupe mais surtout ceux de type "O" et "A", et avec des titres beaucoup plus faibles, les érythrocytes de cochon d'inde, de poulet, d'oie et de mouton (Mitro et Krauss, 1993). Cependant, des souches non-hémagglutinantes ont aussi été identifiées.

A part quelques-uns, la majeure partie des calicivirus incluant les calicivirus humains et les lagovirus ne se multiplient pas en culture de cellules, et ceci malgré de nombreuses tentatives d'adaptation sur des cultures primaires de cellules de l'hôte naturel (rein, foie, poumon) ou encore sur des lignées cellulaires (PK15, BHK21, MA104, IBRS2, Hela, Vero,...) ou sur œufs embryonnés de poule. Seuls des auteurs chinois ont décrit un système cellulaire de type épithélial (DJRK) issu de cellules de rein de lapin capable de répliquer le RHDV mais les résultats de ces travaux n'ont pas été reproduits par d'autres équipes. L'inoculation expérimentale d'animaux sensibles reste donc pour l'instant l'unique moyen d'isoler, de multiplier et de titrer le pouvoir infectieux du virus.

La résistance du RHDV est très grande (synthèses dans Abrantes *et al.*, 2012 et Le Gall-Reculé, 2003), ce qui explique en partie sa forte contagiosité et l'importance de sa transmission par voix indirecte. Concernant le RHDV2, rien n'indique à ce jour qu'il diffère du RHDV. Le RHDV résiste plusieurs jours à la putréfaction et à la chaleur, plusieurs mois au froid et à la congélation, ainsi qu'à plusieurs cycles de congélation-décongélation. Selon les auteurs, il reste viable en milieu sec (sur un tissu) entre 20 et 150 jours à température ambiante dans des conditions de laboratoire et au moins 10 jours en conditions naturelles, tandis que placé expérimentalement dans un organe (foie de bovin), le virus est toujours infectieux 91 jours après. Sa viabilité n'est pas altérée ni après un traitement à l'éther, au chloroforme ou à la trypsine, ni à des valeurs de pH de 3,0. Toutefois, le virus est inactivé après un traitement de 10% d'hydroxide de sodium (soude), de formaldéhyde et de bêta-propiolactone (de 1 à 1,4% et de 0,2 à 0,5% respectivement et selon les auteurs). Il n'y a pas de donnée publiée sur l'action de désinfectants pour le RHDV mais des travaux portant sur des calicivirus d'autres genres ont montré qu'ils étaient sensibles aux halogènes, aux agents oxydants et à un mélange alcool-aldéhyde (Zonta *et al.*, 2016).

## 2. La maladie

### Aspects cliniques

La RHD est une hépatite virale généralement septicémique. La maladie revêt actuellement différents aspects cliniques souvent liés au virus en cause. Le RHDV donne une maladie plutôt aiguë alors que les formes subaiguës ou chroniques sont plutôt dues au RHDV2 (Boucher *et al.* 2011, Le Gall Reculé, 2003, Le Gall Reculé *et al.* 2011a, Le Gall Reculé *et al.* 2013a).

La maladie a généralement une évolution très rapide. Toutefois, on notera une phase de courte durée précédant la mort durant laquelle l'animal semble avoir beaucoup de difficulté à respirer. Il se poste dans un coin de sa cage, les pattes avant étirées, la tête souvent en l'air et semble souffrir (Boucher, 1989 ; Boucher *et al.* 2012 ; Boucher et Nouaille, 2013 ; Liu *et al.*, 1989 ; Morisse, 1988 ; Morisse, 1989). Il présente souvent (mais pas systématiquement) une dyspnée et/ou une épistaxis (Boucher, 2010). Un ictere est parfois visible sur la conjonctive. A ce stade, proche de la mort, il est en hypothermie (autour de 38°C). Dans les 12 à 36 heures qui précèdent, il aura exprimé un pic thermique qui s'élève jusqu'à 41,5°C (Abrantes *et al.* 2012, Boucher et Nouaille, 2013). Lors de la mort, le lapin bondit et crie comme il le fait lors d'accident vasculaire ou cardiaque (Morisse, 1989 ; Boucher *et al.*, 2012).

On peut classer l'évolution clinique de la maladie sous trois formes (Abrantes *et al.*, 2012 ; Boucher *et al.*, 2011 ; Marcato *et al.*, 1991 ; Xu and Chen, 1989) :

- suraiquë : pas de signe clinique et mort très rapide,
- aiguë : anorexie, apathie, congestion de la conjonctive et signes neurologiques comme un opisthotonos, une excitation, une paralysie ou de l'ataxie. On note aussi dans cette forme des signes respiratoires possibles (trachéite, dyspnée, cyanose), une épistaxis dans 10% des cas, parfois une rectorragie et plus rarement des hémorragies oculaires.
- subaiguë : le lapin peut présenter des symptômes similaires mais survivre. C'est la forme que l'on rencontre de plus en plus avec le RHDV2. Le lapin fabrique alors des anticorps lui permettant de survivre à une éventuelle réinfection (Patton 1989 ; Boucher et Nouaille 2013). Les femelles gravides atteintes par cette forme de la maladie avortent généralement (Boucher S., comm. pers.).
- chronique : Une forme chronique de la maladie a été décrite durant une épizootie sur un faible nombre de lapins. Les animaux présentent alors une jaunisse, sont léthargiques et anorexiques. Ils ne meurent pas et séroconvertissent (Capucci *et al.*, 1991). Cette forme plus chronique de la maladie a été associée à la présence de virions possédant une capsidie dégradée par l'action des anticorps (Capucci *et al.*, 1991 ; Granzow *et al.*, 1996).

### Réceptivité des lapins

Les lapins de moins de 4 semaines d'âge sont résistants au RHDV, puis la proportion d'animaux sensibles augmente progressivement entre 4 et 8 semaines pour être totale à 8-9 semaines. Par contre, et c'est l'une ses caractéristiques importantes, le

RHDV2 touche plus fréquemment les jeunes lapereaux de 4 semaines, souvent même avant le sevrage, avec parfois des cas à 9 jours d'âge (Boucher et Nouaille, 2013).

#### Pathogénie

Dans cette hépatite virale, certains auteurs disent que le virus est à l'origine de l'apoptose des cellules hépatiques induite par le virus et la splénomégalie (Alonso *et al.* 1998 ; Park, 1995). Quoi qu'il en soit, la destruction des cellules est à l'origine d'une insuffisance hépatique. On peut observer une épistaxis (sang extériorisé par les narines) ou du sang à l'anus. En effet, les facteurs de coagulation sont produits en moindre quantité et rapidement consommés (la nécrose hépatique libère des facteurs qui activent la coagulation). Il s'installe une CIVD (coagulation intra vasculaire disséminée) ou coagulopathie de consommation à l'origine d'un déficit de coagulation qui se traduit par l'apparition de pétéchies et suffusions, notamment sur les poumons, le cœur, les reins, parfois le colon (Boucher *et al.*, 2012 ; Boucher et Nouaille, 2013 ; Ueda *et al.* 1992). Le sang coagule lentement et se retrouve souvent en nature dans la trachée. C'est cette CIVD qui est en général à l'origine de la mort (Ueda *et al.*, 1992).

L'insuffisance entraîne un déficit du métabolisme de la bilirubine qui s'accumule rapidement et précocement dans les tissus d'où l'apparition d'ictère flamboyant caractérisé par des séreuses très jaunes. Il s'apprécie nettement au niveau des muqueuses et de la peau : elles peuvent prendre un aspect jaunâtre inhabituel.

La raréfaction des lymphocytes B et T dans le foie et la rate accompagne la maladie et se caractérise par une déficience de la réponse immunitaire (Marques *et al.*, 2010 ; Xu and Chen, 1989) et une progression fatale de la maladie dans les 2-3 jours. En revanche, les lapins résistants développent des titres élevés d'IgM (puis d'IgA et d'IgG) déjà trois jours après

l'infection, présentant ainsi une réponse immunitaire humorale efficace (Lavazza and Capucci, 2008).

#### Aspects lésionnels

##### Macroscopiques

Les lésions sont caractéristiques. L'autopsie révèle un processus hémorragique marqué avec une trachéite mucohéorragique, des pétéchies, voire des zones hémorragiques plus étendues, sur le poumon, des pétéchies sur le thymus. De façon moins constante, on peut observer une congestion ou des hémorragies au niveau des reins, de la rate, des intestins, du colon. La rate, les ganglions et le thymus sont hypertrophiés et congestionnés, notamment en début de maladie (Boucher S., comm. pers.). Le foie se décolore, jaunît et augmente de volume. Il est classiquement décrit comme ayant un aspect de « feuille morte » ou de foie cuit. Le foie, les poumons et la rate sont les organes primaires les plus constamment lésés.

Les lésions observées lors d'épisode dû au RHDV2 sont celles de la RHD classique, avec cependant des cas de lésions plus ictériques. On recueille une urine jaune clair très marqué. Les lésions hémorragiques des reins sont plus systématiques (Boucher *et al.*, 2011 ; Boucher *et al.*, 2012 ; Boucher et Nouaille, 2013 ; Le Gall-Reculé *et al.*, 2013).

##### Microscopiques

Les examens histologiques des organes lors d'épisode à RHDV2 en France depuis 2010 ne montrent pas de différence avec ce qui était observé en 1992. Elles sont semblables aux observations faites lors d'infections expérimentales de RHDV (Boucher *et al.*, 2012 ; Plassiart *et al.*, 1992). Le foie est remanié par des foyers de nécrose disséminés de petite taille. On remarque aussi des microthrombi intracapillaires en nombre variable. Les examens histologiques révèlent aussi un œdème, une nécrose du thymus et une CIVD (coagulation intravasculaire disséminée) sur le foie, le rein, le poumon (Boucher *et al.*, 2011).

**Tableau 1. Lésions macro et microscopiques observées en cas de RHD** (d'après Abrantes *et al.*, 2012 ; Boucher *et al.*, 2011 ; Boucher et Nouaille, 2013 ; Ferreira *et al.*, 2006 ; Marques *et al.*, 2010 ; Mitro and Krauss, 1993 ; OIE, 2010 ; Ramiro *et al.*, 1999)

Organe	Lésions
Foie	<b>Macroscopique</b> : hypertrophié, décoloré, jaunâtre <b>Microscopique</b> : altérations dégénératives des hépatocytes compatibles avec l'apoptose (vacuolisation extensive, altérations sévères de la structure mitochondriale, pycnose et lyse) activation des cellules de Kupffer, leucopénie. Le foie est remanié par des foyers de nécrose disséminés de petite taille. On remarque aussi des microthrombi intracapillaires en nombre variable
Trachée	<b>Macroscopique</b> : congestion et présence de sang en nature avec ou sans mucus dans la lumière de l'organe <b>Microscopique</b> : hyperhémie des muqueuses, hémorragies pétéchiales ou diffuses

Organe	Lésions
Poumons	<b>Macroscopique</b> : congestion généralisée de l'organe avec zones hémorragiques <b>Microscopique</b> : hyperémie, œdème pulmonaire, hémorragies intra-alvéolaires et périvasculaires, parfois faible bronchiolite catarrhale, prolifération de lymphocytes
Reins	<b>Macroscopique</b> : hypertrophie, coloration rouge foncé, hémorragies dans les boucles glomérulaires et médullaire rénale <b>Microscopique</b> : hyperhémie, thrombi hyalin, tubulite dilatée, infiltration lymphocytaire, dégénérescence de l'épithélium tubulaire
Rate	<b>Macroscopique</b> : splénomégalie, coloration rouge foncé à violette. La rate est dite « en cigare » <b>Microscopique</b> : hyperémie, parfois caryorhémie au sein des follicules, hémosidérose, leucopénie
Thymus	<b>Macroscopique</b> : le thymus est hypertrophié et parsemé de pétéchies <b>Microscopique</b> : œdème, nécrose
Tube digestif	<b>Macroscopique</b> : il arrive qu'on puisse voir des suffusions et pétéchies sur certaines zones de l'intestin ou du colon.
Mamelle et cavité abdominale	<b>Macroscopique</b> : de petites quantités d'exsudats séreux, occasionnellement sanglants, parfois des hémorragies
Muscles	<b>Macroscopique</b> : peu ou pas de lésion, pétéchies sur le cœur parfois visibles <b>Microscopique</b> : anémie, pétéchies dans le muscle cardiaque, nécrose focale dans le myocarde, altération dégénérative, hémosidérose
Système nerveux central	<b>Macroscopique</b> : congestion des vaisseaux corticaux, vaisseaux dilatés dans la région de la pie-mère du cortex et du cervelet <b>Microscopique</b> : hyperhémie, petites hémorragies dans le cortex, parfois encéphalomyélite non purulente avec infiltration lymphocytaire
Graisse, peau	<b>Macroscopique</b> : la graisse et la peau accumulent les pigments biliaires et deviennent souvent jaunâtres <b>Microscopique</b> : pas de remaniements notables
Sang	<b>Macroscopique</b> : il coagule mal. On le dit « en gelée de groseille »

### 3. Immunité

Après une infection, le virus induit la formation d'anticorps spécifiques, la réponse humorale étant très importante dans la protection des lapins vis-à-vis de la RHD. Après une infection expérimentale non létale, le développement de titres élevés en IgM a été observé dès 3 jours post-infection pendant 15 jours avant de décliner rapidement, parallèlement à la production d'IgA plus persistante mais qui décline aussi. Les titres en IgG augmentent plus lentement mais sont présents plusieurs mois (Cooke *et al*, 2000). Ainsi, les animaux ayant survécu à une infection sont protégés efficacement vis-à-vis d'un nouveau passage viral et il s'établit alors une immunité durable pouvant être transmise au lapereau par voie colostrale (Mitro and Krauss, 1993). Cette immunogénicité est directement

liée à la protéine de capsid (VP60). Les travaux de Ferreira *et al*. (2008) ont montré que des lapereaux de 4 semaines (donc naturellement résistants au RHDV) inoculés expérimentalement produisaient un titre élevé en anticorps après sept jours et ce pendant plusieurs semaines. Ces lapins résistaient à une nouvelle infection virale réalisée vers huit semaines d'âge montrant ainsi que leur système immunitaire était capable de reconnaître et de conférer une protection à long terme.

Une immunité croisée allant d'une absence totale de protection croisée à une protection partielle ou complète peut être induite par les différentes souches de lagovirus non pathogènes. Ainsi, le RCV caractérisé en Italie confère une protection totale vis-à-vis d'une infection par le RHDV (Capucci *et al*,

1996), tandis que les souches australiennes RCV-A1 ne protègent que partiellement (Strive *et al.*, 2010). A l'inverse, la souche 06-11 caractérisée en France et phylogénétiquement plus proche des souches de RHDV que de RCV-A1, ne protège pas les lapins immunisés contre une épreuve RHDV (Le Gall-Reculé *et al.*, 2011b).

#### 4. Epidémiologie descriptive

##### *Espèces sensibles*

Seuls le lapin d'Europe *Oryctolagus cuniculus*, incluant les deux sous-espèces *O. c. cuniculus* et *O. c. algirus* (Muller *et al.*, 2009), est sensible au RHDV. Les essais d'infections croisées des deux caliciviroses des lagomorphes n'ont pas permis de reproduire la RHD sur le lièvre brun et l'EBHS sur le lapin d'Europe. Parmi les espèces de lagomorphes implantées en Amérique du Nord et en Amérique centrale, *Romerolagus diazzy* ne montre pas de signe de la maladie mais peut abriter le virus, tandis que les espèces *Lepus californicus* et *Sylvilagus floridanus* ne sont pas sensibles au virus. Bien que certaines espèces sympatriques puissent séroconvertir ou être d'éventuels réservoirs (renard, rongeurs) (Leighton *et al.*, 1995 ; Merchan *et al.*, 2011), tous les essais de transmission du RHDV à des espèces animales domestiques (porc, âne, cheval, chien, chat, hamster...), ou sauvages (souris, rat, renard, furet, oiseaux et reptiles) se sont avérés infructueux.

A la différence du RHDV et de l'EBHSV qui sont hôte-spécifique, le RHDV2 passe la barrière d'espèce. Il infecte plusieurs espèces de lièvres du genre *Lepus* en causant une maladie proche de celle de l'EBHS, souvent avec un degré de mortalité comparable. Le RHDV2 infecte naturellement le lièvre Sarde (*Lepus capensis mediterraneus*) ainsi que le lièvre Corse (*Lepus corsicanus*) mais très sporadiquement et avec une virulence réduite (Camarda *et al.*, 2014 ; Puggioni *et al.*, 2013). Des cas d'infection de lièvres d'Europe (*Lepus europaeus*) ont plus récemment été décrits en Italie, en Espagne, en Australie et en France (Hall *et al.*, 2017 ; Le Gall-Reculé *et al.*, 2017 ; Marchandau *et al.*, 2017 ; Velarde *et al.*, 2016 ;) ainsi qu'un cas sur un lièvre variable (*Lepus timidus*) en Suède (OIE, 2017). En Italie et en Espagne, les cas décrits chez les lièvres d'Europe correspondaient à des cas sporadiques, tandis que les données australiennes n'indiquent pas si les cinq lièvres infectés correspondaient à une infection occasionnelle ou au début d'une épidémie. Par contre, les travaux menés en France après sa première détection montrent que le RHDV2 y est largement distribué dans les populations de lièvres puisqu'il a été responsable en 2015 de plus d'un tiers (37%) des cas de mortalité due à un lagovirus, le restant étant due à l'EBHSV (Marchandau *et al.*, 2017).

En ce qui concerne la santé humaine, aucun cas de maladie consécutive à la manipulation d'animaux infectés par la RHDV ou le RHDV2 n'a été décrit

parmi les populations les plus exposées comme les éleveurs, les chasseurs ou les vétérinaires. Une analyse sérologique réalisée en Australie en 1996 sur 259 personnes travaillant en contact direct avec des lapins n'avait pas révélé la présence d'anticorps anti-RHDV chez ces personnes (Carman *et al.*, 1998).

##### *Modes de transmission*

La transmission du RHDV est essentiellement horizontale, les voies d'entrée naturelles du virus étant la voie digestive et les voies respiratoires supérieures (Mitro and Krauss, 1993, Ruvoën-Clouet *et al.*, 2000). De même pour le RHDV2, des inoculations expérimentales par voie orale à des lapins naifs ont permis de reproduire la maladie (Le Gall-Reculé *et al.*, 2013), tandis que les observations réalisées dans les élevages infectés confortent l'importance de ce type de transmission.

La contamination peut se faire par contact direct avec des animaux malades, le virus étant présent dans le sang, les organes, les sécrétions, sur la peau, au niveau des muqueuses (Mitro and Krauss, 1993) et est excrété dans le milieu extérieur en très grande quantité via les urines et les matières fécales. Bien que résistants à la RHD classique, les jeunes lapereaux sont réceptifs à une infection à faible dose et même si l'excrétion virale observée est très faible, ils peuvent transmettre le virus avant leur séroconversion par contact direct aux autres lapins lors d'épizooties (Matthaei *et al.*, 2014). La transmission se fait aussi par l'intermédiaire des cadavres d'animaux infectés, principale source de diffusion virale en milieu naturel. Des cas de RHD ont par ailleurs été décrits dans certains pays suite à l'importation de carcasses congelées de lapins infectés (Liu *et al.*, 1984). La contamination peut également avoir lieu indirectement par l'intermédiaire de l'eau ou de végétaux contaminés, de matériel d'élevage souillé ou encore par le biais de vecteurs ayant été en contact avec du matériel virulent. Des études expérimentales ont mis en évidence le rôle des carnivores par l'intermédiaire de leurs déjections et celui des oiseaux nécrophages suite à l'ingestion de cadavres de lapins infectés. De même des insectes tels que les mouches par leurs sécrétions orales et anales via la voie orale et les conjonctives, les moustiques et les puces, sont des vecteurs mécaniques de la maladie. Comme cela a été mis en évidence en Australie, les insectes volants constituent d'importants vecteurs de dissémination sur de longues distances, au moins pendant l'établissement initial de la maladie tandis que la transmission par contact est probablement le mode de transmission principal de l'infection pour maintenir la maladie dans les populations locales. Selon d'autres hypothèses, le virus pourrait également être véhiculé sous forme d'aérosol par l'air ou la pluie (synthèse dans Le Gall-Reculé, 2003).

En conditions expérimentales, la transmission de la RHD est réalisée à partir d'un surnageant de broyât de

foie d'un animal infecté, filtré à 0,22 µM et injecté en intramusculaire. Les premiers cas de mortalité apparaissent alors 40 à 48 heures après inoculation. Il est possible de transmettre également la maladie par les autres voies parentérales (sous-cutanée et intrapéritonéale), orale et nasale. Le contact direct entre un animal inoculé et un sujet témoin permet de transmettre au second la maladie avec une mortalité différée de 24 heures environ par rapport au premier. Ce délai est porté à 4-5 jours quand les animaux naïfs sont placés dans des cages contiguës (Le Gall-Reculé G., comm. pers.). Des transmissions expérimentales du RHDV2 ont été réalisées par voie intramusculaire, intraveineuse et orale à partir de surnageants de broyat de foie infectés (10% p/v). Les mortalités (entre 0 et 75% selon les expérimentations et les inocula utilisés) sont généralement apparues un peu plus tardivement et sur une période de temps un peu plus longue qu'avec le RHDV (3 à 9 jours post-inoculation et pendant 5 jours environ). Suite à l'inoculation de RHDV2, alors que les animaux ont plutôt développé une forme subaiguë/chronique de la maladie, certains lapins parmi ceux ayant montré des taux de mortalités élevés ont présenté une forme aiguë de la maladie et sont morts 3-4 jours après l'inoculation (Le Gall-Reculé *et al.*, 2013).

#### *Saisonnalité et variation de l'impact*

En Europe, la répartition des mortalités dans la faune sauvage dues à la RHD est saisonnière. La majorité des animaux sont atteints et meurent entre juillet et décembre avec généralement un maximum en octobre. Ce sont surtout les jeunes animaux nés dans l'année, devenus sensibles au RHDV, n'ayant jamais été en contact avec le virus et ne possédant plus d'anticorps maternels qui sont les plus touchés.

L'impact de la RHD est influencé par plusieurs facteurs. Parmi les facteurs environnementaux, la température et l'humidité semblent être les plus importants. Ainsi, le taux de mortalité est plus élevé chez les populations des pays ou des zones géographiques situés en climat chaud et sec (Espagne, Portugal, France) comparé à celui observé chez les populations des régions plus froides et plus humides (Grande-Bretagne et autres pays d'Europe du Nord). Il en est de même en Australie, où les mortalités sont plus élevées dans les régions arides et semi-arides de l'intérieur du pays qu'au niveau des régions côtières plus humides et tempérées. Dans ces dernières, la maladie est saisonnière avec un pic de mortalité en automne, suite à la saison de reproduction. Ces différences de répartition géographique et de saisonnalité de la maladie seraient dues à la survie du virus en association avec l'abondance et l'activité des vecteurs (surtout des insectes) et non à l'action directe de la température sur la pathogénie du virus (synthèse dans Cooke and Fenner, 2002). Les autres facteurs pouvant augmenter l'impact de la RHD sont la période de la saison de reproduction et les effets

négatifs de la fragmentation des populations (notamment suite à l'action d'une autre maladie telle que la myxomatose) en diminuant l'immunité des jeunes animaux (Foucher *et al.*, 2007). De même, des études de modélisation ont mis en évidence les relations existant entre la dynamique et la structure spatiale des populations avec l'impact de la maladie et la co-évolution hôte-pathogène (calvete 2008 et Foucher *et al.*, 2009). Par ailleurs, l'existence de lapins porteurs d'anticorps vis-à-vis de lagovirus non pathogènes conférant une protection croisée partielle contre les souches virulentes a été mise en évidence en Australie, pays dans lequel les titres en anticorps les plus élevés ont été observés dans les populations de lapins des régions humides (Liu *et al.*, 2014).

#### **5. Epidémiologie moléculaire**

Le degré de variation génétique existant au niveau de la protéine de capsid entre les souches de RHDV récoltées sur plusieurs années est relativement faible (moins de 10% de différence nucléotidique). Cependant, des populations virales de RHDV génétiquement bien définies se répartissent dans plusieurs groupes génétiques (variants) en fonction de l'année de collecte plutôt qu'en fonction de leur origine géographique. Ces résultats confirment que la maladie se caractérise par une succession d'épizooties au sein des populations de lapins. Ainsi en France, plusieurs variants se sont succédés dans le temps (G1 à G5), les plus anciens ayant disparu (Le Gall-Reculé *et al.*, 2003). Au moment de la détection du RHDV2 en 2010, le variant G5 était majoritaire et seules quelques souches de RHDVa étaient identifiées (Le Gall-Reculé *et al.*, 2011). En péninsule ibérique, les souches contemporaines résultent de l'évolution génétique d'un ancien variant (G1) initialement trouvé en Europe. Depuis son introduction en Espagne, le virus a évolué indépendamment, les Pyrénées agissant comme une barrière naturelle aux lapins et donc à la dispersion du virus (Muller *et al.*, 2009). Par contre, en Australie et Nouvelle Zélande, les RHDV caractérisés entre 1995 (date de l'introduction du RHDV comme arme biologique pour tenter d'éradiquer les populations de lapins sauvages) et 2011 forment un groupe monophylétique ayant pour ancêtre commun la souche CAPM V-351 (G2) introduite (Kovalisky *et al.*, 2014). Le groupe génétique G2 inclut la souche caractérisée en Chine en 1984 et est toujours présent dans ce pays où il co-circule de façon minoritaire avec les souches RHDVa (Hu *et al.*, 2016).

Les dernières études phylogéniques publiées à ce jour ont montré que les souches RHDV2 analysées dans la faune sauvage ou dans les élevages avaient évolué génétiquement depuis la détection de ce virus en France en 2010 sans qu'aucun nouveau variant ou génotype n'ait été mis en évidence (Boucher *et al.*, 2016 ; Le Gall-Reculé *et al.*, 2015 ; Lopes *et al.*, 2015a ; Neimanis *et al.*, 2017).



Les connaissances apportées récemment par le séquençage des génomes entiers de RHDV ont mis en évidence la fréquence relativement importante des événements de recombinaison entre lagovirus, phénomène pouvant constituer un facteur majeur d'évolution virale (Esteves *et al.*, 2015). Bien qu'ayant émergé il y a peu de temps, des virus recombinants entre un RHDV2 (gène codant la protéine de capsid) et un RHDV classique ibérique (G1) ou un lagovirus non pathogène du lapin (gènes non structuraux) ont été caractérisés en 2012 en Péninsule Ibérique et aux Açores sans qu'une différence de pathogénicité de ces souches pour le lapin n'ait été constatée (Lopes *et al.*, 2015b). Quelque uns de ces virus recombinants G1/RHDV2 ont été caractérisés dernièrement dans le sud-ouest de la France chez des lapins et des lièvres (Le Gall-Reculé *et al.*, 2017). Il est à noter que ce type de recombinaison n'affecte pas les antigènes de la protéine de capsid reconnus par les anticorps induits lors d'une infection naturelle ou vaccinale.

## 6. Pathogénicité et mécanismes de sensibilité des lapins à la RHD

Pour pénétrer dans leurs cellules hôtes et initier leur cycle de réplication, le RHDV comme le RHDV2 se fixent sur des antigènes tissulaires de groupe sanguin ABH des glycanes de type HBGA (histo-blood group antigen) présents sur la surface des érythrocytes et des cellules épithéliales notamment de la trachée, du duodénum et de l'intestin grêle des lapins. Le RHDV se fixe sur les oligosaccharides H type 2, A type 2 et B type 2 des HBGA (Ruvoën-Clouet *et al.*, 2000). Les travaux menés pour mieux comprendre les mécanismes de sensibilité des lapins au RHDV ont montré que cette fixation était dépendante du groupe génétique de RHDV parallèlement au niveau d'expression des différents antigènes A, B et H chez le lapin (lapins A+B+, A+B-, A-B-) (Nyström *et al.*, 2011). Ainsi, la sensibilité à une souche virale s'exprime à la fois qualitativement (sensible vs résistant) et quantitativement (très sensible à peu sensible pour les individus sensibles). Il a été aussi montré la mise en place d'un processus de co-évolution lapin/RHDV au cours du temps. En effet, les différents groupes génétiques de RHDV collectés entre 1990 et 2006 présentaient des profils de fixation différents qui ont évolué au cours du temps. La proportion d'animaux préférentiellement reconnus par les souches anciennes a diminué sous la pression de sélection de la maladie. Le RHDV a ensuite évolué pour reconnaître les animaux résistants aux premières souches. Le motif B type 2 était toujours le motif le mieux reconnu alors que les souches classiques anciennes ne reconnaissaient pas le motif A type 2 ni le motif difucosylé Le<sup>y</sup>. La capacité de reconnaissance de l'antigène H type 2 a diminué au cours du temps avec à l'inverse une augmentation de la

reconnaissance de l'antigène A chez les souches plus récentes.

Concernant le RHDV2 et bien qu'il existe des différences de reconnaissance au niveau individuel, la fixation sur les glycanes de type HBGA se fait indépendamment du groupe ABH des animaux. En effet, les motifs A type 2 et B type 2 sont bien reconnus et en absence de ces motifs, ce sont les motifs H type 2 et éventuellement Le<sup>y</sup> qui servent de ligand pour le RHDV2. Toutefois, comme pour le RHDV, sa capacité de reconnaissance des glycanes est liée au niveau d'expression des antigènes ABH. Ainsi, même si tous les lapins ne sont pas également reconnus par le RHDV2, leur sensibilité semble ne dépendre que de leur niveau d'expression des antigènes tissulaires, induisant ainsi un impact plus important du RHDV2 que du RHDV sur les populations (Le Gall-Reculé *et al.*, 2015).

## 7. Prophylaxie

### Prévention et surveillance en France

Actuellement en France circule essentiellement du RHDV2. Dès lors, la synthèse de ce chapitre ne prendra en compte que ce type de virus.

La prévention repose avant tout sur une bonne vaccination. Pour que le virus ne circule pas aisément, on considère habituellement qu'il faut que 70% du cheptel soit vacciné. Aujourd'hui, la faune sauvage n'est pas vaccinée, les éleveurs professionnels ne vaccinent que les lapins reproducteurs, les lapins de compagnie sont très mal vaccinés et les lapins fermiers le sont très aléatoirement. Et que dire des lièvres et des rongeurs qui ne sont pas non plus vaccinés? Dès lors, on peut penser que sur l'ensemble des lapins français seuls 1 à 2% sont réellement bien protégés par un vaccin. Ce n'est pas suffisant pour empêcher la circulation virale. Il faut absolument renforcer les barrières sanitaires.

Pour cela, toutes les **portes d'entrée du virus** doivent être contrôlées.

- Les contacts avec les lapins sauvages (risque indirect : éleveurs chasseurs ; risque direct : crottes laissées sur le quai d'embarquement, ce qui attire le lapin sauvage);

- les visites sans précaution sanitaire

- les foires et les expositions de lapins ou de chiens.

**En cas de visite**, et pour l'entrée dans l'élevage, les mesures suivantes doivent être mises en œuvre :

- l'absence de parking devant les entrées d'air ;

- l'utilisation de pédisacs ou de chaussures restant à l'élevage ;

- le port d'une charlotte jetable ;

- le port d'une cote jetable neuve, et non déjà présente sur l'exploitation (afin de prévenir le risque d'introduction de virus sur les habits propres)

- le lavage avec du savon et la désinfection des mains (gel hydroalcoolique) avant et après la visite ;
- le respect des zones sales et propres des sas sanitaires (ne pas introduire de virus, ni en sortir) ;
- le changement de vêtements et de chaussures pour l'éleveur également (risque de contamination depuis l'extérieur).

Des **mesures d'hygiène strictes** doivent être prises :

- désinfection du matériel et des locaux avec un produit virucide homologué à la dose recommandée.
- une lutte contre les vecteurs potentiels est conseillée. Elle inclut :
  - o une dératisation ;
  - o la pose d'un grillage ou d'un cache-moineaux contre les oiseaux ;
  - o la fermeture hermétique des sorties des fosses ;
  - o une vigilance vis-à-vis des chiens (le virus est retrouvé dans leurs excréments) et, de façon générale, de tout animal domestique
  - o un éloignement des camions d'équarrissage, qui doivent s'arrêter loin de l'élevage. Il convient de déplacer le bac, puis de le désinfecter avant de le remettre en place ;
  - o une prudence vis-à-vis des autres véhicules en les garant si possible loin de l'élevage ;
  - o une protection contre les lapins sauvages (souvent illusoire, le nettoyage des abords de l'élevage et l'usage de grillages se révèlent parfois efficaces). Il convient de balayer les quais d'embarquement après chaque départ. Si des crottes sont présentes autour du bâtiment, chauler les abords est conseillé.

Les fourrages verts sont à proscrire pour les lapins de compagnie.

**Les mesures sanitaires offensives** sont mises en place lorsque la maladie se déclare en élevage et comportent :

- un isolement du cheptel, en informant les partenaires pour éviter les visites ;
- une vaccination d'urgence des animaux vaccinés depuis plus de 5 mois.
- une élimination le plus rapidement possible des animaux malades et suspects, avec un stockage des cadavres dans un bac fermé ;
- une destruction réglementée des cadavres par incinération, car le virus reste plusieurs mois sur les os des cadavres ;
- une désinfection des locaux et du matériel avec un produit homologué employé aux doses virucides recommandées ;
- un nettoyage complet suivi d'une désinfection, puis un vide sanitaire (6 semaines) dans la salle concernée, quand cela est possible.

#### Vaccination

Sont commercialisés en France deux vaccins avec AMM : FILAVAC VHD KC+V (Filavie) bivalent renfermant les valences RHDV et RHDV2 (souche française) et ERAVAC (Hipra) monovalent renfermant une valence RHDV2 espagnole (Anses 2017a et b). Soulignons que la protection croisée entre RHDV et RHDV2 est faible (Le Normand *et al.* 2015). Il est important d'adapter la souche vaccinale au contexte épidémiologique.

**Tableau 2. Principales caractéristiques des vaccins Filavac VHD KC+V et ERAVAC**

NOM DEPOSE	Souches vaccinales	Adjuvant	Voie et volume injecté	Précaution
FILAVAC VHD KC+V	LP.SV.2012 (RHDV2) et IM507.SC.2011 (RHDV)	Hydroxyde d'aluminium	voie sous-cutanée 0,2 mL pour les présentations 50 et 200 doses ou 0,5 mL pour la présentation 1 dose.	
ERAVAC	V 1037 (RHDV2)	Huile minérale	Voie sous-cutanée sur la paroi thoracique latérale : 0,5 mL	Ne pas injecter les femelles gravides ou en lactation

Un consensus a été trouvé pour le protocole vaccinal des reproducteurs en élevage de chair. Il semble donner satisfaction dans la grande majorité des cas.

- o A l'âge de 5 semaines primovaccination 1
- o A l'âge de 11 semaines primovaccination 2
- o Rappel tous les 6 mois.

L'immunité est conférée, sept jours après la première vaccination selon les fabricants. Cependant, depuis 2016, nous trouvons aussi des lapins vaccinés depuis plus d'un mois qui tombent malades quand même. Des études sont en cours pour essayer de comprendre le phénomène et l'enrayer.

#### Traitements

Il n'existe aucun traitement possible. Expérimentalement, des traitements antihémorragiques ont été essayés. Ils se sont révélés inefficaces. En effet, la rapidité de l'évolution de la maladie ne laisse pas le temps de soigner le lapin. (Boucher 1989 ; Boucher et Nouaille, 2013 ; Morisse, 1989)

#### Conclusions

L'épidémiologie de la RHD a changé avec l'émergence du RHDV2. Ainsi, la maladie présente des différences en termes de durée de la maladie un peu plus longue, de taux de mortalité variables (de 30 à 80%), d'une plus forte proportion de formes chroniques, et surtout, de sa capacité à infecter et à induire des mortalités chez les très jeunes lapereaux jusque-là épargnés. De même, le RHDV2 a passé une autre barrière, celle de l'espèce, en infectant plusieurs espèces de lièvre dont le lièvre européen. Ce résultat est important à prendre en compte car l'agrandissement de la population hôte du RHDV2, en changeant le schéma de circulation du virus et par conséquent l'épidémiologie de la maladie dans les populations hôtes, pourrait changer l'impact de la maladie et l'évolution de la virulence du RHDV2. Par ailleurs, la capacité du RHDV2 à infecter potentiellement tous les phénotypes de lapin entraîne un plus fort impact sur cette espèce que le RHDV.

Depuis 2015-2016, une augmentation de la sévérité et du taux de mortalité des infections RHDV2 est observée en France et ailleurs en Europe. Les infections expérimentales réalisées en Italie avec deux souches de RHDV2 récoltées en 2014 et 2015, ont donné des résultats similaires à ceux qui ont été observés avec la souche de référence de RHDV classique, RHDVBs89 (Capucci *et al.*, 2017). L'une des explications de cette augmentation de la pathogénicité et de la virulence serait que le RHDV2, nouveau génotype viral ayant émergé très récemment chez le lapin, continue d'évoluer et soit en train de s'adapter à son hôte pour acquérir une virulence optimale (Boucher *et al.*, 2016 ; Capucci *et al.*, 2017 ; Lopes *et al.*, 2015). Cela pourrait aussi se traduire par l'augmentation de l'atteinte des jeunes lapereaux. La disposition de vaccins spécifiques du RHDV2 protégeant complètement d'une infection virale devrait ainsi limiter la contamination et la diffusion du RHDV2 dans les pays affectés.

L'origine du RHDV, incluant celle du RHDV2 qui a émergé tout récemment, ainsi que celle de l'EBHSV,

n'est pas connue. L'hypothèse de l'évolution de souches non pathogènes vers la pathogénicité est partagée par certains auteurs sans avoir été confirmée. Cette hypothèse n'explique pas non plus l'émergence brutale d'une forte pathogénicité à plusieurs occasions et sur une période de temps très courte (entre les années 70 et 80). Par ailleurs, les virus pathogènes et non pathogènes connus montrent une distance nucléotidique du gène de la protéine de capsid trop importante (environ 20%) pour suggérer un lien direct. Toutefois, les virus non pathogènes n'ont pas été beaucoup recherchés chez le lapin et le lièvre, ce qui pourrait expliquer que les ancêtres des souches pathogènes n'aient pas encore été trouvés. La seconde hypothèse parallèlement avancée par Esteves *et al.* (2013) implique le saut de la barrière d'espèce à partir de lapins à queue blanche (*Sylvilagus floridanus*) originaires d'Amérique du nord, de virus non pathogènes pour cette espèce. Ces lapins américains ont été introduits massivement et à plusieurs reprises en Europe dans les années 60, juste avant l'apparition du RHDV et de l'EBHSV. Un projet européen est en cours de réalisation pour tenter de répondre à cette question (ERA-Net Anihwa, projet « ECALEP ») (Esteves *et al.*, 2013).

#### Références

- Abrantes J., van der Loo W., Le Pendu J., Esteves P. J., 2012. Rabbit haemorrhagic disease (RHD) and rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV): a review. *Vet. Res.* 43:12.
- Abrantes J., 2014
- Alonso C, Oviedo JM, Martin-Alonso JM, Diaz E, Boga JA, Parra F, 1998. Programmed cell death in the pathogenesis of rabbit hemorrhagic disease. *Arch. Virol.*, 143: 321-332.
- Anses, 2017a  
<http://www.ircp.anmv.anses.fr/rcp.aspx?NomMedicament=FILAVAC+VHD+K+C%2BV+SUSPENSION+INJECTABLE+POUR+LAPINS> (consulté le 04 sept 2017)
- Anses, 2017b  
[http://www.ema.europa.eu/ema/index.jsp?curl=pages/medicines/veterinary/medicines/004239/vet\\_med\\_000339.jsp&mid=WC0b01ac058001fa1c](http://www.ema.europa.eu/ema/index.jsp?curl=pages/medicines/veterinary/medicines/004239/vet_med_000339.jsp&mid=WC0b01ac058001fa1c) (consulté le 04 sept 2017)
- Bergin I.L., Wise A.G., Bolin S.R., Mullaney T.P., Kiupel M., Maes R.K., 2010. Novel calicivirus identified in rabbits, Michigan, USA. *Emerg. Infect. Dis.* 15: 1955-1962.
- Boucher S., 1989. La VHD ou maladie hémorragique virale du lapin. *Cuniculture* n°89, 16 (5), septembre/octobre, p. 242-246.
- Boucher S., 2010. Maladie virale hémorragique compliquée d'une pasteurellose. *Le Point Vétérinaire Mars N° 303* p.
- Boucher S., Le Gall-Reculé G., Plassiart G., Sraka B., 2011. Description clinique, nécropsique et histologique de cas de Maladie Hémorragique Virale (VHD) à virus variant, survenus dans 60 élevages de lapins de chairs (*Oryctolagus cuniculus*) vaccinés ou non vaccinés en France en 201-2011. In : 14èmes J. Rech. Cunicole Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ. Paris. p. 143-146.
- Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Normand B., Bertagnoli S., Guérin J-L., Decors A., Marchandeu S., Plassiart G., 2012. Aspects cliniques de la maladie hémorragique virale due au virus variant 2010. *Le Point Vétérinaire* 327 : 35-38.
- Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Minor O., 2016. Questions d'actualités sur la VHD à virus variant RHDV2. *Compte-*

- rendu de la Journée Nationale ITAVI sur l'élevage du lapin de chair, 16 novembre 2016, Pacé, France, p. 51-56.
- Boucher S., Nouaille L., 2013. Maladie des lapins. France Agricole Paris, 3<sup>e</sup> éd. p. 128-135.
- Camarda A., Pugliese N., Cavadini P., Circella E., Capucci L., Caroli A., Legretto M., Mallia E., Lavazza A., 2014. Detection of the new emerging rabbit haemorrhagic disease type 2 virus (RHDV2) in Sicily from rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and Italian hare (*Lepus corsicanus*). Res. Vet. Sci. 97: 642-645.
- Capucci L., Cavadini P., Schiavitto M., Lombardi G., Lavazza A., 2017. Increased pathogenicity in rabbit haemorrhagic disease virus type 2 (RHDV2). Vet. Rec. 180: 426.
- Capucci L., Fallacara F., Grazioli S., Lavazza A., Pacciarini M.L., Brocchi E., 1998. A further step in the evolution of rabbit hemorrhagic disease virus: the appearance of the first consistent antigenic variant. Virus Res. 58: 115-126.
- Capucci L., Fusi P., Lavazza A., Pacciarini M.L., Rossi C., 1996. Detection and preliminary characterization of a new rabbit calicivirus related to rabbit haemorrhagic disease virus but non pathogenic. J. Virol. 70: 8614-8623.
- Capucci L., Scicluna M-T., Lavazza A., 1991. Diagnosis of viral haemorrhagic disease of rabbits and the European brown hare syndrome. Rev. Sci. Tech. 10: 347-370.
- Carman J.A., Garner M.G., Catton M.G., et al. 1998. Viral haemorrhagic disease of rabbits and human health. Epidemiol. Infect. 121: 409-418.
- Cooke B.D., Fenner F., 2002. Rabbit haemorrhagic disease and the biological control of wild rabbits, *Oryctolagus cuniculus*, in Australia and New Zealand. Wildl. Res. 29: 689-706.
- Cooke B.D., Robinson A.J., Merchant J. C., Nardin A., Capucci L., 2000. Use of ELISAs in field studies of rabbit haemorrhagic disease (RHD) in Australia. Epidemiol. Infect. 124: 563-576
- Delibes-Mateos M., Ferreras P., Villafuerte R., 2008. Rabbit populations and game management: the situation after 15 years of rabbit haemorrhagic disease in central southern Spain. Biodivers. Conserv. 17: 559-574.
- Esteves P.J., Abrantes J., Bertagnoli S., Cavadini P., Gavier-Widén D., Guitton J-S., Lavazza A., Lemaitre E., Letty J., Lopes A.M., Neimanis A.S., Ruvoën-Clouet N., Le Pendu J., Marchandeau S., Le Gall-Reculé G., 2015. Emergence of Pathogenicity in Lagoviruses: Evolution from Pre-existing Nonpathogenic Strains or through a Species Jump? PLoS Pathog 11:e1005087
- Ferreira P.G., Costa-e-Silva A., Monteiro E., Oliveira M.J., Aguas A.P., 2006. Liver enzymes and ultrastructure in rabbit haemorrhagic disease (RHD). Vet Res Commun. 30: 393-401.
- Ferreira, P.G., Dinis M., Costa-e-Silva, A., Águas A.P., 2008. Adult rabbits acquire resistance to lethal calicivirus infection by adoptive transfer of sera from infected young rabbits. Vet. Immunol. Immunopath. 121: 364-369.
- Forrester N.L., Trout R.C., Gould E.A., 2007. Benign circulation of Rabbit haemorrhagic disease virus on Lambay Island, Eire. Virology 358: 18-22.
- Fouchet D., Marchandeau S., Bahi-Jaber N., Pontier D., 2007. The role of maternal antibodies in the emergence of severe disease as a result of fragmentation. J R Soc Interface 4: 479-489.
- Foucher D., Le Pendu J., Guitton J-S., Guiserix M., Marchandeau S., Pontier D., 2009. Evolution of microparasites in spatially and genetically structured host populations: the example of RHDV infecting rabbits. J. Theor. Biol. 257: 212-227.
- Granzow H., Weiland F., Strebellow H.G., Liu C.M., Schirmmeier H., 1996. Rabbit hemorrhagic disease virus (RHDV): ultrastructure and biochemical studies of typical and core-like particles present in liver homogenates. Virus Res. 41: 163-172.
- Hall R.N., Peacock D.E., Kovaliski J., Mahar J.E., Mourant R., Piper M., Strive T., 2017. Detection of RHDV2 in European brown hares (*Lepus europaeus*) in Australia. Vet. Rec. 180: 121.
- Hu B., Fan Z., Wang F., Song Y., Wei H., Liu X., Qiu R., Xu W., Yuan W., Xue J., 2016. A new variant of rabbit hemorrhagic disease virus G2-like strain isolated in China. Virus Res. 215: 20-24.
- Kovalisky J., Sinclair R., Mutze G., Peacock D., Strive T., Abrantes J., Esteves P.J., Holmes E.C., 2014. Molecular epidemiology of Rabbit Haemorrhagic Disease Virus in Australia: when one became many. Mol. Ecology. 23: 408-420.
- Lavazza A., Capucci L., 2008. How Many Caliciviruses are there in Rabbits? A Review on RHDV and Correlated Viruses Lagomorph Biology. Edited by: Alves PC, Ferrand N, Hackländer K., Springer Berlin Heidelberg, p. 263-278.
- Leighton F.A., Artois M., Capucci L., Gavier-Widén D., Morisse J-P., 1995. Antibody response to rabbit viral hemorrhagic disease virus in red foxes (*Vulpes vulpes*) consuming livers of infected rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). J. Wildl. Dis. 31: 541-544.
- Le Gall-Reculé G., 2003. Le virus de la maladie hémorragique virale du lapin ou RHDV. Virologie 7: 203-215.
- Le Gall-Reculé G., Boucher S., Le Normand B., Plassiart G., Portejoie Y., Decors A., Bertagnoli S., Guerin J-L., Marchandeau S., 2011a. Detection of a new variant of rabbit haemorrhagic disease virus in France. Vet. Rec. 168: 137-138.
- Le Gall-Reculé G., Lemaitre E., Bertagnoli S., Hubert C., Top S., Decors A., Marchandeau S., Guitton J-S. 2017. Large-scale EBHS-like outbreaks in European brown hares (*Lepus europaeus*) in France caused by RHDV2 strains spatially shared with rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Vet. Res. in press.
- Le Gall-Reculé G., Zwingelstein F., Fages M-P., Bertagnoli S., Gelfi J., Aubineau J., Roobrouk A., Botti G., Lavazza A., Marchandeau S. 2011b. Characterisation of a non-pathogenic and non-protective infectious rabbit lagovirus related to RHDV. Virology 410: 395-402.
- Le Gall-Reculé G., Lavazza A., Marchandeau M., Bertagnoli S., Zwingelstein F., Cavadini P., Martinelli N., Lombardi G., Guérin J-L., Lemaitre E., Decors A., Boucher S., Le Normand B., Capucci L., 2013a. Emergence of a new lagovirus related to Rabbit haemorrhagic disease virus. Vet. Res. 44:81.
- Le Gall-Reculé G., Lemaitre E., Zwingelstein F., Decors A., Portejoie Y., Faure E., Marchandeau S., 2013b. Suivi de la propagation dans les populations françaises de lapins de garenne du nouveau virus de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD) caractérisé en 2010. In : 15<sup>èmes</sup> J. Rech. Cunicole Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ. Paris. p. 237-240.
- Le Gall-Reculé G., Le Pendu J., Lemaitre E., Le Moullac-Vaidye B., Decors A., Beauté V., Faure E., Marchandeau S., 2015. Le nouveau virus de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD) : situation du RHDV2 en Europe et étude de la sensibilité des lapins à ce virus. In : 16<sup>èmes</sup> J. Rech. Cunicole Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ. Paris. p. 21-24.
- Le Normand B., Boucher S., Marlier D., Le Gall-Reculé G., Marchandeau S., Decors A., Ferte H., Dilé B., Bertagnoli S., 2015. « Santé et prévention des maladies » p 215 In Gidenne T. et al. Le lapin de la biologie à l'élevage, Quae Ed. Versailles 270 p.
- Le Pendu J., Abrantes J., Bertagnoli S., Guitton J-S., Le Gall-Reculé G., Lopes A.M., Marchandeau S., Alda F., Almeida T., Alves P.C., et al., 2017. Proposal for a unified classification system and nomenclature of lagoviruses. J. Gen. Virol. 98: 1658-1666.
- Liu J., Fordham D.A., Cooke B.D., Cox T., Mutze G., Strive T., 2014. Distribution and prevalence of the Australian non-pathogenic rabbit calicivirus is correlated with rainfall and temperature. PloS One 9: e113976.
- Liu S.J., Xue H.P., Pu B.Q., Qian N.H., 1984. A new viral disease in rabbits (in Chinese). Ani. Husb. Vet. Med., 16: 253-255.

- Lopes A., Correia J., Abrantes J., Melo P., Ramada M., Magalhães M., Alves P., Esteves P., 2015a. Is the New Variant RHDV Replacing Genogroup 1 in Portuguese Wild Rabbit Populations? *Viruses* 7: 27.
- Lopes A.M., Dalton K.P., Magalhães M.J., Parra F., Esteves P.J., Holmes E.C., Abrantes J., 2015b. Full genomic analysis of new variant rabbit hemorrhagic disease virus revealed multiple recombination events. *J. Gen. Virol.* 96: 1309-1319
- Marcato P.S., Benazzi C., Vecchi G., Galeotti M., Della Salda L., Sarli G., Lucidi P., 1991. Clinical and pathological features of viral haemorrhagic disease of rabbits and the European brown hare syndrome. *Rev. Sci. Tech.* 10: 371-392.
- Marchandeau S., Chaval Y., Le Goff E., 2000. Prolonged decline in the abundance of wild European rabbits and high immunity level over three years following the arrival of rabbit haemorrhagic disease. *Wildl. Biol.* 6: 141-147.
- Marchandeau S., Guitton J-S., Lemaitre E., Bertagnoli S., Hubert C, Top S, Lequeux T., Daluzeau M., Decors A., Le Gall-Reculé G., 2017. Spread of RHDV2 in rabbit and hare populations in France. Evidence for frequent species jumps. Proceedings of the 33<sup>rd</sup> International Union of Game Biologists Congress, 22-25 August 2017, Montpellier, France, p. 248.
- Marques R.M., Costa E.S.A., Aguas A.P., Teixeira L., Ferreira P.G., 2010. Early acute depletion of lymphocytes in calicivirus-infected adult rabbits. *Vet. Res. Commun.* 34: 659-668.
- Matthaei M., Kerr P.J., Read A.J., Hick P., Haboury S., Wright J.D., Strive T., 2014. Comparative quantitative monitoring of rabbit haemorrhagic disease viruses in rabbit kittens. *Virol. J.*, 11: 109.
- Merchan T., Rocha G., Alda F., Thompson G., de Trucios S.H., Pagés A., 2011. Detection of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) in nonspecific vertebrate hosts sympatric to the European wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Inf. Genet. Evol.* 11: 1469-1474.
- Mitro S, Krauss H., 1993. Rabbit hemorrhagic disease: a review with special reference to its epizootiology. *Eur. J. Epidemiol.* 9: 70-78.
- Morisse J-P., 1988. Le syndrome « septicémique hémorragique » chez le lapin : premières observations en France. *Point Vétérinaire* 20:79-83.
- Morisse J-P., 1989. La maladie hémorragique virale du lapin (VHD). *L'éleveur du lapin* 26: 18-27.
- Muller A., Freitas J., Silva E., Le Gall-Reculé G., Zwingelstein F., Abrantes J., Esteves P.J., Alves P.C., Van der Loo W., Kolodziek Y., Nowotny N., Thompson G., 2009. Evolution of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) in the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) from the Iberian Peninsula. *Vet. Microbiol.*, 135 : 368-373.
- Neimanis A.S., Ahola H., Zohari S., Larsson Pettersson U., Bröjer C., Capucci L., Gavier-Widén D., 2017. Arrival of rabbit haemorrhagic disease virus 2 to northern Europe: Emergence and outbreaks in wild and domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Sweden. *Transbound. Emerg. Dis.* in press.
- Nyström N., Le Gall-Reculé G., Grassi P., Abrantes J., Ruvoën-Clouet N., Le Moullac-Vaidye B., Lopes A. N., Esteves P. J., Strive T., Marchandeau S., Dell A., Haslam S. M., Le Pendu J., 2011. Histo-blood group antigens act as attachment factors of Rabbit hemorrhagic disease virus infection in a virus strain-dependent manner. *PLoS Pathog.* 7(8), e1002188.
- OIE, 2010. Manuel Terrestrial: Rabbit haemorrhagic disease. Office International des Epizooties, p. 1-15.
- OIE, 2017. World Animal Health Information Database (WAHIS Interface). [http://www.oie.int/wahis\\_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page\\_refer=MapFullEventReport&reportid=22452](http://www.oie.int/wahis_2/public/wahid.php/Reviewreport/Review?page_refer=MapFullEventReport&reportid=22452). Accessed 20 January 2017.
- Park J.H., Lee Y.S., Itakura C., 1995. Pathogenesis of acute necrotic hepatitis in rabbit hemorrhagic disease. *Lab. Anim. Sci.* 45: 445-449.
- Patton N.M., 1989. Viral hemorrhagic disease. A major new disease problem of rabbits. *Rabbit Res.* 12: 64-67.
- Plassiart G., Guelfi J-F., Ganière J-P., Wang B., André-Fontaine G., Wyers M., 1992. Hematological parameters and visceral lesions relationships in rabbit viral hemorrhagic disease. *J. Vet. Med. Ser. B* 39: 443-453
- Puggioni G., Cavadini P., Maestrà C., Scivoli R., Botti G., Ligios C., Le Gall-Reculé G., Lavazza A., Capucci L., 2013. The new French 2010 Rabbit Hemorrhagic Disease Virus causes an RHD-like disease in the Sardinian Cape hare (*Lepus capensis mediterraneus*). *Vet. Res.* 44:96.
- Ramiro-Ibáñez F., Martín-Alonso J.M., García Palencia P., Parra F., Alonso C., 1999. Macrophage tropism of rabbit hemorrhagic disease virus is associated with vascular pathology. *Virus Res.* 60: 21-28.
- Ruvoën-Clouet N., Ganière J-P., André-Fontaine G., Blanchard D., Le Pendu J., 2000. Binding of rabbit hemorrhagic disease virus to antigens of the ABH histo-blood group family. *J. Virol.* 74: 11950-11954.
- Strive T., Wright J.D., Kovaliski J., Botti G., Capucci L., 2010. The non-pathogenic Australian lagovirus RCV-A1 causes a prolonged infection and elicits partial cross-protection to rabbit haemorrhagic disease virus. *Virology* 398: 125-134.
- Strive T., Wright J.D., Robinson A.J., 2009. Identification and partial characterisation of a new Lagovirus in Australian wild rabbits. *Virology* 384: 97-105.
- Thouvenin E., Laurent S., Madelaine M-F., Rasschaert D., Vautherot J-F., Hewat E.A., 1997. Bivalent binding of a neutralising antibody to a calicivirus involves the torsional flexibility of the antibody hinge. *J. Mol. Biol.* 270: 238-246.
- Ueda K., Park J.H., Ochiai K., Itakura C., 1992. Disseminated intravascular coagulation (DIC) in rabbit haemorrhagic disease. *Japon. J. Vet. Res.* 40: 133-141.
- Velarde R., Cavadini P., Neimanis A., Cabezón O., Chiari M., Gaffuri A., Lavín S., Grilli G., Gavier-Widén D., Lavazza A., Capucci L., 2016. Spillover Events of Infection of Brown Hares (*Lepus europaeus*) with Rabbit Haemorrhagic Disease Type 2 Virus (RHDV2) Caused Sporadic Cases of an European Brown Hare Syndrome-Like Disease in Italy and Spain. *Transbound. Emerg. Dis.* DOI: 10.1111/tbed.12562.
- Wang X., Xu F., Liu J., Gao B., Liu Y., Zhai Y., Ma J., Zhang K., Baker T. S., Schulten K., Zheng D., Pang H., Sun F., 2013. Atomic Model of Rabbit Hemorrhagic Disease Virus by Cryo-Electron Microscopy and Crystallography. *PLoS Pathogens* 9: e1003132
- Xu Z.J., Chen W.X., 1989. Viral haemorrhagic disease in rabbits: a review. *Vet. Res. Commun.* 13: 205-212.
- Zonta W., Mauroy A., Farnir F., Thyry E., 2016. Comparative Virucidal Efficacy of Seven Disinfectants Against Murine Norovirus and Feline Calicivirus, Surrogates of Human Norovirus. *Food Environm. Virol.* 8: 1-12.



## ANALYSE DES CAUSES DE RÉFORME ET DE MORTALITÉ DES FEMELLES REPRODUCTRICES EN ÉLEVAGE CUNICOLE

Lopez S.<sup>1</sup>, Menard E.<sup>2</sup>, Favier C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Univet SE, ZI Très le Bois, Impasse Monge, 22600 Loudéac, France

<sup>2</sup> Celtalliance Service Lapin, Le Pont de Saint-Caradec, 56920 Saint Gérard, France

<sup>3</sup> Mixscience, Centre d'Affaires Odyssee – Z.A.C. Cicé Blossac CS17228 – 35172 Bruz, France

Correspondant : sebastien.lopez@univetse.fr

**Résumé** – Les performances reproductrices des lapines jouent un rôle central dans la réussite technico-économique des élevages. Une connaissance approfondie des causes de mortalité et de réforme des femelles permet une meilleure prévention des facteurs de risque et une amélioration de la rentabilité des élevages. Les données de carrière de 46015 lapines reproductrices issues de 28 élevages cunicoles français, enregistrées entre 2013 et 2015 sur le logiciel Elliott® (logiciel de gestion d'élevage), ont été analysées. L'analyse descriptive des sorties d'élevage montre une prédominance de la mortalité (49.8%) et des réformes sanitaires (35,1%) principalement associé à des abcès, sur les jeunes femelles (rang 1-2). Les réformes zootechniques et notamment pour problème de reproduction prédominant sur les rangs 3+ (32.3% du total), les réformes sanitaires sont principalement dues aux maux de pattes sur ces parités. La période de mise à la reproduction (1<sup>ère</sup> IA) montre une longévité meilleure des lapines introduites sur la période décembre-mars par rapport à celles introduites sur la période août-novembre (âge de sortie respectivement à 278 jours et 243 jours ;  $p < 0,05$ ). Les résultats de prolificité (nés totaux) et de mortinatalité sur les rangs 1 et 2 n'ont que peu d'incidence sur le rang de sortie, excepté pour les femelles avec une faible prolificité (6,71 pour [0-0,5]). Le rang de sortie est plus bas pour les femelles présentant un nombre de sevrés faibles sur les rangs 1 et 2 (5,96 et 6,50 pour les classes [0-0,5] et [0,5-0,75]) ou supérieurs à la moyenne (7,16 pour [1-1,25]) comparativement avec les femelles [0,75-1] (8,40) ( $p < 0,01$ ).

### **Abstract – Culling and mortality of rabbits does in rabbit farms: analysis of the causes.**

To reach a high level of results in rabbit farms, it is absolutely necessary to perfectly manage the reproductive performances of rabbit does. Indeed the knowledge of the real causes of rabbit does exit (culling or mortality) from farms lead to a decrease in risks factors and an improve economic results. The reproductive data collected between 2013 and 2015 from 46015 does from 28 french farms are used for this study. These data are extracted from Elliott® software (software used to collect technical data from rabbit farms). The results show that young does (parity 1-2) get out from the farms mainly because of mortality (49.8 %) and pathological culling (35.1 %) as abscesses. Concerning does from parity 3 and more, zootechnic culling are the main cause of exit, particularly reproductive failures (32.3 %). Leg ulcerations are the main cause of pathological culling for these parties. Does inseminated for the first time during the period from December to March show a better longevity in farms (278 days) than the does inseminated during the period from August to November (243 days). There is no influence of total birth and mortality results of does from parities 1 and 2 on the longevity except for does with low prolificity (6.71 for [0-0.5]). Longevity in farms is lower for does with low weaned rabbits from parities 1 and 2 (5.96 and 6.50 for categories [0-0.5] and [0.5-0.75] or higher results (7.16 for [1-1.25]) in comparison with does [0.75-1] (8.40) ( $p < 0.01$ ).

### **Introduction**

La lapine reproductrice est un élément clé dans la réussite des élevages cunicoles. Ainsi, les différences de taux de mise bas et du nombre de nés totaux expliquent à eux seuls près de la moitié des écarts de productivité entre élevages (ITAVI, 2015). On comprend dès lors toute l'importance que revêt une bonne gestion du cheptel reproducteur en vue d'améliorer la performance technico-économique des ateliers. La connaissance des causes de mortalité et de mise en réforme des lapines est de nature à optimiser cette gestion en identifiant les facteurs de risque susceptibles de dégrader la bonne marche du cheptel et permettre la mise en place de mesures correctives.

Dans de précédents travaux (Lopez *et al.*, 2013a et 2013b), nous avons déjà réalisé une étude de la mortalité et de la mise en réforme des lapines. L'objectif de cette étude, dans un premier temps, est de déterminer à travers une analyse descriptive s'il existe une évolution dans les motifs de sortie des lapines au niveau des élevages par rapport à nos précédents résultats. Nous nous sommes ensuite intéressés à l'impact de la période d'introduction des lapines (âge à la première insémination artificielle (IA)) et à l'impact des performances reproductrices au cours des deux premiers cycles sur la longévité des femelles en élevage.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Recueil et analyse des données

Les données de carrière de 46015 femelles reproductrices issues de 28 élevages français (taille moyenne de 652 cages mères [200-1200]) ont été analysées. Ces données, qui concernaient la période 2013-2015, ont été collectées à partir du logiciel Elliott® (logiciel de gestion d'élevage cunicole <http://www.elliott-net.com/accueil1.html>). Aucun

élevage de l'étude n'a présenté de signe clinique de VHD ou de lésion de myxomatose de forme classique sur la période considérée. Pour chaque femelle, les données suivantes ont été recueillies : date de première IA, date de sortie (mortalité ou réforme) de l'élevage, la cause de sortie, les performances de reproduction à chaque cycle (réussite à l'IA, nombre de nés totaux, nombre de nés vivants, nombre de mort-nés, nombre de sevrés). Les causes de réforme ont été réunies par groupe et par catégorie comme indiqué dans le tableau 1.

La longévité des lapines reproductrices a été mesurée de deux façons : en jours (durée séparant la date de 1<sup>ère</sup> IA de la date de sortie) et en rang d'IA (nombre d'IA réalisées, qu'elles aient été fécondantes ou pas).

L'influence de la période d'introduction des jeunes femelles dans le cheptel (date de la première IA) sur la longévité et les causes de sortie a été analysée mois par mois. La répartition des valeurs a permis de dégager trois périodes d'intérêt (décembre-mars, avril-juillet et août-novembre) qui ont été retenues ensuite pour la présentation des résultats.

L'impact des performances de prolificité (nombre de nés totaux), de mortinatalité à la mise bas et du nombre de sevrés des 2 premiers cycles de reproduction sur la longévité des femelles a été analysée. Pour cela, la moyenne des résultats sur les 2 premiers cycles a été faite pour chaque critère et cette valeur a été comparée à celle des performances moyennes de l'élevage sur la période étudiée. Il a ainsi été obtenu, pour chaque critère 5 classes : correspondant à des catégories de femelles présentant des valeurs moyennes sur les 2 premiers cycles de plus de 50% inférieurs à la moyenne de l'élevage [0-0,5], compris entre 50 et 74,99% [0,5-0,75], entre 75 et 99,99% [0,75-1], entre 100 et 124,99% [1-1,25] et au-delà de 125% [1,25, inf] pour le critère considéré.

### 1.2. Analyses statistiques

L'effet de la période d'introduction sur l'âge de sortie a été évalué à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis.

L'effet des résultats de prolificité, de mortinatalité et du nombre de sevrés sur les 2 premiers cycles a été évalué à l'aide d'un test de Wilcoxon de comparaison des médianes.

**Tableau 1 : Groupes et catégories de causes de réforme en fonction du motif identifié par l'éleveur**

Catégorie de cause	Groupe de cause retenue pour l'étude	Motif renseigné sur Elliott par l'éleveur
Accident	Accident	Accident, reins/pattes cassées, paralysie, parésie
Autres	Autre	Divers, lapereaux momifiés, pendant mise-bas
	Etat corporel	Anorexie, grasse, maigre, perte état corporel
Avortement	Avortement	Avortement
Inconnue	Inconnue	Inconnue
Sanitaire	Abcès	Abcès, abcès sur petits, boule cou, kyste,
	Autre sanitaire	Gale, métrite, œdème
	Digestif	Diarrhée, diarrhée sur mère, diarrhée sur petits
	Mammite	Abcès mamelle, mammite
	Maux de pattes	Maux de pattes
	Pasteurellose/coryza	Conjonctivite, coryza, otite, pneumonie, torticoli
Zootechnique	Âge	Femelle + 10 IA, vieillesse
	Autre zootechnique	Dents longues, zootechnique
	Morts-nés	Morts-nés
	Performances reproductrices	< ou = 7 portées sur les 10 premières IA, 2 IA négatives/3, 2 IA négatives, 3 IA négatives IP faible, mauvaise fertilité, pas productive, performance faible, petites portées, positive 1 fois, première IA nég, sevrés par IA, vide, taux de MB faible
	Qualités maternelles	abandon de portée, allaité mal, cannibalisme, lapereaux petits au sevrage, mauvaise lactation, pas de lait, peu ou pas de sevrés

## 2. Résultats et discussion

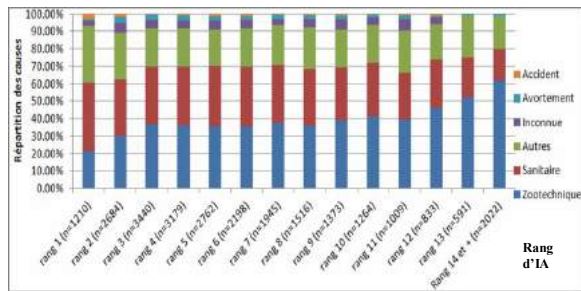
### 2.1. Analyse descriptive des causes de sortie

La mortalité sur la population étudiée représente 30,8% des causes de sortie. Ce résultat est sensiblement meilleur que ceux enregistrés au niveau du Renaceb, avec respectivement 32,4 et 34,4% de mortalité pour les années 2014 et 2015 (ITAVI, 2015). Elle concerne principalement les rangs d'IA [1], [2] et [3] (respectivement 49,7%, 49,4% et 37,8%). Compte tenu du très faible nombre de causes de mortalité identifiées par les éleveurs, il n'a pas été possible de préciser les éléments concernant ce critère et seules les causes de réforme ont été analysées ensuite. Ce constat est similaire à celui établi dans une précédente étude (Lopez *et al.*, 2013a) et reste une faiblesse dans une approche efficace de maîtrise des mortalités, l'incidence de certaines causes comme les pertes par pneumonie autour de la mise-bas étant souvent sous-évaluée par les éleveurs.

Les réformes pour motifs zootechniques représentent la principale cause de réforme pour l'ensemble des rangs d'IA, à l'exception des rangs [1] et [2] pour lesquels les réformes sanitaires sont la première cause de réforme dans notre étude (respectivement 38,9% et 32,2%) (Figure 1). Ce constat, associé à une mortalité plus élevée sur ces catégories de femelles est peut-être à mettre en relation avec une difficulté d'adaptation

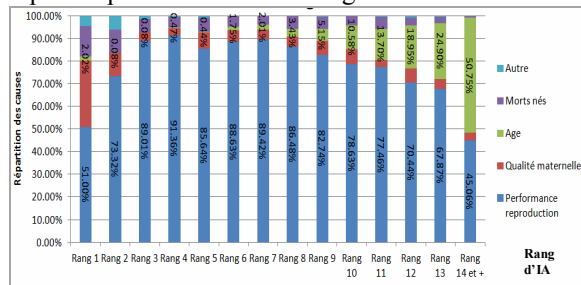


des jeunes individus au microbisme des élevages et souligne l'importance à accorder à la préparation des futures reproductrices.

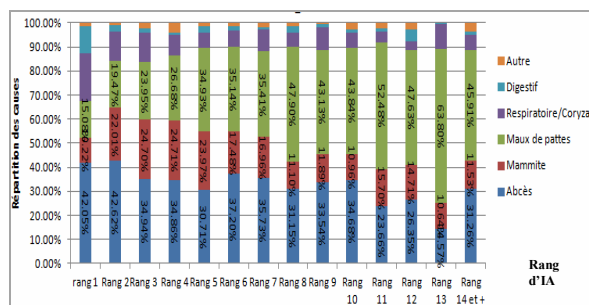


**Figure 1 – Importance relative des causes de sortie pour réforme en fonction de la longévité des femelles reproductrices.**

Le détail des principaux groupes de causes de réforme zootechnique et sanitaire en fonction du rang d'IA est repris respectivement sur les Figures 2 et 3



**Figure 2 – Importance relative des causes de sortie pour réforme zootechnique en fonction de la longévité des femelles reproductrices.**



**Figure 3 – Importance relative des causes de sortie pour réforme sanitaire en fonction de la longévité des femelles reproductrices.**

Les mauvaises performances reproductrices constituent le premier critère de mise en réforme sur quasiment l'ensemble des rangs d'IA (29,73% des réformes totales). Le critère « âge » des femelles prend logiquement de l'importance avec l'augmentation des rangs d'IA jusqu'à devenir le principal motif de réforme zootechnique pour les rangs [14 et +] dans notre étude (50,7%). On peut également remarquer une proportion élevée de réforme pour qualités maternelles sur le rang [1] (29,7%), à relativiser toutefois compte tenu de la faible proportion de réforme zootechnique sur ce rang. Les réformes sanitaires sont dues principalement aux maux de pattes, abcès et mammites (respectivement 9,96%, 8,43% et 4,21% des réformes totales). Il

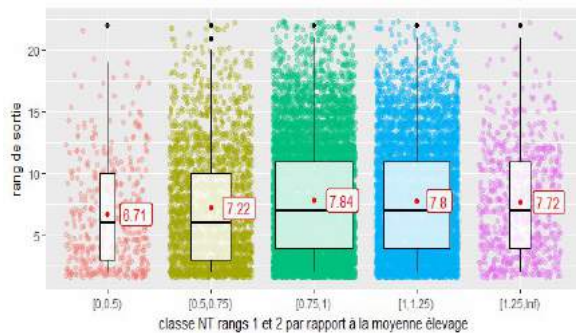
convient de noter que le poids relatif de ces différents groupes de causes peut varier fortement d'une étude à l'autre (Rossell, 2005, Morisse, 1980, Coudert, 1980, Lopez, 2013b). La proportion de réforme pour maux de pattes augmente avec la parité des femelles, observation similaire à celles réalisées par Mirabito (2003) et Lopez (2013b) soulignant l'importance à accorder aux conditions de logement pour prévenir ce type de lésions tout au long de la vie de l'animal.

## 2.2. Influence de la période d'introduction sur la sortie des lapines

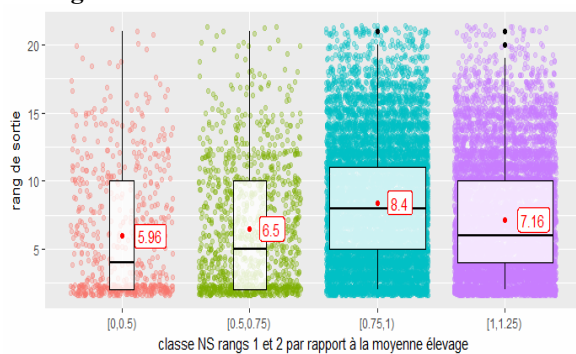
La longévité des lapines (durée séparant la 1<sup>ère</sup> IA de la sortie) varie en fonction de la période d'introduction. Ainsi, les lapines mises à la reproduction sur la période août-novembre, avril-juillet et décembre-mars présentent en moyenne des durées de présence dans les élevages significativement différentes (respectivement 243, 265 et 278 jours). L'analyse des causes de sortie en fonction de la période d'introduction ne permet toutefois pas d'identifier une différence majeure de cause susceptible d'expliquer cet écart. Il convient de noter que les femelles introduites sur la période août-novembre correspondent à des animaux nés et préparés sur les mois les plus chauds de l'année. Lebas (2017) met ainsi en avant l'effet de la température sur les ingérés des femelles futures reproductrices et la baisse corrélée de l'état corporel sur des femelles élevées en ambiance chaude. Cette réduction du gabarit s'accompagne également d'une moindre capacité ovulatoire des femelles à 116 jours. Cette différence pourrait peut-être également expliquer une sensibilité aux pathologies supérieure. La période d'introduction nous semble donc être un critère d'intérêt en vue d'améliorer la longévité des lapines, en privilégiant, quand c'est possible, une introduction sur les mois de décembre-mars et en approfondissant l'étude des paramètres susceptibles de dégrader la longévité des lapines sur les introduction d'août-novembre.

## 2.3. Influence des performances des lapines au cours des 2 premiers cycles de reproduction sur la longévité des femelles

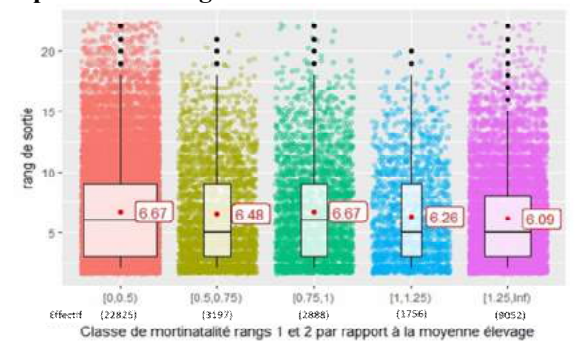
Les résultats de prolificité moyen (nés totaux) sur les 2 premiers cycles se répartissent globalement autour de la moyenne de l'élevage (effectif de 19240 et 14145 respectivement pour les classes [0,75-1] et [1-1,25]) (figure 4). Ce constat est similaire pour les résultats en nombre de sevrés (effectif de 17586 et 17358 respectivement pour les classes [0,75-1] et [1-1,25]) (figure 5). A contrario, en ce qui concerne la mortalité, les lapines se répartissent principalement dans les classes [0-0,5] et [1,25 et +] (effectifs respectivement à 22825 et 9052 lapines) (figure 6).



**Figure 4 – Répartition des femelles en fonction de la prolificité sur les 2 premiers cycles et impact sur le rang de sortie**



**Figure 5 – Répartition des femelles en fonction du nombre de sevrés sur les 2 premiers cycles et impact sur le rang de sortie**



**Figure 6 – Répartition des femelles en fonction de la mortinatalité sur les 2 premiers cycles et impact sur le rang de sortie**

L'écart de mortinatalité persiste en moyenne sur le reste de la carrière des lapines puisqu'on observe une différence de 0,39 mort-nés sur les rangs >3 entre les deux classes extrêmes (résultats non présentés). Pour les 3 critères étudiés, les rangs de sortie sont significativement différents d'une classe à l'autre, quelles que soient les classes considérées ( $P < 0,01$ ). Toutefois, on remarque que les performances de mortinatalité enregistrées sur les 2 premiers cycles n'ont que peu d'influence sur le rang de sortie des lapines (compris entre 6,09 et 6,67). L'effet de la prolificité semble également n'avoir que peu d'impact sur le rang de sortie, excepté pour les femelles avec

une très faible prolificité (6,71 pour la classe [0-0,5]). L'écart le plus important concerne le nombre de sevrés. Ainsi les femelles avec un nombre de sevrés faible sur les deux premiers cycles sortent plus précocement des élevages (rang de sortie à 5,96 et 6,5 respectivement pour les classes [0-0,5] et [0,5-0,75]). Cet écart lié au nombre de sevrés s'explique en partie par la mise en réforme plus importante de femelles de rang 1 pour mauvaises qualités maternelles constatée dans notre étude. D'autre part, les femelles avec un nombre de sevrés plus important à la moyenne d'élevage [1-1,25] présente également un rang de sortie plus faible (7,16) comparativement avec la classe [0,75-1] (8,40). Cet écart suggère peut être un risque plus élevé de sortie anticipée en cas de sollicitation excessive des femelles sur les premiers cycles de reproduction.

## Conclusion

La répartition des causes de mortalité et de mise en réforme des lapines reproductrices est proche des résultats obtenus dans notre précédente étude en 2013. Les problèmes de reproduction sont le motif de sortie des élevages le plus fréquent. Les soucis sanitaires des jeunes femelles restent un point critique dans la persistance des animaux sur les premiers cycles. La période d'introduction des lapines dans le cheptel reproducteur semble présenter un intérêt pour améliorer la longévité des femelles de même que le nombre de sevrés sur les deux premiers cycles. Ces deux points méritent sans aucun doute d'être approfondis.

## Références

- Coudert P., 1980. Pathologie et conduite de l'élevage de lapines reproductrices. *Le point vétérinaire*, 10 (50), 61-65.
- ITAVI, 2015. Gestion Technico-Economique des éleveurs de lapins chair – Programme Renaceb – Renalap. 2015.
- Lebas F., 2017. La Biologie du Lapin. In <http://www.cuniculture.info/Docs/Biologie/biologie-07-3.htm>. Consulté le 01 juillet 2017.
- Lopez S., Chretien L., Salaün J.M, Wacquez P.A., 2013a. Étude descriptive des mortalités des femelles reproductrices en élevage cunicole. 15<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole., Le Mans, France 19-20 nov.
- Lopez S., Chretien L., Salaün J.M, Wacquez P.A., 2013b. Étude descriptive des causes de réforme des femelles reproductrices en élevage cunicole. 15<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole., Le Mans, France 19-20 nov.
- Mirabito L., 2003. Logement et bien être du lapin : les nouveaux enjeux. 10<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole., Paris, France 19-20 nov.
- Morisse J.P., 1980. Enquête sur la mortalité dans les élevages Bretons. *Cuniculture*. Supplément n°31, 14-15.
- Rossell J.M., 2005. The suckling rabbit : health, care and survival. A field study in Spain and Portugal during 2003-2004. *Proceedings 4<sup>th</sup> International Conference on Rabbit production in hot climates*. Sharm-El-Sheik (Egypte), 1-9.

## IMPLICATION DU VIRUS DE LA MYXOMATOSE DANS L'EXISTENCE DE TROUBLES PASTEURELLIQUES CHRONIQUES EN ÉLEVAGE CUNICOLE

Lopez S.<sup>1</sup>, Nouvel L.<sup>2</sup>, Chateigner F.<sup>3</sup>, Ridremont B.<sup>3</sup>, Bertagnoli S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Univet SE, ZI Très le Bois, Impasse Monge, 22600 Loudeac, France

<sup>2</sup> Cybelvet, Parc Activités d'Étrelles, 35370 Étrelles, France

<sup>3</sup> MSD Santé Animale Rue Olivier de Serres, BP 17144, 49071 Beaucouzé Cedex, France

<sup>4</sup> IHAP Université de Toulouse, INRA, ENVT, Toulouse, France.

Correspondant: sebastien.lopez@univetse.fr

**Résumé** – La pasteurellose est l'une des pathologies majeures en élevage cunicole, tant par la mortalité et la dégradation des performances induites que par le recours nécessaire aux antibiotiques associé pour la contrôler. Dans cette étude, nous avons cherché à voir si le virus de la myxomatose pouvait être impliqué dans la persistance de troubles pasteurelliques en élevage. Sept élevages ne présentant pas de signes cliniques de myxomatose ont été inclus. Deux élevages (groupe P+) présentaient des signes chroniques de pasteurellose avec un contrôle décevant de la maladie. Trois élevages (groupe P) présentaient une situation de pasteurellose maîtrisée et deux élevages (groupe T) ne présentaient pas de signes de pasteurellose. Des recherches du virus par PCR sur écouvillons conjonctivaux ont été réalisées sur 10 lapins au moment de l'apparition des premiers signes cliniques pour les élevages P+ et P et en fin d'engraissement pour les élevages T. Deux séries d'analyses sérologiques à trois semaines d'intervalle ont également été réalisées pour les élevages E1 et E2 du groupe P+. Les résultats PCR ont été positifs pour les élevages E1 et E2. Les tests sérologiques ont montré une séroconversion contre la myxomatose en cours d'engraissement. Ces résultats, conformes à d'autres études similaires, montrent l'implication de la myxomatose sous sa forme amyxomateuse dans l'existence de troubles pasteurelliques chroniques. Ils mettent en avant l'intérêt de la vaccination des reproducteurs pour contrôler la circulation du virus en engraissement. Ces résultats amènent à conseiller la recherche de circulation du virus myxomateux sur des cas de pasteurellose chronique, particulièrement dans des élevages non vaccinés, en privilégiant la recherche directe du virus par PCR à l'apparition des symptômes

**Abstract – Influence of myxoma virus infection on *Pasteurella*-based chronic respiratory disorders in meat rabbits farms.** Pasteurellosis is one of the main infectious diseases in meat rabbit farms, in terms of mortality, decrease of performances and increased use of antibiotics to control it. In this study, we investigated whether myxoma virus (MV) could be involved in chronic respiratory disorders due to *Pasteurella* on the field in West of France. Seven farms with no clinical signs of myxomatosis were included in the present study. Two farms (P + group) showed chronic respiratory signs of pasteurellosis with failure in the control of this disease. Three farms (P group) were globally successful in terms of disease control and two farms (T group) showed no clinical evidence of pasteurellosis. MV was investigated by PCR method on palpebral swabs, which were performed on 10 rabbits at the onset of the first clinical signs for P + and P farms and at the end of fattening period for T farms. Two series of serologies (Elisa test) were carried out at three weeks interval for the E1 and E2 farms (from P + group). PCR results were positive for E1 and E2 farms. Serology showed seroconversion against myxomatosis during fattening period. These results, consistent with other similar studies, underline the implication of MV in its amyxomatous form in the persistence of chronic respiratory disorders due to *Pasteurella*. These field data in French context highlight the necessity to consider vaccination of reproductive animals against myxomatosis to control the circulation and spreading of MV in the fattening units. These results suggest that investigation of MV in cases of chronic pasteurellosis, particularly in non vaccinating farms, should be encouraged, preferably by PCR at the onset of clinical signs.

### Introduction

La pasteurellose est l'une des principales pathologies rencontrées en élevage cunicole. Elle est ainsi citée comme première pathologie latente ou chronique en terme de prévalence pour la période 2014-2015 par les élevages du réseau d'élevages de référence cunicoles (programme Cunimieux – Itavi). Elle se manifeste

principalement par une atteinte de l'arbre respiratoire, souvent sous forme de pleuropneumonie purulente et par des affections également purulentes sur différents organes, notamment des abcès cutanés (Coudert et al., 1999). Son importance tient d'une part à l'impact économique pour les élevages, en particulier dû à l'augmentation de la mortalité, aux retards de croissance, à l'hétérogénéité des lapereaux, ainsi

qu'aux saisies pour abcès, qui constituent le premier motif de retrait sanitaire en abattoir. D'autre part, la maîtrise de la maladie en élevage nécessite la plupart du temps le recours à des traitements antibiotiques répétés, ce qui ne contribue pas aux efforts de la filière cunicole par rapport à sa lutte contre l'antibiorésistance. Ainsi, les tétracyclines et les sulfamides, molécules couramment prescrites dans le traitement des pasteurelloses en élevages constituent les deux familles d'antibiotiques les plus fréquemment utilisées en élevage cunicole (rapport de l'ANSES-ANMV sur le suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2015). Différents moyens de contrôle de la pasteurellose existent, associant le pilotage de la ventilation, l'application de mesures de biosécurité strictes, la préparation des jeunes femelles, ... mais restent souvent insuffisants. L'utilisation d'autovaccins contre la pasteurellose s'avère souvent inefficace en élevage conventionnel. Le recours même aux traitements antibiotiques peut s'avérer parfois décevant, et ceci en dépit d'une forte sensibilité de *Pasteurella multocida* aux antibiotiques les plus fréquemment testés (91 à 99% - données Resapath bilan 2015).

Dans la littérature, deux formes de manifestation clinique de la myxomatose ont été décrites sur le lapin. Une forme nodulaire classique et une forme amygomateuse dite également respiratoire, caractérisée par une prédominance des signes respiratoires, avec un nombre restreint voire l'absence complète de myxome (Arthur *et al.*, 1988 in Marlier *et al.*, 1997). Ces deux formes se compliquent souvent d'une surinfection bactérienne à Gram – lié à l'effet immunosuppresseur induit par le virus (Marlier *et al.*, 2000a). Le but de ce travail est de mesurer l'implication potentielle du virus de la myxomatose dans l'expression clinique de pasteurellose, en recherchant la présence du virus dans plusieurs élevages cunicoles présentant des profils d'infection pasteurellique différents.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

L'étude a été menée, de septembre 2016 à avril 2017, dans 7 élevages de production sélectionnés en fonction des signes cliniques de pasteurellose présents sur les lapins en engraissement, conduits en bande unique, avec vide sanitaire total après départ des animaux à l'abattoir. Le premier groupe d'élevage identifié P+ regroupe des élevages (E1, E2) présentant des signes cliniques de pasteurellose importants depuis plus d'un an, se manifestant par une forte mortalité par pneumonie/septicémie, des abcès cutanés et auriculaires, des retards de croissance et des saisies importantes pour abcès à l'abattoir. Les analyses bactériologiques ont mis en évidence systématiquement une infection à *Pasteurella multocida*, parfois associée à *Bordetella bronchiseptica*. Les tests ODC (ornithine

décarboxylase) réalisée sur les isollements de *Pasteurella multocida* se sont avérés variables d'une analyse à l'autre, de même que la taille des colonies bactériennes au sein d'un même élevage. Bien que les antibiogrammes sur ces deux bactéries présentaient une bonne sensibilité à la plupart des antibiotiques habituellement utilisés sur ces pathologies (tétracyclines, sulfamides, macrolides), les réponses aux différents traitements antibiotiques utilisés se sont avérées décevantes. Le deuxième groupe identifié P comprend trois élevages (E3, E4, et E5) présentant également des signes cliniques de pasteurellose proches de ceux décrits pour le groupe P+ mais d'intensité plus modérée, notamment du fait d'une réponse satisfaisante aux traitements antibiotiques mis en place, permettant le contrôle de la maladie. Les isollements bactériens ont révélés également la présence de *Pasteurella multocida* et de *Bordetella bronchiseptica*, avec la même variabilité sur les caractères biochimiques et morphologiques en fonction des isolats pour *Pasteurella multocida*. Le troisième groupe, témoin, comprend deux élevages (T1 et T2) n'ayant pas présenté de signe de pasteurellose sur les lapins d'engraissement depuis plus de deux ans. Il est à noter que les femelles reproductrices ne présentaient pas ou peu de signes cliniques de pasteurellose, ceci sur l'ensemble des élevages de l'étude. Aucun épisode clinique de myxomatose n'avait été diagnostiqué dans les élevages de l'étude depuis plus de 5 ans. Des prélèvements par écouvillonnage au niveau de la face interne des 2 paupières ont été effectués sur 10 lapins en engraissement dans chaque élevage. Pour les groupes P+ et P, ces prélèvements ont été réalisés au moment de l'apparition des premiers troubles pasteurelliques sur des animaux morts présentant des lésions de pneumonie ou sur des animaux vivants avec une conjonctivite ou des signes de détresse respiratoire. Pour le groupe T, en l'absence de signe clinique de pasteurellose, les prélèvements ont été réalisés de façon arbitraire en fin d'engraissement sur 10 animaux avec des troubles respiratoires ou un retard de croissance sans signe de diarrhée associé. Pour les élevages E1 et E2, deux séries de buvards pour profil sérologique, à J0 (apparition des symptômes) et trois semaines plus tard, ont également été réalisés sur 10 lapins provenant des mêmes cages que les lapins prélevés par écouvillonnage.

Les principales caractéristiques des élevages et les prélèvements réalisés dans chacun d'eux sont récapitulés dans le tableau 1.

### 1.2. Analyses de laboratoire

-Recherche du virus myxomateux par PCR en temps réel : Après élution des écouvillons dans 500 ml d'eau nanopure, les extraits ont été répartis pour constituer des mélanges de 5 échantillons. Pour chaque mélange 200 ml ont subi une extraction d'ADN total (kit « One -4-all Genomic DNA Mini-prep », Biobasic.). Les

ADN ont été testés par PCR en temps réel (amplification du gène M071L du virus myxomateux), selon le protocole adapté du « Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals 2018 » de l'OIE (kit Biorad Sybr, thermocycleur Roche 4). Pour chaque mélange positif, les échantillons le constituant ont été testés individuellement selon le même protocole.

*-Recherche des anticorps spécifiques anti-virus myxomateux par test ELISA :* Après élution des buvards en tampon salin, les solutions obtenues ont été testées par ELISA indirect selon le protocole décrit par Gelfi *et al* (1999). Les résultats ont été exprimés qualitativement (positif, négatif, douteux) par comparaison des densités optiques obtenues (DO 405 nm) avec celles de sérums négatifs connus.

**Tableau 1 : Principales caractéristique des élevages et types de prélèvements réalisés**

Groupe	Élevage	Bâtiment engraissement	Vaccination myxomatose des reproducteurs	Âge des lapins (engraissement) lors de la réalisation des prélèvements	Analyses réalisées
P+	E1	Semi plein air et Duo*	Non	40 jours	PCR Sérologie
				61 jours	Sérologie
	E2	Duo	Non	48 jours	PCR Sérologie
				66 jours	Sérologie
P	E3	Duo	Oui	56 jours	PCR
	E4	Duo	Oui	36 jours	PCR
	E5	Duo	Oui	47 jours	PCR
T	T1	Duo	Non	68 jours	PCR
	T2	Duo	Non	63 jours	PCR

\* Duo : salles maternité et engraissement identiques avec cages polyvalentes, conduite en alternance avec transfert des femelles au sevrage.

## 2. Résultats et discussion

L'analyse PCR a permis de mettre en évidence la présence du virus myxomateux sur les deux élevages appartenant au groupe P+ (1 échantillon pour E1 et 2 échantillons pour E2). Dans ces deux ateliers, la recherche d'anticorps s'est révélée positive en fin d'engraissement sur 8/8 et 7/9 des sérums qu'il a été possible d'analyser respectivement pour les élevages E1 et E2. De plus la cinétique d'anticorps montre une séroconversion entre J0 et J+3 semaines pour 3/8 et 5/9 des animaux prélevés.

Les résultats des analyses de laboratoire sont présentés dans les tableaux 2 et 3.

**Tableau 2: Résultats des analyses PCR pour recherche du virus de la myxomatose.**

Groupe	Elevage	Test PCR
P+	E1	Positif (1/10)
	E2	Positif (2/10)
P	E3	Négatif
	E4	Négatif
	E5	Négatif
T	T1	Négatif
	T2	Négatif

**Tableau 3: Résultats des cinétiques sérologiques pour recherche des anticorps anti-virus de la myxomatose par ELISA.**

Elevage	Numéro lapin	1 <sup>ère</sup> série	2 <sup>ème</sup> série
E1	Lapin 1	+	+
	Lapin 2	+	+
	Lapin 3	+	+
	Lapin 4	+	+
	Lapin 5	-	+
	Lapin 6	-	+
	Lapin 7	-	+
	Lapin 8	-	pdsi
	Lapin 9	+	pdsi
	Lapin 10	+	+
E2	Lapin 11	-	+
	Lapin 12	-	pdsi
	Lapin 13	-	+
	Lapin 14	-	+
	Lapin 15	-	+
	Lapin 16	+	+
	Lapin 17	+	+
	Lapin 18	-	+

Pdsi : prise de sang insuffisante.

L'identification des PCR + au moment de l'apparition des premiers signes cliniques, associée à une séroconversion des animaux sur la période incriminée, semble indiquer un effet favorisant du virus myxomateux vis-à-vis de l'infection pasteurelle qui pourrait être considérée comme une infection

secondaire. La mauvaise réponse aux traitements antibiotiques mis en place sur les élevages concernés serait probablement à mettre en relation avec la co-infection virus/bactérie. Ces cas d'élevages pourraient être classés dans les formes amyxomateuses (ou respiratoires) décrites dans certaines publications (Marlier et al., 1997, 2000a).

Un effet protecteur de la vaccination des reproducteurs vis-à-vis de la circulation du virus myxomateux en engraissement peut également être évoqué sur les élevages présentant des troubles pasteurelliques. Ainsi sur les 3 élevages E3, E4 et E5 qui vaccinent leur cheptel reproducteur, il n'a pas été détecté de présence de virus au moment de l'apparition des premiers signes cliniques de pasteurellose, à la différence des élevages E1 et E2.

Dans cette étude, deux techniques d'investigation ont été utilisées pour mettre en évidence la circulation de virus myxomateux sur les lapins. Les analyses sérologiques permettent de révéler l'existence d'un contact avec le virus myxomateux au sein de l'élevage, mais ne permettent pas de dater l'évènement, sauf à être réalisées en cinétique de séroconversion. En outre, une analyse unique sur les lapins d'engraissement peut s'avérer difficile à interpréter en raison de la persistance des anticorps d'origine maternelle qui peut aller au-delà de 6 semaines d'âge (Kerr, 1997). Par ailleurs, Marlier *et al.* (2000b) dans une étude portant sur la recherche de myxomatose sur des lapins avec lésions de pneumonie n'établissent pas de relation entre la présence d'anticorps contre la myxomatose et l'isolement d'une bactérie pathogène sur les poumons. L'identification directe du virus par PCR au moment de l'apparition des signes cliniques nous semble donc la technique à privilégier. La réalisation des écouvillons au niveau des paupières, lieu à privilégier pour l'isolement du virus (Marlier et al., 1996), présente en outre l'avantage d'être simple à pratiquer et non invasive pour l'animal.

Une étude épidémiologique réalisée dans plusieurs élevages de pays européens par Marlier et al. (2001) montre que des élevages présentant des troubles digestifs ou de la reproduction ont également une séroprévalence significativement plus élevée lors de détection par Elisa des anticorps dirigés contre le virus. La recherche du virus myxomateux par PCR dans des élevages présentant ce type de troubles chroniques récurrents (respiratoires ou digestifs) nous semblerait pertinente particulièrement en l'absence de vaccination ou dans des conditions d'élevage exposant plus au risque d'infection (type plein air ou semi-plein air).

## Conclusions

Dans un contexte économique difficile et en l'absence de symptômes classiques de la myxomatose sous sa forme nodulaire, une mauvaise observance dans la couverture vaccinale vis-à-vis de la myxomatose est parfois constatée sur le terrain. Les résultats de notre étude, similaires à ceux trouvés dans d'autres travaux plus anciens (Marlier *et al.*, 2000b ; Marlier *et al.*, 2001), montrent l'existence de circulation de virus de la myxomatose sous forme amyxomateuse en élevage cunicole. Cette circulation virale pourrait expliquer des échecs thérapeutiques sur des situations cliniques de pasteurellose, particulièrement à tropisme respiratoire. Nos résultats doivent en tout état de cause amener les éleveurs et les vétérinaires à s'interroger sur une potentielle implication du virus de la myxomatose sur des situations pathologiques chroniques en engraissement, particulièrement dans les élevages ne pratiquant pas de vaccination vis-à-vis de la myxomatose.

## Références

- Anses, Résapath – Réseau d'Epidémiologie de l'Antibiorésistance des bactéries pathogènes animales, Bilan 2015, 23 et 114, Novembre 2016, Edition scientifique.
- Coudert P., Rideaud P., Kpodekon M., 1999. Le point sur la pasteurellose sur lapin. 8<sup>ème</sup> Journ. Rech. Cunicole. Paris, 3-12.
- Gelfi J., Chantal J., Phong T.T., Py R., Boucraut-Baralon C., 1999. Development of an ELISA for detection of myxoma virus-specific rabbit antibodies; test evaluation for diagnostic applications on vaccinated and wild rabbit sera. *J. Vet. Diagn. Invest.*, 11, 240–245.
- Kerr P. J., 1997. An ELISA for epidemiological studies of myxomatosis : persistence of antibodies to Myxoma virus in European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Wildlife Research*, 24, 53–65.
- Marlier D., Vindevogel H., 1996. La myxomatose amyxomateuse: isolement de trois souches en Belgique. *Ann. de Méd. Vét.* 140, 343–6.
- Marlier D., Coignoul F., Boucraut-Baralon C., Vindevogel H., 1997. Etude clinique et anatomopathologique de l'infection expérimentale de lapins par une souche virale amyxomateuse isolée en Belgique. *Ann. Med. Vet.*, 141, 479-486.
- Marlier D., Mainil J., Sulon J., Beckers J.F., Linden A., Vindevogel H., 2000a. Study of the virulence of five strains of amyxomatous myxoma virus in crossbred New Zealand white/Californian conventional rabbits, with evidence of long-term testicular infection in recovered animals. *J. Comp. Path.*, Vol. 122, 101–113.
- Marlier D., Mainil J., Linden A., Vindevogel H., 2000b. Infectious agents associated with rabbit pneumonia: isolation of amyxomatous myxoma virus strains. *The Vet. Jour.*, 159, 171–178.
- Marlier D., Herbots J., Detilleux J., Lemaire M., Thiry E., Vindevogel H. Cross-selectional study of the association between pathological conditions on myxoma-virus seroprevalence in intensive rabbit farms in Europe. 2001. *Prev. Vet. Med.* 48. 55-64.

## CONTAMINATION DE LA JEUNE LAPINE *ORYCTOLAGUS CUNICULUS* PAR *PASSALURUS AMBIGUUS* : ÂGE DE CONTAMINATION, CONSÉQUENCES ET PLAN DE LUTTE ADAPTÉ.

Boucher S.\*, Kehyi M-R.

LABOVET Conseil (Réseau Cristal), BP 539, 85505 Les Herbiers Cedex , France

\*Correspondant : s.boucher@labovet.fr

**Résumé** – Notre étude a porté sur un échantillon de 42 élevages au sein desquels le parasite avait pu être identifié entre 2014 et 2016. Si l'oxyuridose est une parasitose peu invalidante pour le lapin de chair, l'étude menée ici montre que si l'on considère les élevages parasités, 10% des futures femelles sont déjà contaminées à l'âge du sevrage et que 96 % des femelles reproductrices sont infestées à l'âge de 24 semaines ce qui représente 69% des élevages de cette étude. La contamination se fait *via* les crottes que les mères laissent au nid pour que les lapereaux les rongent pour ensemencer leur propre flore ou sur le matériel d'élevage contaminé. En conséquence, l'utilisation de flubendazole par voie orale à la dose de 2 mg/ kg/jour est proposée par les auteurs aux éleveurs dès le sevrage et sur les mères avant leur mise-bas.

### **Abstract – Contamination of the young rabbit *Oryctolagus cuniculus* by *Passalurus ambiguus*: age of contamination, consequences and adapted control plan.**

Our study involved a sample of 42 farms in which the parasite could be identified between 2014 and 2016. If oxyuriasis is a little disabling parasitosis for the rabbit, the study shows that 10% of the future does are already contaminated around weaning and that 96% of the females are contaminated at the age of 24 weeks, which represents 69% of the farms in this study. The contamination is done by the faeces that the mothers leave at the nest so that the young rabbits gnaw them to multiply their own flora or on the material of breeding contaminated. The use of oral flubendazole at a dose of 2 mg / kg / day is proposed as early as weaning and on mothers before birth.

### **Introduction**

La première description de *Passalurus ambiguus* par Rudolphi date de 1819. Il s'agit d'un parasite intestinal, de l'Ordre des *Oxyurida*, du sous ordre des *Oxyurina* et de la famille des *oxyuridae*. Il vit au niveau du cæcum et du côlon, touchant les léporidés domestiques (Hugot 1983). Il est fréquemment rencontré en élevage de lapin de chair. La maladie qu'il provoque est l'oxyuridose (et non l'oxyurose comme on le dit souvent, celle-ci étant due à des parasites du genre *Oxyuris*).

Sa diagnose n'est pas très compliquée mais elle nécessite une grande rigueur car il existe dans la nature de nombreux nématodes libres avec lesquels il peut être confondu (Goodey, 1963 et Van Wick *et al*, 2003).

Son cycle de développement dure une cinquantaine de jours (55 à 56j en reproduction expérimentale) (Boecker 1953).

Il est couramment reconnu que le lapin de chair dans les conditions normales d'entretien est rarement contaminé par *Passalurus ambiguus* avant l'âge de 4

à 7 mois (Boucher 2016, Boucher et Nouaille 2103, Bussieras et Chermette 1995).

Pourtant, cette affection parasitaire reste une des infestations les plus courantes en élevage (Le Normand *et al* 2015, Ashmawy *et al* 2010). On considère, d'après les résultats de laboratoire dont nous disposons que plus de la moitié des femelles présentées pour une autopsie sont infestées alors que 2 lots de lapins en croissance pour mille le sont (Briffaud 2017, Labovet Analyses, communication personnelle).

Le parasite n'est pas très agressif pour son hôte. Une infestation massive se traduit en général par un peu de diarrhée, parfois de la météorisation ou de la constipation, une alternance d'apathie et d'agitation. Mais le lapin peut aussi maigrir suite à l'action spoliatrice des parasites présents dans le cæcum et le gros intestin. Chez les femelles, des chutes de fertilité peuvent atteindre 5% sur une bande (Boucher, 2016). Certains auteurs ont pu décrire la présence d'ulcères sur la paroi du caecum (Bussieras et Chermette 1995).

Les traitements dont nous disposons jusqu'alors étaient relativement peu efficaces, aucun ne détruisant

les œufs ou les premières larves (Boucher 2016, Boucher et Nouaille 2013, Sovelle et Holmes 1996). L'utilisation récente en élevage de lapins de flubendazole à 2 mg/kg/jours durant 5 jours dans l'eau de boisson a permis, sur un échantillon donné de 18 élevages « pilotes » d'éradiquer le parasite (Boucher 2016).

Nous avons donc été surpris de ce résultat très positif d'éradication du parasite en élevage et avons cherché à mieux comprendre la biologie de *Passalurus ambiguus* dans les élevages de lapins de chair encore contaminés.

Le but de ce travail est de rechercher l'âge de contamination des femelles futures reproductrices et d'essayer d'en tirer des conclusions quant au plan de prophylaxie à proposer aux éleveurs. Actuellement la majorité des éleveurs ne traite pas les futures reproductrices avant leur mise à la reproduction qui a lieu en général vers 20 semaines d'âge.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. L'échantillon

L'étude a été menée sur 42 élevages professionnels de lapin de chair français (Hauts de France, Normandie, Auvergne et Pays de Loire) sélectionnés suite à la détection d'oxyures sur des animaux autopsiés entre 2014 et 2016. Ils ont en moyenne 700 femelles présentes en production (900 femelles en incluant les futures reproductrices) et sèvrant environ 5900 lapereaux.

### 1.2. La méthode

Des prélèvements de fèces ont été réalisés à différents âges (un âge = un lot) : au sevrage (5-6 semaines), à 8 semaines, à 12 semaines, à 18 semaines, après la première mise bas à l'âge de 24 semaines et après la troisième mise bas à l'âge de 36 semaines. Ces prélèvements ont été effectués dans l'après-midi car le parasite excrète plus d'œufs l'après-midi et le soir (Rinaldi et al, 2007).

Les échantillons sont récupérés sous les cages et ils sont homogénéisés en mélangeant les crottes de 30 animaux, dans un sac de 50 litres. Dix grammes de crottes sont prélevés et homogénéisés dans 90ml d'eau pour obtenir une dilution au dixième. Cette suspension est ensuite filtrée à l'aide d'un tamis avec une maille de 250µm. Une fois filtrée, 12ml du produit de filtration sont prélevés et centrifugés à 2500 tours par minute pendant 3 minutes. Le surnageant est enlevé et le culot conservé puis mélangé à 12 ml de solution saturée de sulfate de magnésium à une densité de 1,2. L'observation se fait

au microscope optique à l'objectif 20 (Pereckiene *et al*, 2007, Cringoli *et al*, 2004).

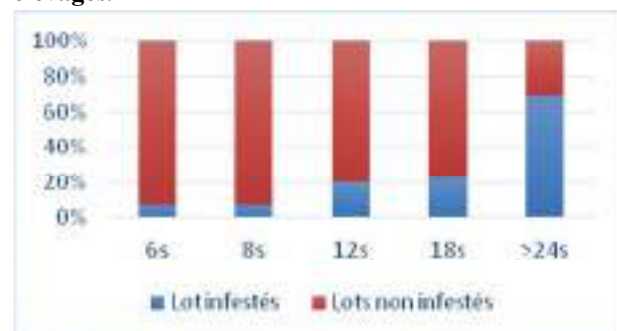
Un élevage est considéré positif s'il a été identifié un œuf ou une larve ou un adulte de *Passalurus ambiguus* dans au moins une catégorie d'âge.

Afin d'essayer d'objectiver les éventuelles lésions des tissus (ulcères), nous avons observé *via* un examen histologique le cæcum et le colon de 6 femelles contaminées. Les tissus, après fixation dans le liquide l'ExCell Plus <sup>TM</sup> sont colorés par la technique hémalun-éosine-safran puis observés au microscope optique au grossissement 40.

## 2. Résultats

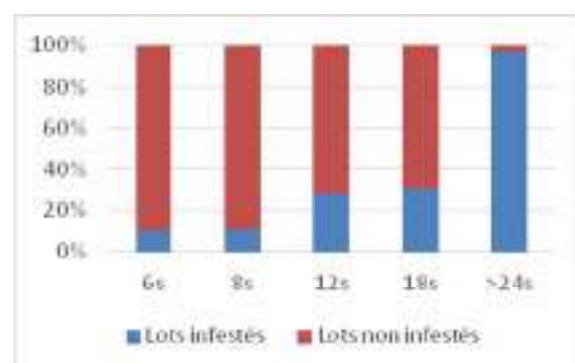
Sur les 42 élevages participant à l'étude, 30 ont été diagnostiqués positif à *Passalurus ambiguus*. Toutes les catégories d'âge peuvent être touchées.

**Figure 1 : Proportion d'infestation des lots à *Passalurus ambiguus* en fonction de l'âge des lapins dans tous les élevages.**



Les animaux âgés de plus de 24 semaines sont les plus atteints : 69% des lots de cette tranche d'âge sont infestés. Dans les élevages infestés, ils sont touchés à 96%.

**Figure 2 : Proportion d'infestation des lots à *Passalurus ambiguus* en fonction de l'âge des lapins dans les élevages infestés.**

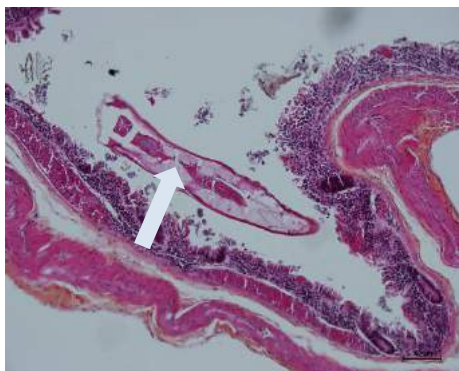




Trois élevages présentent une infestation dès l'âge du sevrage, compris entre 5 et 6 semaines. Sur les 30 élevages infestés, 17 le sont dans une seule catégorie d'âge, 7 le sont dans 2 catégories d'âge, 4 le sont dans 3 catégories d'âge, 1 l'est dans 4 catégories d'âge et 1 l'est dans toutes les catégories d'âge.

L'étude histologique ne montre aucune lésion au niveau du cæcum ou du colon sur l'ensemble des individus. On observe l'intégrité de la séreuse, de la musculuse, la sous muqueuse et de l'épithélium cylindrique. Les cellules inflammatoires (plasmocytes, macrophages, granulocytes éosinophiles) ne sont pas en proportion augmentée. On note également l'absence de granulocytes neutrophiles. On observe parfois la présence de *Passalurus ambiguus* libres dans la lumière de l'organe.

**Figure 3 : Coupe histologique d'un cæcum présence d'un oxyure dans la lumière de l'organe**



### 3. Discussion

L'étude a porté sur des élevages qu'on savait infestés au départ. Il est probable que nos résultats dans d'autres conditions seraient différents.

On ne met pas en évidence de lésion des tissus malgré la présence du parasite. Cela ne veut pas dire que dans d'autres conditions expérimentales on ne peut pas en trouver. Cette expérience serait sans doute à refaire sur un nombre supérieur de lames. Néanmoins, même en cas d'infestation massive, nous n'avons pas pu observer de lésion macroscopique.

Contrairement à ce qu'il était couramment admis, la contamination des lapins de chair par *Passalurus ambiguus* peut être précoce et toucher des lapins autour du sevrage. Ce fut le cas dans notre étude de 10% des lots. Pour ces lots, nous avons cherché à comprendre l'origine de la contamination et nous

avons analysé la litière du nid. Il a été retrouvé des œufs d'oxyures sur les crottes déposées par les mères afin que les jeunes les mangent pour ensemencher leur flore caecale.

A 24 semaines, presque tous les élevages positifs (96%) voient leurs femelles contaminées. Cela représente 69% des élevages de notre étude.

On peut donc supposer qu'il y a deux types de contamination initiale : au nid, dans les premiers jours d'âge *via* la mère, et lors du sevrage sur les cages souillées ou dans les mangeoires.

Ces observations nous incitent à conseiller de traiter les femelles plutôt juste avant la mise-bas, à l'aide de flubendazole (produit ovicide) et parallèlement de traiter les futures reproductrices dès le sevrage avec le même médicament. Ceci semble d'ailleurs facile lorsque les femelles sont élevées jusqu'à leur première insémination dans la même salle que leurs mères. Cette méthode, proposée sur un échantillon d'élevages, a porté ses fruits et permis d'éradiquer le parasite en 4 années.

### Conclusions

Contrairement à ce qui était couramment admis, nous avons pu mettre en évidence sur l'échantillon considéré que 10% des élevages de lapins de chair pouvaient voir leurs futures reproductrices infestées par *Passalurus ambiguus* dès le sevrage et que 69% des élevages ont des femelles de 24 semaines (leur première gestation) contaminées.

Cela nous a amenés à proposer une nouvelle façon de réfléchir la prophylaxie contre les oxyures chez le lapin d'élevage en traitant les jeunes dès le sevrage à l'aide de flubendazole à la dose de 2 mg/ Kg/j pendant 5 jours, ce vermifuge étant ovicide, larvicide et adulticide.

### Références

- Ashmawy, K.I., El-Sokkary, M.Y., Abu-Akkada, S., Dewair, W., 2010, Incidence of *Passalurus ambiguus* in domestic rabbits in Behera province, J Vet Science 30, 115-120
- Boecker H., 1953, Die entwicklung des kanincgen oxyuren *Passalurus ambiguus*, Zeitschrift für Parasitenkunde 15, 491-518
- Boucher S., Nouaille L., 2013, Maladie des lapins, 3<sup>ème</sup> édition, France agricole, 122-135
- Boucher S. 2016. « L'oxyuridose du lapin » CEAV Oniris décembre.
- Bussieras J., Chermette R. 1995. Abrégé de parasitologie vétérinaire 2<sup>e</sup> éd. Fasc III Helminthologie.
- Briffaud 2017, Labovet Analyses, communication personnelle
- Cringoli, G., Rinaldi, L., Veneziano, V., Capelli, G., Scala, A., 2004, The influence of flotation solution, sample dilution and the choice of McMaster slide area (volume) on the reliability of the McMaster technique in estimating the faecal egg counts of gastrointestinal strongyles and *Dicrocoelium dendriticum* in sheep, Veterinary Parasitology 123, 309-314
- Goodey, J.B., 1963, Soil and freshwater nematodes, Butler & Tanner Ltd, Frome and London, 2nd edition, 307p

- 
- Hugot, J.P., Bain, O., Cassone, J., 1983, Sur le genre *Passalurus* (Oxyuridae : Nematoda) parasite de Léporidés, *Systematic Parasitology* 5, 305-316
- Le Normand, B., Bignon, L., Boucher, S., Lebas, F., 2015, les jeunes lapines : clés de succès de l'élevage, *Journée de la recherche cunicole*, 35p
- Pereckiene, A., Kaziūnaite, A., Vysniauskas, A., Petkevicius, S., Malakauskas, A., Sarkunas, M., Taylor, M.A., 2007, A comparison of modifications of the McMaster method for the enumeration of *Ascaris suum* eggs in pig faecal samples, *Veterinary Parasitology* 149, 111-116
- Rinaldi, L., Russo, T., Schioppi, M., Pennacchio, S., Cringoli, G., 2007, *Passalurus ambiguus*: new insights into copromicroscopic diagnosis and circadian rhythm of egg excretion, *Parasitol Res* 101, 557-561
- Sovelle, J.R., Holmes, J.C., 1996, Efficacy of ivermectin against nematodes infecting field populations of snowshoe hares (*Lepus americanus*) in Yukon, Canada, *Journal of Wildlife Diseases*, 32, 23-30
- Van Wick, J.A., Cabaret, J., Michael, L.M., 2003, Morphological identification of nematode larvae of small ruminants and cattle simplified, *veterinary parasitology* 119, 277-306
-

## RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA TECHNIQUE DU PHYTOGRAMME® : SENSIBILITÉ DES SOUCHES BACTÉRIENNES ISOLÉES ET LIEN AVEC L'IFTA.

**Boucher S.<sup>1\*</sup>, Mauvisseau T.<sup>2</sup>, Couriera M.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>LABOVET CONSEIL (Réseau Cristal), BP 539 85505 Les Herbiers cedex, France

<sup>2</sup>LABOVET CONSEIL (Réseau Cristal), 40 rue Arsène Mignen, 85140 Les Essarts, France

<sup>3</sup>VetAgro Sup - Campus vétérinaire, 1, avenue Bourgelat - 69280 Marcy l'Etoile, France

\*Correspondant : s.boucher@labovet.fr

**Résumé** – La filière cunicole s'est engagée à diminuer de 50% l'utilisation des antibiotiques d'ici à 2025. Parmi les techniques pouvant aider à réduire la prescription d'antibiotiques, existe le phytogramme®. Il s'agit d'une méthode de test de sensibilité des bactéries par diffusion de médicaments à base d'huiles essentielles et de plantes en milieu gélosé. Les auteurs montrent que, sur un échantillon de 143 *Staphylococcus aureus* et 158 *Pasteurella multocida* isolés de lapins de chair, les bactéries peuvent être très, moyennement ou pas sensibles aux produits phytothérapeutiques testés et que cela dépend de la souche bactérienne isolée. Cela justifie l'emploi du phytogramme®. Ils ont cherché à savoir si les éleveurs ayant accès à un phytogramme® sont moins utilisateurs d'antibiotique que ceux qui n'y ont pas accès en rapprochant les IFTA (Index de fréquence des Traitements par les antibiotiques) de chaque groupe. La différence observée en faveur des possesseurs de phytogramme® sur l'échantillon étudié s'avère non significative.

### **Abstract –Feedback on the phytogramme® technique: sensitivity of isolated bacterial strains and link with IFTA.**

The cuniculture industry is committed to reducing the use of antibiotics by 50% by 2025. Among the techniques that can help to reduce the prescription of antibiotics, there is the phytogram®. It is a method of testing the sensitivity of bacteria by diffusion of drugs based on essential oils and plants in agar medium. The authors show that on a sample of 143 *Staphylococcus aureus* and 158 *Pasteurella multocida* isolated from rabbits, bacteria can be very, moderately or not sensitive and that it depends on the isolated bacterial strain. This justifies the use of the phytogram® method. They investigated whether breeders with access to a phytogram® are less likely to use antibiotics than those who do not have access to it by bringing the IFTA closer to each group. The difference observed in favor of the phytogramme® owners on the sample studied proves to be insignificant.

### **Introduction**

La filière cunicole s'est engagée à diminuer de 50% l'utilisation des antibiotiques d'ici à 2025. Bien avant le plan écoantibio 2017 qui visait à réduire de 25% cette même utilisation jusqu'en 2017, les vétérinaires de la filière, conscients de l'utilisation importante des antibiotiques en cuniculture, ont cherché des solutions alternatives permettant néanmoins de prévenir et traiter les maladies bactériennes. Plusieurs pratiques comme le recours à des autovaccins ou à une meilleure gestion zootechnique de l'élevage, peuvent limiter l'apparition des troubles bactériens. Néanmoins, lorsque l'affection se déclare, nous avons besoin de solutions alternatives ayant une activité antibactérienne.

La technique d'aromatogramme décrite par Belaiche en 1979 permet de choisir les huiles essentielles ayant le plus grand diamètre d'inhibition pour une bactérie

donnée. Le Phytogramme® est une technique dérivée utilisant des mélanges d'huiles essentielles et d'extraits de plantes. Il permet de tester la sensibilité des bactéries à un produit complexe.

Après une phase de mise au point en 2014 et 2015, cette technique a été systématiquement proposée aux cuniculteurs qui venaient aux laboratoires formés à la technique du Phytogramme® pour effectuer un antibiogramme sur une bactérie pathogène de lapin (Boucher et Mauvisseau, 2015).

L'article proposé ici fait le point sur ce retour d'expérience, évalue l'efficacité des produits référencés et étudie la corrélation existant entre la réalisation d'un phytogramme® dans un élevage et l'utilisation quantitative d'antibiotique dans ce même élevage.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Echantillons biologiques

Les phytogrammes® que nous avons pris en compte pour l'étude ont été réalisés dès 2015 et jusqu'en mai 2017 sur les bactéries isolées de 199 élevages souhaitant participer. Les éleveurs apportaient 4 lapins présentant des signes cliniques de staphylococcie et/ou de pasteurellose (jetage, pododermatite, abcès, dyspnée), une autopsie était réalisée et si les lésions confirmaient la maladie, un examen bactériologique sur les organes lésés était mis en œuvre selon les règles de bactériologie systématique définies par le laboratoire accrédité COFRAC.

### 1.2. Produits testés

L'essai a été conduit directement sur des mélanges d'huiles essentielles (produits notés A à F) – tels qu'ils se présentent dans les spécialités finales commercialisées - car l'association de plusieurs huiles essentielles peut modifier les chémotypes de base, certains composants d'une huile essentielle pouvant réagir avec d'autres composants d'une autre huile essentielle pour former des molécules ayant des actions synergiques ou antagonistes, comme pour les antibiotiques (Lequeux et Boutin 2013, Civam Adage 2014). La sélection des produits à tester est issue d'une première étude nous ayant permis de définir quels produits disponibles autorisés sur le marché français étaient les plus actifs sur les staphylocoques et pasteurelles pathogènes chez le lapin (Boucher et Mauvisseau 2015).

### 1.3. Méthode du Phytogramme®

La méthode du phytogramme® a été mise au point par RESALAB en 2014. C'est une méthode de diffusion en milieu gélosé à partir d'un puits de 6mm de diamètre contenant 50 µl de la solution à tester. Le phytogramme® est réalisé à partir d'une souche bactérienne identifiée par un examen bactériologique classique. Chaque souche est mise en suspension dans 3 ml d'eau. La gélose, au préalable creusée du nombre de puits recevant chacune une spécialité différente, est ensuite ensemencée par écouvillonnage croisé à partir de cet inoculum. Chaque puits reçoit ensuite 50 µl de la solution à tester. Les géloses imprégnées et ensemencées sont ensuite incubées à 37°C pendant 24 heures +/- 4h. Le type de gélose peut varier en fonction des différentes bactéries testées. Chaque solution est testée pure et diluée à 50 % afin d'apprécier l'effet de la diminution de la concentration du produit sur la bactérie. La diffusion de l'huile essentielle à partir du puits dans la gélose peut inhiber la pousse de la bactérie en faisant apparaître un halo de diamètre plus ou moins grand. La mesure de ce diamètre est réalisée au moyen d'un pied à coulisse. Lorsqu'il n'y a pas de halo, la pousse de la bactérie n'est pas inhibée et donc le diamètre d'inhibition est de 6mm (diamètre du puits). Plus le

diamètre est important plus l'action inhibitrice du mélange sur la bactérie est élevée.

### 1.4. AntibioGramme

Les antibioGrammes ont également été réalisés sur ces bactéries et l'ensemble des résultats ont été fournis à l'éleveur et au technicien qui le suit.

### 1.5. Exploitation statistique des données

A partir de ces analyses, nous avons cherché à savoir si un éleveur ayant reçu un phytogramme puis des conseils sur l'utilisation de produits antibactériens phytothérapeutiques en plus de son antibioGramme habituel avait tendance à moins utiliser d'antibiotique. Pour cela, nous avons recueilli lorsque cela était possible les prescriptions d'antibiotiques que ses lapins recevaient (via l'eau de boisson, l'aliment ou en injection). A partir de ces données, nous avons calculé les IFTA de tous les élevages sur les années 2015, 2016. L'IFTA est la somme du nombre de jours de traitement sur la période de référence / durée de la période, soit :

$$\text{IFTA} = \frac{\sum (\text{nb de principes actifs utilisés} \times \text{nb jours de traitement})}{\text{durée de la période de référence}}$$

Pour les femelles reproductrices, la période de référence est le cycle de reproduction (IFTAr), tandis que pour les lapereaux en croissance, la période de référence est la durée de vie de l'animal (IFTAc). (Fortun-Lamothe 2011).

Ces données ont été comparées par un test de Student aux valeurs des indicateurs IFTAr et IFTAc nationaux sur 2015, 2016 et aux valeurs des IFTAr et IFTAc obtenus sur les élevages n'ayant pas reçu de phytogramme.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Résultats

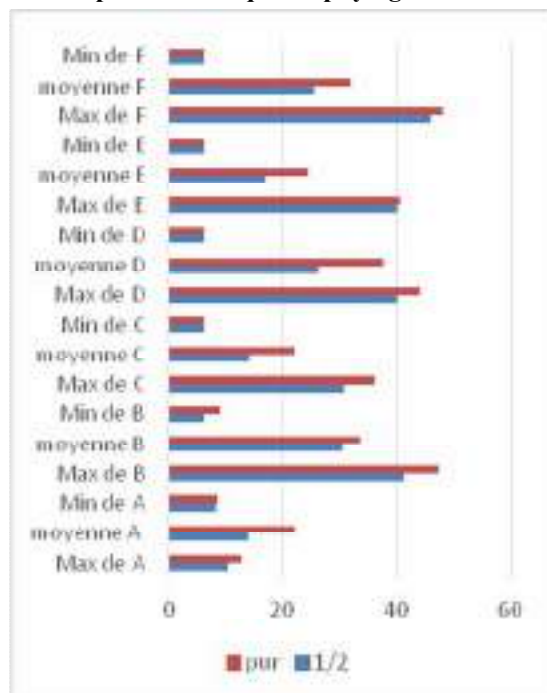
Au total, nous avons réalisé, sur les bactéries isolées de lapins malades, 143 phytogrammes® sur *Staphylococcus aureus*, 158 sur *Pasteurella multocida* (figures 1 et 2). Les six produits (notés A à F) retenus pour l'étude sont en moyenne tous potentiellement actifs sur les bactéries étudiées dans l'échantillon.

On note globalement que les pasteurelles sont plus sensibles aux différents produits que les staphylocoques. Le maximum du diamètre d'inhibition (60 mm) pour une souche de *Pasteurella multocida* est obtenu avec le produit D.

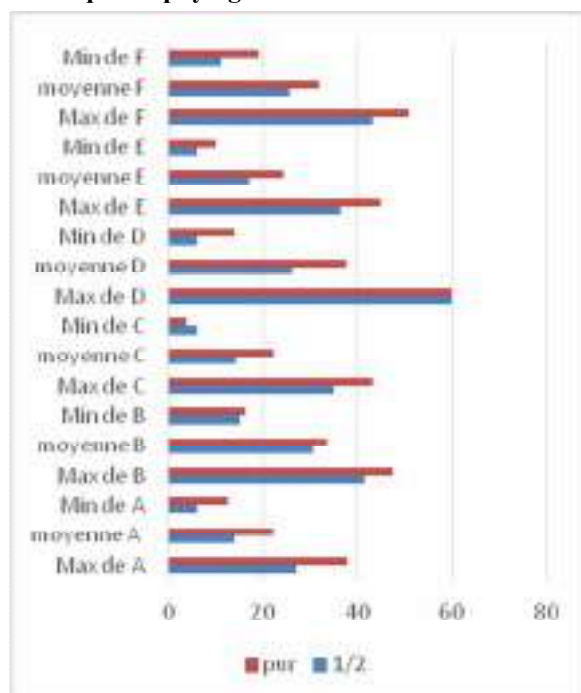
Certaines souches de bactéries semblent résistantes à certains produits dont les minima de diamètre indiquent 6 mm. C'est encore pour les staphylocoques que le score le plus faible est atteint.

Deux produits semblent globalement plus actifs sur les staphylocoques (produit B et F) alors que le produit D est plus actif sur *Pasteurella multocida* (avec une bonne sensibilité pour B et F).

**Figure 1 : minimum, moyenne et maximum du diamètre d'inhibition (en mm) pour *Staphylococcus aureus* pour chacun des produits étudiés par la technique du phytogramme®**



**Figure 2 : minimum, moyenne et maximum du diamètre d'inhibition (en mm) pour *Pasteurella multocida* pour chacun des produits étudiés par la technique du phytogramme®**



En ce qui concerne les IFTAr et IFTAc, le tableau ci-dessous résume les valeurs trouvées :

**Tableau 1 : IFTAr et IFTAc calculés en fonction du groupe d'appartenance des éleveurs (avec ou sans phytogramme® et conseils)**

année	Eleveurs avec phytogramme®		Eleveurs sans phytogramme®		Moyenne nationale	
	IFTAr	IFTAc	IFTAr	IFTAc	IFTAr	IFTAc
2015	0,54	0,32	0,63	0,35	0,72	0,37
2016	0,59	0,27	0,62	0,32	0,72	0,36

On observe que les éleveurs de notre échantillon qui ont reçu la possibilité de traiter avec des produits phytothérapeutiques (présence de phytogramme® et de conseils d'utilisation via la prescription) ont des IFTAr et IFTAc moins élevés que ceux qui n'en ont pas eu la possibilité (tableau 1). Par rapport aux valeurs nationales, ces éleveurs ont également des valeurs d'IFTA moins élevées (Cadudal com. perso).

## 2.2. Discussion

On note que, si un produit est globalement actif sur une espèce de bactérie, certaines souches, comme pour les antibiotiques, sont résistantes à certains produits. Cela confirme l'utilité du phytogramme® pratiqué systématiquement au laboratoire sur les bactéries issues de lapins malades.

Il n'est pas possible de prescrire un produit « universel », même en raisonnant par espèce bactérienne.

L'étude proposée ici évalue l'efficacité de produits référencés mais il faut savoir que ces produits sont issus d'un choix car, au début du référencement, nous avons dû éliminer 80% des produits pourtant proposés sur le marché à cause du manque d'efficacité *in vitro* (Boucher et Mauvisseau, 2015).

Les principaux mélanges utilisés ont été sélectionnés à partir d'huiles essentielles ayant une activité antibactérienne. Ces mélanges, notamment parce qu'ils contiennent aussi des extraits de plantes, peuvent avoir des propriétés thérapeutiques autres telles que les actions détoxifiante, drainante, mucolytique ou encore stimulante de l'immunité qui ajoutent à leur pouvoir curatif (Boucher et Mauvisseau 2015). Le choix du traitement doit être fait en tenant compte aussi des propriétés annexes des huiles essentielles qui peuvent être très importantes dans la guérison de l'animal.

On se rend compte que l'éleveur qui a accès à un phytogramme® et à une prescription possible de produit phytothérapeutique ciblée (et potentiellement efficace) est moins utilisateur de produits antibiotiques qu'un éleveur dont les prescriptions sont plus classiquement orientées vers l'antibiothérapie. A première vue, on pourrait supposer une différence en faveur des éleveurs disposant d'un phytogramme®,

ces derniers ayant des IFTA plus bas que les autres. Cependant, un test de Student montre que ces valeurs IFTAr et IFTAc ne sont pas significativement différentes, que l'éleveur ait eu ou pas accès au phytogramme® ( $p > 0,05$ ).

L'utilisation du phytogramme® s'est généralisée à partir de 2016 sur notre clientèle. Il serait sans doute très intéressant de pouvoir refaire ce type de comparaison en prenant en compte les prescriptions de produits phytothérapeutiques comparativement à 2015 et 2016, l'échantillon plus grand devenant alors peut-être significativement différent.

### Conclusions

La filière souhaite limiter l'usage des antibiotiques et nous avons pensé que, parmi d'autres solutions, l'utilisation des produits à base d'huiles essentielles et d'extraits de plantes pouvait être utile. Pour cela, il fallait encore pouvoir assurer l'efficacité d'un produit sur les bactéries isolées, nombre de traitements phytothérapeutiques supposés actifs dans la littérature n'ayant pas d'activité sur une souche donnée de bactérie. Cela semble se confirmer. L'utilisation du phytogramme® permet non seulement de choisir parmi les produits disponibles sur le marché ceux qui présentent un réel intérêt mais il permet aussi pour un élevage donné de prescrire un produit actif sur les bactéries isolées.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel des laboratoires du réseau RESALAB pour la transmission de leurs données et en particulier Martine Martineau pour son travail de collecte.

### Références

- Belaiche P. « Traité de phytothérapie et d'aromathérapie » Paris Editions Masson 1979.
- Boucher S., Mauvisseau T., 2015. Sensibilité de *Pasteurella multocida* et de *Staphylococcus aureus* isolés sur des lapins de chair (*Oryctolagus cuniculus*) à des solutions phyto-aromathérapeutiques à l'aide de la technique du Phytogramme®. Journées de la Recherche cunicole Le Mans 24 et 25 novembre, 39-42.
- Cadudal F., 2017 (communication personnelle)
- CIVAM ADAGE 2014. « Acte du colloque 24 mars 2014 Agrocampus Ouest-Rennes Retour de 6 années d'expérimentation avec les huiles essentielles sur les bovins ».
- Fortun Lamothe L., Courtadon H., Croisier A., Gidenne T., Combes S., Le Bouquin S., Chauvin C., 2011. L'index de traitement par les antibiotiques (IFTA) : un indicateur de durabilité dans les élevages. 14<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, 22-23 Novembre 2011, 135-138.
- Lequeux G., Boutin M., 2013 « Aromatogramme : Mise en place d'une méthodologie. Résultats préliminaires sur des souches de mammites bovines » Journées Nationales GTV Nantes 2013

## INNOCUITÉ ET EFFICACITÉ DE LA VACCINATION À 2 ET 3 SEMAINES D'ÂGE CONTRE LE VIRUS RHDV2 DE LA MALADIE HÉMORRAGIQUE VIRALE DU LAPIN (VHD)

Le Minor O., Joudou L., Le Moullec T., Beilvert F.  
Laboratoire FILAVIE, la Corbière – 49 450 Roussay-Sèvremoine, France

Correspondant: odile.leminor@filavie.com

**Résumé.** Depuis le printemps 2016, une augmentation de la sévérité des cas de VHD dus au RHDV2 a été constatée, tant dans la faune sauvage qu'en élevage, avec une atteinte de très jeunes lapereaux. La vaccination des lapereaux avant le sevrage présente donc un enjeu important. Afin d'évaluer l'innocuité et l'efficacité d'une vaccination précoce en conditions expérimentales, des lapereaux EOPS de 2 et 3 semaines ont été vaccinés avec un vaccin VHD bivalent contenant les virus inactivés RHDV1 et RHDV2 ; d'autres lapereaux ont été conservés comme témoins. Un suivi complet (état clinique, poids, température, point d'injection) a été réalisé. Sept jours après la vaccination, tous les lapereaux ont été inoculés avec un virus d'épreuve RHDV2. La mortalité a été enregistrée pendant 14 jours ou plus. Les résultats montrent la bonne innocuité générale de la vaccination dès 14 jours d'âge. Suite aux épreuves, des taux de mortalité de 50% (7/14) et 54% (7/13) ont été enregistrés dans les groupes témoins (3 semaines et 4 semaines d'âge respectivement lors de l'épreuve), confirmant la sensibilité élevée des lapereaux EOPS au RHDV2 avant le sevrage. Aucune morbidité ou mortalité n'a été enregistrée au sein des groupes vaccinés ( $p < 0.05$ ), démontrant la mise en place d'une protection rapide et complète.

**Abstract. Safety and efficacy of vaccination against rabbit hemorrhagic disease (RHDV2) at 2 and 3 weeks of age.** Since spring 2016, an increase in the severity of RHD cases due to RHDV2 has been observed, both in wildlife and livestock, with infection of very young rabbits. The vaccination of young rabbits before weaning is therefore a crucial issue. In order to evaluate the safety and efficacy of an early vaccination under experimental conditions, 2 and 3 week-old SPF rabbits were vaccinated with a bivalent RHD vaccine containing RHDV1 and RHDV2 inactivated viruses. Others rabbits were kept as control. A complete follow-up (clinic, weight, temperature, injection site) was achieved. Seven days after vaccination, all the young rabbits were challenged with a virulent RHDV2. Mortality was recorded for 14 days or more. The results showed the general safety of vaccination from 14 days of age. Mortality rate of 50% (7/14) and 54% (7/13) were recorded after challenge in the control groups (3 weeks and 4 weeks of age respectively at challenge time), confirming the high sensitivity of young SPF rabbits to RHDV2. No morbidity or mortality was observed in the vaccinated groups ( $p < 0.05$ ), demonstrating the establishment of a full and early immunity.

### Introduction

La maladie hémorragique virale du lapin (VHD), une hépatite fortement contagieuse et mortelle pour le lapin européen (*Oryctolagus cuniculus*), a été identifiée en France en 1988. L'agent étiologique, le RHDV (Rabbit haemorrhagic disease virus), est un virus de la famille des *Caliciviridae* appartenant au genre *Lagovirus*.

Depuis son identification dans des élevages français et la faune sauvage en 2010, le RHDV2, virus variant de la VHD (Le Gall-Reculé *et al.*, 2013), a largement diffusé en Europe, ainsi qu'en Afrique du Nord, Australie et Canada. Ce nouveau génotype présente un profil antigénique éloigné des virus classiques (RHDV1) et échappe à l'immunité conférée par ces derniers (Le Gall-Reculé *et al.*, 2013 ; Le Minor *et al.*, 2013). Contrairement au RHDV1, il possède une affinité pour tous les types de récepteurs exprimés chez le lapin pouvant expliquer ses fortes capacités de diffusion (Le Gall-Reculé *et al.*, 2015). En quelques années, les virus RHDV2 sont devenus très largement majoritaires au sein de la faune sauvage (Le Gall-

Reculé *et al.*, 2013 ; 2015) ainsi qu'en élevage (Boucher *et al.*, 2015). Depuis 2016, un fort taux de mortalité a été enregistré dans certaines populations de lapins de garenne associé à la présence de jeunes lapereaux morts (Boucher *et al.*, 2016). On assiste également à une augmentation de la sévérité des cas dans de nombreux élevages du grand ouest avec une atteinte des lapereaux dès 2 à 3 semaines d'âge. On estime qu'environ 20% des élevages cunicoles français ont été confrontés à un épisode de VHD au cours de la dernière année, avec un taux de mortalité pouvant atteindre 80% au sein des cheptels non vaccinés. La vaccination des lapereaux avant le sevrage représente donc un véritable enjeu.

L'objectif de cette étude est d'évaluer, en conditions expérimentales, la faisabilité d'une vaccination à 14 et 21 jours d'âge, du point de vue de l'innocuité locale et générale, ainsi que du point de vue de la protection conférée face à une épreuve virulente RHDV2.

## 1. Matériel et Méthode

### 1.1. Protocole expérimental

Six portées de 9 lapereaux de 14 jours ont été incluses dans l'étude, et réparties aléatoirement entre 4 groupes (tableau 1). La moitié des lapereaux des trois premières portées a été immédiatement vaccinée (groupe G1), et l'autre moitié a été conservée comme groupe témoin (G2). L'ensemble de ces lapereaux a été éprouvé à 21 jours d'âge (épreuve E1). Les lapereaux des trois portées restantes ont été, soit vaccinés à 21 jours d'âge (G3), soit conservés comme témoins (G4), puis éprouvés à 28 jours d'âge (E2). Le projet a été évalué par un comité d'éthique et autorisé par le M.E.N.E.S.R.

**Tableau 1. Protocole expérimental.**

Groupes	N	Vaccination RHDV1+RHDV2	Epreuve RHDV2
G1	13	14 jours d'âge	21 jours d'âge (E1)
G2	14	-	21 jours d'âge (E1)
G3	14	21 jours d'âge	28 jours d'âge (E2)
G4	13	placébo (eau)	28 jours d'âge (E2)

### 1.2. Animaux

Les lapins (néo-zélandais) sont de statut EOPS (exempt d'organismes pathogènes spécifiés). Chaque mère est installée avec sa portée dans un isolateur équipé d'une boîte à nid, avec eau et aliment *ad libitum* (Moissons du clos, Bellané).

### 1.3. Vaccination

FILAVAC VHD K C+V (Filavie) est un vaccin inactivé adjuvé avec de l'hydroxyde d'aluminium, contenant les virus RHDV1 (souche « IM507.SC ») et RHDV2 (souche « LP.SV ») isolés dans des élevages français, respectivement en 2011 et 2012.

Les lapereaux ont été inoculés avec une dose de vaccin (0,2ml) par voie sous-cutanée entre les épaules (G1 et G3). Les lapereaux n'étant pas sevrés lors de la réalisation des épreuves, les mères ont également été vaccinées 7 jours avant l'épreuve afin de ne pas en biaiser l'évaluation.

### 1.4-Epreuve virulente RHDV2

La souche virale « CH5801.SV » a été isolée en 2012 à partir d'un lapin malade (Vendée) puis amplifiée sur lapins EOPS. La suspension virale d'épreuve est constituée du surnageant de broyat de foies prélevés sur ces lapins infectés. L'inoculum d'épreuve a été calibré lors d'essais antérieurs sur des animaux EOPS âgés de 10 semaines ou plus. Les taux de mortalité observés pour cette même dose d'épreuve varient entre 30% et 70%, avec un pic de mortalité compris entre 2 et 4 jours post-inoculation. Cet inoculum a été injecté dans les muscles de la cuisse des lapereaux (G1 à G4).

### 1.5. Suivi post-vaccinal

L'ensemble des animaux a fait l'objet d'un suivi clinique quotidien, ainsi que d'un examen quotidien (visuel et palpation) du point vaccinal entre 2 à 7 jours après inoculation, puis après 2 et 3 semaines. En fin d'essai, les lésions internes macroscopiques ont également été relevées au point d'injection.

Les lapereaux ont été pesés à 21 jours d'âge (G1 à G4) ainsi qu'à 28 jours (G3 et G4).

Pour les groupes G3 et G4, la température rectale a été relevée juste avant et les quatre jours suivant la vaccination, toujours au même moment de la journée. Les animaux témoins (G4) ont été inoculés avec de l'eau ppi, afin d'induire un stress identique à l'acte vaccinal. Au niveau individuel, l'augmentation maximale de température a été définie comme la différence entre la température avant vaccination et la température maximale enregistrée après vaccination. Le suivi n'a pas été effectué sur les lapereaux de 2 semaines d'âge en raison du caractère invasif de ce relevé.

### 1.6. Suivi post-épreuve

Un suivi post-épreuve de 14 jours (E2) et 21 jours (E1) a été effectué. L'état clinique a été évalué quotidiennement. Les animaux ayant atteint les points limites, ainsi que les animaux survivants en fin d'essai, ont été euthanasiés éthiquement par l'injection intraveineuse de pentobarbital sodique. Une autopsie a été effectuée systématiquement afin de rechercher les lésions caractéristiques de la VHD.

### 1.7-Analyses statistiques

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel Stata® 10.0 pour Windows®. Des tests bilatéraux ont été réalisés, avec un seuil de significativité statistique fixé de 0,05 (5%). Les poids moyens ont été comparés à l'aide du test de Student, après vérification de la normalité de la distribution et de l'homoscédasticité. Les taux de mortalité ont été comparés avec le test exact de Fisher.

## 2. Résultats

### 1.1. Evaluation de l'innocuité

#### 1.1.1. Clinique

Aucun signe clinique n'a été observé pendant les 7 jours suivant la vaccination à 14 et 21 jours d'âge. L'ensemble des animaux est resté en bonne santé jusqu'à l'épreuve.

#### 1.1.2. Température rectale

Les températures rectales relevées lors du suivi étaient comprises entre 38,3°C et 39,4°C dans le groupe vacciné à 21 jours d'âge (G3) et entre 38,2°C et 39,3°C dans le groupe témoin (G4). L'augmentation maximale individuelle était de +0,9°C dans les deux groupes, avec une augmentation moyenne de +0,4°C et +0,2°C, dans le groupe G3 et G4 respectivement. L'évolution de la température moyenne dans chacun des groupes est illustrée dans la figure 1.

#### 1.1.3. Poids

Une semaine après la vaccination à 14 jours d'âge, le poids moyen des animaux vaccinés (G1) n'était pas statistiquement différent de celui des animaux non vaccinés (G2 à G4) (tableau 2). Juste avant vaccination à 21 jours d'âge, les groupes G3 et G4 présentaient des poids moyens comparables, permettant de confirmer la bonne randomisation initiale. Après 7 jours, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux groupes (tableau 3).



### 1.1.4. Point d'injection vaccinal

Deux jours après la vaccination et jusqu'à la fin du suivi (3 semaines post-vaccination pour G1, 2 semaines pour G3), aucune lésion locale externe n'a pu être observée au point d'injection. En revanche, un petit

nodule (assimilable à grain de riz) était palpable sur l'ensemble des animaux. Lors de l'autopsie, un petit nodule bien délimité, de consistance ferme, adhérent au tissu sous-cutané (diamètre compris entre 2 et 5 mm) a été observé sur l'ensemble des animaux.

Figure 1. Evolution de la température rectale après vaccination dans les groupes G3 et G4.

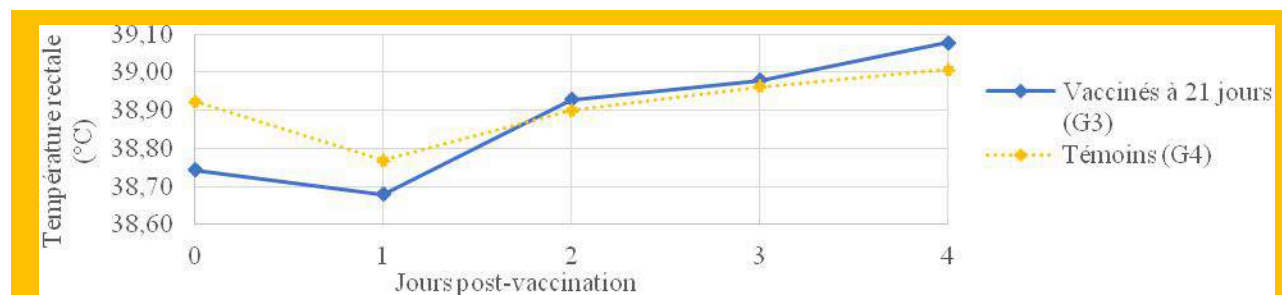


Tableau 2. Comparaison des poids moyens après une vaccination à 14 jours d'âge.

Groupe		Vacciné à 14 jours d'âge (G1)	Non vacciné (G2 à G4)	Test de student (P-value)
Effectif		13	41	
Poids à 21 jours d'âge	Moyenne (g)	319,7	292,6	0,07
	Ecart-type	11,5	7,2	

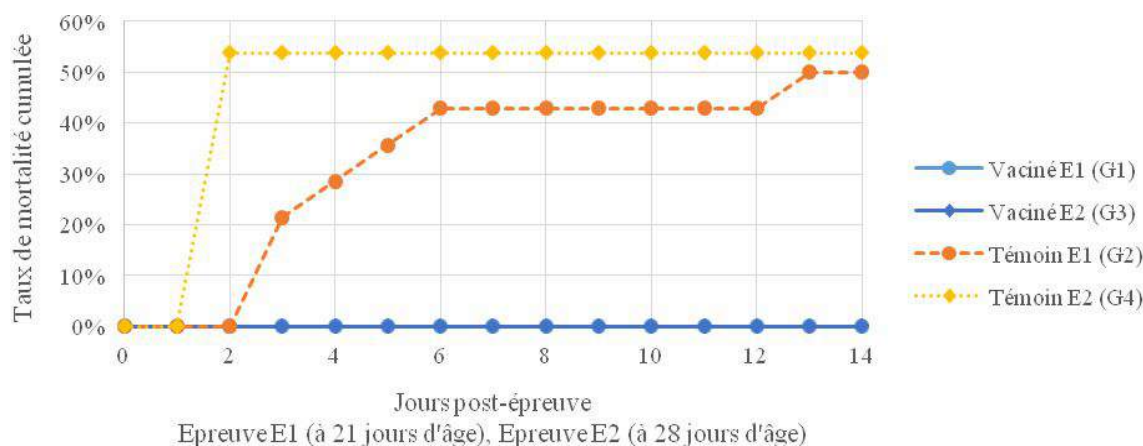
Tableau 3. Comparaison des poids moyens après une vaccination à 21 jours d'âge.

		Vacciné à 21 jours d'âge (G3)	Non vacciné (G4)	Test de student (p-value)
Effectif		14	13	
Poids à 21 jours d'âge	Moyenne (g)	293,6	279,4	0,46
	Ecart-type	12,9	10,8	
Poids à 28 jours d'âge	Moyenne (g)	457,6	432,5	0,25
	Ecart-type	13,6	16,7	

Tableau 4. Comparaison des taux de mortalité après épreuves.

Groupes	Vaccination (J0) RHDV1+RHDV2	Epreuve (J7) RHDV2	Taux de mortalité (J7-J21/J28)	Test de Fisher (p-value)
G1	14 jours	E1	0% (0/13)	0,006
G2	-	E1	50% (7/14)	
G3	21 jours	E2	0% (0/14)	0,002
G4	-	E2	54% (7/13)	

Figure 2. Evolution de la mortalité cumulée après épreuves.



## 1.2. Evaluation de l'efficacité de la vaccination

### 1.2.1. Epreuve virulente

Suite aux épreuves E1 et E2, des taux de mortalité comparables, de respectivement 50% (G2) et 54% (G4), ont été enregistrés. Lors de l'épreuve E1, à 21 jours d'âge, la mortalité était étalée jusqu'à 13 jours post-épreuve, à l'inverse elle était concentrée sur le 2<sup>ème</sup> jour post-épreuve pour les animaux éprouvés à 28 jours d'âge (figure 2).

Des lésions macroscopiques caractéristiques de la VHD ont été relevées chez l'ensemble des lapereaux morts (ou euthanasiés suite à l'identification des points limites).

### 1.2.2. Protection clinique

Aucune altération de l'état clinique des animaux vaccinés à 14 ou 21 jours d'âge n'a été observée suite aux épreuves virulentes. De même, aucune lésion macroscopique compatible avec une infection VHD n'a été mise en évidence lors de l'autopsie en fin d'essai.

Le test de Fisher met en évidence une différence statistiquement significative entre le taux de mortalité des témoins et celui des vaccinés, après chaque épreuve (tableau 4).

## 2. Discussion

Le premier objectif de notre étude était d'évaluer l'efficacité d'une vaccination précoce sur des lapereaux EOPS de 14 et 21 jours d'âge face à une épreuve virulente RHDV2 réalisée 7 jours après.

La réalisation d'épreuves à 21 et 28 jours d'âge, nous a permis de confirmer la sensibilité élevée des lapereaux non sevrés en conditions expérimentales (taux de mortalité de respectivement 50% et 54%). La mortalité a été plus étalée dans le temps chez les plus jeunes, avec un mort tardif observé 13 jours post-épreuve. Ceci pourrait traduire une augmentation de la sensibilité avec l'âge, comme cela est décrit pour le RHDV1 entre 4 et 10 semaines. Néanmoins, même si elles restent rares, des formes plus chroniques évoluant sur une dizaine de jours ont déjà été décrites lors d'essais sur des animaux plus âgés (Le Minor *et al.*, 2013). Les lapereaux vaccinés n'ont présenté aucun signe clinique suite aux épreuves, et l'autopsie n'a pas mis en évidence de lésions en fin d'essai. Cet essai permet de démontrer que, dès 14 jours d'âge, la vaccination permet d'induire une protection complète. La mise en place de cette immunité est rapide (7 jours étudiés dans cet essai, mais peut-être inférieure). Cependant, l'impact des anticorps d'origine maternelle sur cette vaccination avant le sevrage n'a pu être étudié puisque l'essai a été réalisé sur des lapereaux EOPS dépourvus d'anticorps dirigés contre les virus de la VHD. Des essais sur animaux conventionnels sont nécessaires pour évaluer l'interférence des anticorps en fonction du niveau transmis par la mère.

Le second objectif de cette étude était de recueillir des données sur l'innocuité de cette vaccination au jeune âge.

L'absence de signe clinique dans la semaine suivant la vaccination à 14 et 21 jours d'âge, ainsi que la croissance pondérale satisfaisante des animaux montrent la bonne tolérance générale d'une vaccination précoce. Ceci est confirmé par le suivi de la température rectale, effectué après une vaccination à 21 jours d'âge. En effet les résultats ont mis en évidence une augmentation individuelle maximale de +0,9°C, identique à celle du groupe témoin, et inférieure à la limite de +2°C fixée par la Pharmacopée Européenne (Phar. Eur., 2017). De même l'augmentation moyenne est restée faible (0,4°C < 1,5°C Phar. Eur.). Comme lors d'une vaccination à 4 semaines, des nodules sous-cutanés discrets (2 à 5 mm) sont visibles un mois après la vaccination. Ces observations sont habituelles après l'injection d'un vaccin adjuvé en hydroxyde d'aluminium, et comme démontrée, reste sans impact sur l'état général.

## Conclusion

L'apparition fréquente de cas de VHD à RHDV2 sur des lapereaux dès leurs premières semaines de vie soulève la question d'une vaccination précoce avant le sevrage. Notre étude montre qu'en conditions expérimentales une protection rapide et complète est obtenue dès 14 jours d'âge, avec une bonne innocuité générale.

## Remerciements

A Margaret Sourice et Rémi Mellet pour leur importante contribution à cette étude.

## Références

- Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Minor O., 2016. Questions d'actualité sur la VHD à virus variant RHDV2. *Journée nationale sur l'élevage du lapin de chair*, 16 Nov. 2016, Pacé, France.
- Boucher S., Rubeaux D., Le Gall-Reculé G., Rigaudeau A., 2015. Cartographie des cas de VHD à RHDV2 (virus variant 2010) à partir des virus isolés depuis 2010 de lapins domestiques en France métropolitaine, sur l'île de la Réunion et en Espagne à l'aide d'une technique de RT-PCR temps réel. *Compte-rendu des 16<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 24-25 nov. 2015, Le Mans, France; 25-28.
- Le Gall-Reculé G., Lavazza A., Marchandeu S., Bertagnoli S., Zwingelstein F., Cavadini P., Martinelli N., Lombardi G., Guerin J.L., Lemaitre E., Decors A., Boucher S., Le Normand B., Capucci L., 2013. Emergence of a new lagovirus related to rabbit haemorrhagic disease virus. *Vet. Res.*, 44:81.
- Le Gall-Reculé G., Le Pendu J., Lemaitre E., Le Moullac-Vaidye B., Decors A., Beauté V., Faure E., Marchandeu S., 2015. Le nouveau virus de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD) : situation du RHDV2 en Europe et étude de la sensibilité des lapins à ce virus. *Compte-rendu des 16<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 24-25 nov. 2015, Le Mans, France. 21-24.
- Le Minor O., Beilvert F., Le Moullac T., Mellet R., Djadour D., Martineau J., 2013. Evaluation de l'efficacité d'un nouveau vaccin contre le virus variant de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD). *Compte-rendu des 15<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 19-20 nov. 2013, Le Mans, France. 241-244.
- PHARMACOPEE EUROPEENNE. Monographie 2325 : Vaccin inactivé de la maladie hémorragique du lapin. 01/2017. Version 9.0.

## ÉTUDE DE LA DOULEUR À L'INJECTION D'UN VACCIN HUILEUX CHEZ LE LAPIN

**Le Normand B.<sup>1</sup>, Chatellier S.<sup>1</sup>, De Cleer J.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *VeLVet, 47 bd Leclerc, 35460 St Brice en Cogles*

<sup>2</sup> *HIPRA France, 7 rue R. Garros, Bât H du Parc Bois Cesbron, 44700 Orvault*

Correspondant : b.lenormand@reseaucristal.fr

**Résumé** – Les études concernant le bien-être animal sont nécessaires à toutes les étapes de l'élevage, et jusqu'à l'abattage. L'injection d'un médicament huileux est de nature à pouvoir générer des réactions douloureuses ; celles-ci sont évaluées sur 40 lapins injectés avec Eravac® et 40 lapins injectés avec du sérum physiologique (témoins) par notation de réactions comportementales et thermographie infra-rouge de la cornée. Cinq animaux témoins ont une réaction d'échappement lors de l'injection et aucun n'a de réaction locale de la zone injectée. Deux animaux injectés avec le vaccin ont une réaction d'échappement lors de l'injection et trois une réaction de prurit inférieur à 5 secondes après injection.

**Abstract – Pain study after oil vaccine injection of rabbits.** Animal welfare studies are needed at all stages of livestock production, up to slaughter. The injection of an oily drug is capable of generating painful reactions. These are evaluated on 40 rabbits injected with Eravac® and 40 rabbits injected with physiological serum (controls) by notation of behavioral reactions and infrared thermography of the cornea. Five control animals have an exhaust reaction during injection. None have local reaction of the injected area. Two animals injected with the vaccine have an exhaust reaction upon injection and three have a pruritus reaction less than 5 seconds after injection.

### **Introduction**

L'élevage du lapin nécessite des mesures prophylactiques vaccinales qui s'appliquent par voie injectable. Certains vaccins à agent inactivé ou auto-vaccins sont fabriqués avec un adjuvant huileux destiné à stimuler l'immunité de l'animal.

L'approche de la douleur à l'injection d'un vaccin huileux chez le lapin répond aux demandes des éleveurs qui souhaitent immuniser efficacement les animaux sans conséquences délétères ; elle répond également aux attentes sociétales de prise en compte systématiques du bien-être de l'animal (BEA) dans toutes les étapes de l'élevage, de la naissance à l'abattage. Le bien-être est une notion qui peut être approchée par des critères zootechniques, éthologiques ou neuro-biologiques, dont la plupart ne font pas encore l'objet d'une détermination précise qui pourrait conduire à une mesure objective du BEA chez le lapin. La douleur est un phénomène complexe et difficile à objectiver sur une espèce qui constitue une proie (masquage de la douleur).

Dans cette étude, nous avons donc choisi d'associer des critères comportementaux à la thermographie infra-rouge pour évaluer la douleur de l'animal suite à l'injection d'un vaccin huileux. La thermographie infra rouge représente une méthode non invasive

de mesure des radiations infra rouges émises par les animaux pour en détecter les variations de température corporelle (Mc Cafferty, 2007) et notamment de la température cornéenne d'animaux soumis à un stress et à une douleur (Rafel, 2012 ; Stewart (2008).

### **1. Matériel et méthodes**

Dans un élevage naisseur-engraisseur, 80 lapins, chacun âgé de 10 semaines, sont logés depuis 48 h en cages individuelles.

Les 80 lapins sont répartis en 2 lots de 40 :

- Lot T : injection de 0,5 ml/animal de sérum physiologique (NaCl 0,9%)
- Lot E : injection de 0,5 ml/animal du vaccin ERAVAC® (vaccin contenant une souche de RHDV2 en adjuvant huileux)

Les injections sont effectuées par voie sous-cutanée en région inter scapulaire avec une seringue automatique TU-VAC-MASTER de 0,5 ml et une aiguille UU 21G 0,8\*16 à usage unique changée tous les 4 animaux pour se rapprocher des conditions d'injection en élevage. Juste avant l'injection du produit, l'animal est sorti de sa cage et photographié à

l'aide d'une caméra infra-rouge FLIR B50 à 50 cm de la cornée. L'injection est réalisée puis immédiatement après, une deuxième image thermographique de la cornée est réalisée. Pour chaque animal, c'est un même opérateur qui tient l'animal et un autre même opérateur qui réalise les opérations de vaccination et de thermographie.

La température de la salle est relevée (17°C).

La notation de la réaction générale à la douleur et celle de l'irritation locale sont mesurées à l'aide des grilles suivantes :-

*Note de réaction générale :*

0 aucune réaction

1 réaction d'évitement ou d'échappement durant l'injection

2 vocalises, morsure de l'opérateur, saut brusque (réaction d'échappement)

- *Note de réaction locale :*

0 aucune réaction

1 prurit peu intense <5s, secouement des oreilles <5s, échappement à la palpation de la zone injectée

2 prurit et secouement des oreilles intenses >5s, vocalises et douleur manifeste à la palpation de la zone injectée

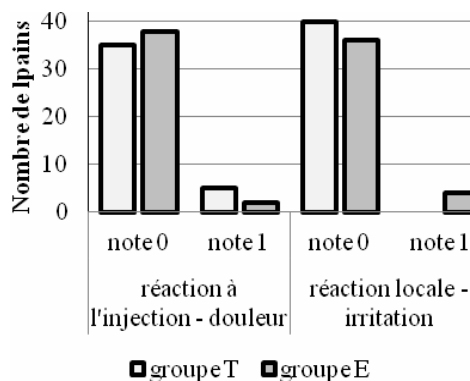
De plus, la réaction inflammatoire locale immédiate est évaluée par notation de la réaction de l'animal à la palpation de la zone injectée.

## 2. Résultats et discussion

Dans le groupe T, sur 40 animaux, 5 ont une réaction d'échappement lors de l'injection (note 1), et aucun n'a de réaction juste après l'injection (note 0). Dans le groupe E, sur 40 animaux, 2 ont une réaction d'échappement lors de l'injection (note 1) et 3 ont une réaction d'irritation modérée (note 1) juste après injection (secouement des oreilles et prurit momentané). Ceci pourrait être rapporté à la nature huileuse du produit. Cependant, cette irritation est restée à l'échelle modérée en termes d'évaluation comportementale extérieure.

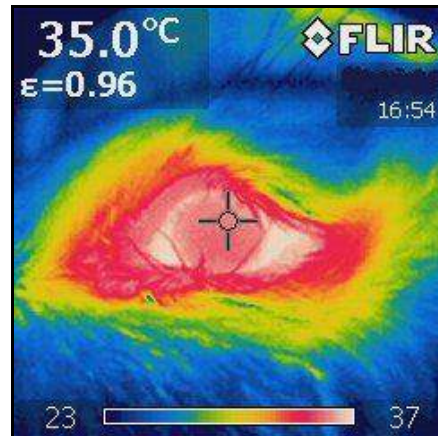
Aucun des 80 lapins injectés n'a présenté de réaction à la palpation de la zone d'injection.

**Figure 1 : Réaction comportementale à l'injection du vaccin huileux**



L'étude des images de thermographie infra-rouge (thermogrammes) montrent qu'avant injection, les températures cornéennes sont bien homogènes dans et entre les deux groupes : 35,10 °C pour le groupe E (coefficient de variation de 1,44%) et 35,01 °C pour le groupe T (coefficient de variation de 1,35%).

**Figure 2 : Image infra rouge de la région oculaire d'un lapin**



Les valeurs de températures cornéennes relevées sont cohérentes avec de précédentes études : Ludwig et al (2007) relève une température de l'œil (bulbe oculaire et pupille) de 35,6°C sur des animaux de 35 jours et Rafel et al (2012) relève des températures cornéennes de 36 et de 37 °C (pour des animaux maintenus dans des températures de salle de 25 et 28 °C), et dans une autre étude, il relève une température de l'œil de 35 °C avant l'application d'un stress thermique (températures de salles entre 28 et 34 °C). Les différences de valeurs de température oculaires entre notre présente étude et les études précédemment citées peuvent être dues aux différences de température ambiante des salles occupées par les animaux (17 °C dans le cadre de notre étude), mais aussi aux caractéristiques différentes (comme la sensibilité thermique) compte tenu des différents modèles des caméras thermiques utilisées entre les études.

Après injection, les températures cornéennes restent bien homogènes dans et entre les groupes : 35,00 °C pour le groupe E (coefficient de variation de 1,81%) et 34,93 °C pour le groupe T (coefficient de variation de 1,45%)

Les différences de températures cornéennes, avant et après injection, sont similaires dans chaque groupe : - 0,10 °C pour le groupe E et -0,08 °C pour le groupe T.

Lors de précédents travaux (Le Normand, 2016), nous avons montré qu'une douleur forte à très forte (tatouage auriculaire à la pince dermatographique) fait augmenter brutalement la température cornéenne (variation de 7 °C entre le moment juste avant et le moment juste après le tatouage) ; ce phénomène est lié aux réactions neuro-hormonales lors d'une douleur

aiguë. Ce résultat est cohérent avec l'observation de Stewart (2008) d'une augmentation de la température cornéenne du veau après castration en l'absence d'une anesthésie. Cependant, le manque d'étude de la douleur chez le lapin à l'aide de la thermographie ne nous permet pas à ce jour de statuer avec certitude sur la sensibilité de cette méthode spécifiquement pour l'espèce lapin. Dans cette présente étude, l'injection d'un produit fluide ou huileux n'induit pas d'augmentation de la température cornéenne. D'autre part, les critères comportementaux semblent montrer une légère irritation avec le vaccin huileux. Ainsi, la douleur à l'injection du vaccin huileux pour l'animal, sur la base des critères comportementaux et biologiques, semble peu différente de celle du sérum physiologique, et la thermographie infra-rouge confirme l'absence de douleur forte liée à ces injections.

### Conclusion

L'injection du vaccin huileux Eravac® à la dose de 0,5 ml, si elle respecte les bonnes pratiques d'administration des solutés injectables, ne provoque pas de douleur aiguë forte lors de l'injection, et provoque une irritation considérée comme légère et traduite par quelques comportements de grattage par l'animal de la zone injectée, cette réaction étant très limitée dans le temps (moins de 5 secondes).

La thermographie infra-rouge est un outil d'étude de la douleur chez le lapin qui mérite d'être plus étudié

pour pouvoir éventuellement déterminer des grilles d'évaluations permettant une gradation fine de la réaction douloureuse. L'utilisation de cet outil s'est révélée intéressante pour la mesure d'une douleur aiguë forte liée au tatouage auriculaire, mais ne semble pas discriminante pour des douleurs modérées.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'éleveur pour la mise à disposition de son élevage.

### Références

- Le Normand B., Chatellier S., 2016. Utilisation de la thermographie infra rouge chez le lapin, relation avec la température rectale et les facteurs de stress/douleur. Journée Nationale ITAVI lapin de chair.
- Ludwig N., Gargano M., Luzi F., Carezzi C., Verga M., 2007. Technical note : application of infrared thermography as a non invasive measurement of stress in rabbit. *World Rabbit Science*, 15, 199-206.
- McCafferty, D.J., 2007. The value of infrared thermography for research on mammals: previous applications and future directions. *Mammal Review* 37 (3), 207–223.
- Rafel O., De Lima V., Piles M., Velarde A., Ramon J., Lopez Bejar M., Dalmas A., 2012. Use of infrared thermography to assess heat stress in rabbits. 10<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, 1081-1085.
- Stewart, M., Stafford, K.J., Dowling, S.K., Schaefer, A.L., Webster, J.R., 2008. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol. Behav.* 93, 789-797.



## EFFET DE L'UTILISATION D'ACIDES ORGANIQUES EN SOLUTION BUVABLE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET LA MORTALITÉ DE LAPINS EN ENGRAISSEMENT

Gohier C.<sup>1\*</sup>, Menini F.X.<sup>1</sup>, Salaün J.M.<sup>1</sup>, Bourdillon A.<sup>1</sup>, Perdriau A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MiXscience, Centre d'affaires Odyssée, ZAC Cicé Blossac, 35172 Bruz Cedex, France

<sup>2</sup> Sanders Ouest, Le Pont d'Étrelles, 35370 Étrelles, France

\*Correspondant : charly.gohier@mixscience.eu

**Résumé** – Dans un contexte de réduction de l'utilisation d'antibiotiques, il devient nécessaire de trouver des solutions alternatives efficaces pour lutter contre les microorganismes pouvant être à l'origine de troubles digestifs chez les lapins. Cette étude vise donc à étudier les effets liés à l'ajout d'un acidifiant dans l'eau de boisson sur les performances de croissance et sanitaires de lapins en engraissement. En effet, les acidifiants sont reconnus en nutrition animale notamment pour leurs capacités à réduire la présence d'agents pathogènes dans le tractus digestif. Cet essai a été mené sur deux périodes successives dans le même élevage commercial au cours desquelles deux lots ont été formés : un lot essai (AC) buvant une eau acidifiée avec un mélange d'acide propionique et d'acide formique apporté à hauteur de 0.1% et un lot témoin (T) sans acidifiant dans l'eau de boisson. Au cours de la première période, chaque lot était composé de 1 330 lapins avec un suivi particulier de l'évolution des performances de croissance de 180 lapins. Au cours de la seconde période, chaque lot était composé de 2 730 lapins, avec un simple suivi des mortalités. Au cours de l'ensemble des deux essais, le lot AC a eu moins de pertes (Période 1 : 7.4% vs 9.3%,  $P = 0.07$  ; Période 2 : 9.9% vs 13.7%,  $p < 0.001$ ). Concernant les résultats d'engraissement sur la première période, les lapins du lot AC ont eu tendance à avoir de meilleures performances de croissance (Poids vif à 74 jours : +54g,  $P = 0.062$ ). Toutefois, il est important de souligner que les consommations d'aliment n'ont pas été relevées. De part ces résultats, cette étude a démontré l'intérêt de l'utilisation d'un acidifiant dans l'eau de boisson de lapins notamment pour réduire les mortalités.

### Abstract – Effect of an organic acids drinking solution on fattening rabbit performances

Solutions have to be found in order to reduce the use of antibiotics against digestive disorders due to pathogens microorganisms in fattening rabbits. This study aimed at assessing the effects of organic acids used in drinking water on rabbits performances as it is widely recognized that organic acids can have an action against pathogens in the digestive tract. This trial was set up during two successive periods on the same standard farm. Rabbits were divided into two groups: rabbits of the 1<sup>st</sup> group were supplemented with a blend of organic acids (formic acid and propionic acid) diluted in drinking water at 0.1% and rabbits of the 2<sup>nd</sup> were not supplemented. During the first period, each group was composed of 1 330 rabbits and the growing performances of 180 of them were followed. During the second period, each group was composed of 2 730 rabbits, only the mortality evolution was observed. During both periods, the 1<sup>st</sup> group had a lower mortality rate (1<sup>st</sup> period : 7.4% vs 9.3%,  $P = 0.07$ ; 2<sup>nd</sup> period : 9.9% vs 13.7%,  $P < 0.001$ ). Growing performances during the 1st period were better in the 1st group (body weight at 74 days of age: +54g,  $P = 0.062$ ). However it is important to highlight the fact that feed consumptions were not registered. According to these results it can be concluded that the use of organic acids in drinking water can help to reduce mortalities.

### Introduction

Les acides organiques sont couramment utilisés chez les monogastriques. Leurs effets sur l'amélioration des performances de croissance ont souvent été démontrés notamment en porc et en volaille. On leur confère différents mécanismes permettant d'améliorer entre autres l'appétence, l'efficacité alimentaire et l'absorption minérale (Papatsiros et Christodoulouopoulos, 2011). Par ailleurs, les acides organiques sont également reconnus en nutrition animale pour leur activité antimicrobienne permettant

de lutter contre les agents pathogènes à l'origine de pathologies digestives (Castrovilli, 1991; Cardinali *et al.*, 2008). Cette allégation semble pleinement trouver son intérêt en élevage de lapins étant donné que les troubles digestifs représentent la majorité des causes de morbidité et sont à l'origine de l'essentiel des pertes par mortalité (Licois, 1992). Les bienfaits liés aux acides organiques sont amplement documentés pour diverses espèces, mais les études réalisées en élevage cunicole donnent lieu à des résultats contrastés bien que certaines laissent présager un

intérêt à l'utilisation des acides organiques. Le type d'acide utilisé a une influence majeure sur la réponse zootechnique engendrée (Papatsiros et Christodouloupoulos, 2011). C'est pourquoi, l'objectif de cet essai est d'évaluer l'effet d'une supplémentation d'acide formique et d'acide propionique dans l'eau de boisson de lapins en engraissement dont l'utilisation est à ce jour peu documentée pour cette espèce.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

L'essai a été réalisé sur deux périodes successives dans un élevage commercial conduit en tout plein-tout vide (cycle de 42j) sur des lapereaux de souche Hycole, sevrés à 35 jours.

Au cours de la première période, 2 660 lapereaux ont été répartis en deux lots. Un lot (AC) avait accès à une eau supplémentée avec un mélange d'acide formique (34% de matière active) et d'acide propionique (34% de matière active) dosé à 1 ‰ pendant la période d'essai. L'autre lot (T), faisant office de témoin, ne reçut aucune supplémentation dans l'eau de boisson. Parmi l'ensemble des lapereaux, 360 lapereaux ont été répartis en 2 lots homogènes de 30 cages de 6 lapereaux (allotement en fonction du poids individuel et du rang de portée de la mère) de manière à réaliser un suivi des performances de croissance. L'essai a eu lieu de 43 à 74 jours d'âge.

Au cours de la seconde période, 5 460 lapereaux ont été répartis en deux lots (AC) et (T) (modalités identiques à la période précédente) en veillant à inverser la répartition des cages par rapport à la bande précédente. L'essai s'est déroulé de 35 à 72 jours d'âge.

Les lapereaux reçurent à chaque période le même aliment croissance de 35 à 50 jours d'âge puis le même aliment finition de 51 jours jusqu'à la fin de la période d'engraissement (Tableau 1). La distribution s'est faite selon la méthode Duréfix (méthode de rationnement par la durée). Les aliments et l'eau ne contenaient pas d'antibiotique sur l'ensemble des 2 essais.

**Tableau 1: Composition chimique des aliments.**

% brut	Croissance	Finition
ED (kcal/kg) <sup>1</sup>	2259	2420
Mat. Grasses.%	3,0	3,3
Cellulose Br.%	17,9	15,1
Protéine brute%	16,1	16,5
Humidité%	11,5	11,1

1: Energie digestible calculée

### 1.2. Mesures

#### 1.2.1. Première période

Les 360 lapereaux ont été pesés collectivement par cage à 43, 58 et 74 jours d'âge. Les conditions de mise en place de l'essai ne permettaient pas de

réaliser un suivi des consommations d'aliments et d'eau. La mortalité était notée chaque jour pour les 2 660 lapereaux, les causes n'ont pas été détaillées.

#### 1.2.2. Deuxième période

Au cours de cette 2<sup>nde</sup> période, un simple suivi quotidien de la mortalité des 5 460 lapereaux a été réalisé en identifiant la cause. Comme pour la première période, il n'y a pas eu de relevé des consommations.

### 1.3. Analyses statistiques

Les résultats de croissance relevés en première période ont été soumis à l'analyse de variance avec le poids à la mise en lot en covariable selon la procédure GLM du logiciel SPSS (version 18.0). Pour les deux périodes, les taux de mortalité ont été comparés avec le test de chi-deux.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Croissance

Le poids moyen des lapereaux lors de la mise en lot au cours de la première période n'était pas significativement différent entre les deux lots (1 460g ±108g pour le lot AC et 1 461g ±106g pour le lot T). Les lapereaux du lot AC ont eu une meilleure croissance sur la période allant de 43 à 58 jours d'âge (Tableau 2). A 58 jours, ces derniers pesaient 2 106g (±151g), soit 54g de plus que les lapereaux du lot T (2 052g±150). En fin d'engraissement, la croissance des deux lots était identique. Les lapins du lot AC ont donc conservé leur avantage de poids jusqu'à 74 jours d'âge (2 743g ±195g en moyenne pour le lot AC, 2 689g ±196g pour le lot T). Il faut néanmoins retenir que les consommations n'ont pas été mesurées, il serait fortuit de relier directement l'amélioration des performances de croissance du lot AC à l'effet du mélange d'acides organiques dans l'eau de boisson. Toutefois, certaines études ont mis en avant une amélioration du GMQ des lapins avec l'utilisation d'acides organiques tels que l'acide fumarique (Castrovilli, 1991; Zi Lin *et al.*, 1996 et Huilar *et al.*, 1996), l'acide malique ou encore l'acide citrique (El Kerdawy, 1996). Cependant, la littérature scientifique contient également de nombreuses études n'ayant pas démontré l'efficacité de l'apport d'acides organiques dans la ration tels que l'acide fumarique (Hollister *et al.*, 1990 et Scapinello *et al.*, 1998) l'acide acétique (Scapinello *et al.*, 1998), l'acide citrique (Tawfeek *et al.*, 1994) ou encore l'acide caprylique (Skriveranova et Marounek, 2002). Une étude réalisée en porc (Mosenthin *et al.*, 1992) a mis en avant une



amélioration de la digestibilité de certains nutriments avec une supplémentation en acide propionique ce qui laisse penser que le mélange utilisé dans le cadre de

notre étude pourrait avoir influencé les résultats observés.

**Tableau 2 : Performances de croissance des lapins sur la première période.**

	Lot		CVr%	Pr > F
	T	AC		Lot
<i>Période 1</i>				
<i>GMQ (en g/j/lapin)</i>				
de 43 à 58 jours	39,4 <sup>a</sup>	42,9 <sup>b</sup>	12,0	<0,05
de 58 à 74 jours	42,5 <sup>a</sup>	42,5 <sup>a</sup>	14,3	NS
de 43 à 74 jours	40,9 <sup>a</sup>	42,7 <sup>b</sup>	11,0	<0,05

CVr%: Coefficient de variation résiduel moyen ; Pr >F Lot : P-value associée à l'effet du Lot ; GMQ : Gain moyen quotidien, NS: non significatif (p>0,10)  
a,b: les moyennes présentant une lettre commune ne diffèrent pas au seuil P de 5%.

## 2.2. Etat sanitaire

D'une manière générale, l'essai s'est conduit dans des conditions sanitaires plutôt instables avec des niveaux de mortalités importants (8,3% au cours de la première période et 11,8% au cours de la deuxième période).

Lors de la première période d'essai, le lot AC a subi moins de pertes (Tableau 3). A 58 jours d'âge il comptait 53 morts (4,0%) contre 58 (4,4%) dans le lot T. En fin d'essai, le premier lot comptait 98 morts (7,4%) contre 124 (9,3%) dans le lot T (p=0,07). Au cours de la seconde période d'essai, les mortalités ont débuté plus précocement. La tendance observée précédemment s'est toutefois confirmée, il y a eu moins de pertes dans le lot AC. A 53 jours d'âge ce dernier comptait 206 morts (7,5%) contre 285 (10,4%) dans le lot T. En fin d'essai, le premier lot comptait 270 morts (9,9%) contre 373 (13,7%) dans le lot T (p<0,001). Le détail des mortalités indique que la plupart des mortalités ont été causées par des troubles digestifs dans les deux lots (10,1% pour le lot T, 7,0% pour le lot AC, p<0,001).

**Tableau 3 : taux de mortalités par période**

	Lot		Chi-deux
	T	AC	
<i>Période 1(43-74j)</i>			
Mortalité totale	9,3%	7,4%	P = 0,07
<i>Période 2(35-72j)</i>			
Mortalité totale	13,7%	9,9%	P < 0,001
Mortalité digestive	10,1%	7,0%	P < 0,001
Mortalité respiratoire	3,4%	2,9%	P = 0,31
Mortalité autre	0,2%	0,0%	P = 0,07

Cela laisse supposer que la solution acidifiante a eu une action contre les pathogènes à l'origine de troubles digestifs Cette conclusion va dans le sens des résultats issus d'une étude menée par Gardinalli *et al.*, 2008 (cité dans Papatsiros et Christodouloupoulos, 2011) qui indiquait que l'acide formique (associé dans

l'étude à de l'acide citrique) permettrait de réduire les dommages causés par les bactéries pathogènes Gram + et Gram -. Les résultats positifs obtenus sur l'état sanitaire du lot sont en concordance avec diverses publications faisant état d'une diminution des pertes liée à l'utilisation d'acides organiques. En effet, le même constat fut observé dans deux essais menés par Skrivanova et Marounek (2002) avec l'utilisation d'acide caprylique, la mortalité des lapereaux a chuté de 16.0 à 0% dans un premier temps puis de 9.3 à 2.0% au cours d'un essai reconduit. Néanmoins, certains acides organiques ne semblent pas avoir d'effet sur l'état sanitaire d'après les conclusions rapportées par certaines études. C'est le cas de l'acide fumarique qui n'a pas eu d'effet sur les mortalités observées dans les essais de Hollister *et al* (1990), de Scapinello *et al.* (1998) ce qui montre que le type d'acide utilisé a une influence majeure.

La majeure partie des études relatent une utilisation des acides organiques dans l'aliment, l'utilisation dans l'eau de boisson comme cela a été réalisé dans le cadre de cet essai est moins fréquente dans la littérature scientifique.

L'effet de l'utilisation de cette solution acide dans l'eau de boisson sur la consommation d'eau des lapins n'a pas été mesurée dans cette étude. Il serait donc pertinent d'observer ce paramètre qui est susceptible d'influencer les performances de croissance et sanitaires.

## Conclusions

Dans un contexte de démédecation, les résultats de cette étude indiquent que l'association d'acide formique et d'acide propionique dans l'eau de boisson pourrait avoir un intérêt en élevage de lapin puisqu'il a permis de réduire significativement les mortalités tout en semblant améliorer les performances de

croissance (les mesures de consommation n'ayant pas été réalisées, une nouvelle étude serait à réaliser pour confirmer cette tendance). Il paraîtrait pertinent d'étudier l'effet de ce type de solution en traitement curatif dans des élevages rencontrant des problèmes sanitaires afin d'estimer si cette solution pourrait se substituer pleinement à l'utilisation d'antibiotiques.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'éleveur ainsi que les différents acteurs ayant œuvré pour mener à bien cette étude.

### Références

- Cardinali R., Rebollar P.G., Dal Bosco A., Cagiola M., Moscati L., Forti K., Mazzone P., Scicutella N., Rutili D., Mugnai C., Castellini C., 2008. Effect of dietary supplementation of organic acids and essential oils on immune function and intestinal characteristics of experimentally infected rabbits. Proceedings of the 9<sup>th</sup> World rabbit Congress, Vérone, Italie : 573-578.
- Castrovilli, 1991. Acidification of feeds for fattening rabbits. Riv Conigliocut, 38: 31-34
- El Kerdawy D.M.A., 1996. Acidified feeds for growing rabbits. Egyptian Journal of rabbit Science, 6: 143-156.
- Hollister A.G., Cheeke P.R., Robinson K.L., Patton N.M., 1990. Effects of dietary probiotics and acidifiers on performance of weanling rabbits. Journal of applied rabbit research, 13: 6-9.
- Huilar I., Fekete S., Szigeti G., Bokori J., 1996. Sodium butyrate as a natural growth promoter for rabbits. Proceeding of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, vol.2: 175-179.
- Licois D., 1992. Escherichia coli entéropathogènes du lapin. Annales de recherches vétérinaires, INRA éditions, 23(1) : 27-48.
- Mosenthin R., Sauer W.C., Ahrens F., De Lange C.F.M., Bornholdt U., 1992. Effect of dietary supplements of propionic acid, siliceous earth or a combination of these on the energy, protein and amino acid digestibilities and concentrations of microbial metabolites in the digestive tract of growing pigs. Animal Feed Science and Technology, vol 37 : 245-255.
- Papatsiros V., Christodouloupoulos G., 2011. The use of organic acids in rabbit farming. Online journal of Animal and Feed Research. Vol 1: 434-438.
- Scapinello C., Garcia de Faria H., Furlan A.C., Michelan A.C., 1998. Efeito da utilização de oligossacarídeo manose e acidificantes sobre o desempenho de coelhos em crescimento. Revista Brasileira de Zootecnia, 30 : 1272-1277.
- Skrivanova V., Marounek M., 2002. Effects of caprylic acid on performance and mortality of growing rabbits. Acta vet Brno. 71: 435-439.
- Tawfeek M.I., El Gaafary M.N., Abd El Rahim M.I., Soad S.A., 1994. Influence of dietary citric acid and acidulated palm oil soapstock supplementation on growth response, nutrient utilization, blood metabolites, carcass traits and reproductive efficiency of NZW rabbits. International Conference of rabbit production in hot climates. Cairo, Egypt.
- Zi Lin G., Ren Lu H., Wen She R., Guo Xian Z., Yu Ting H., 1996. The effects of BFA on weight gain and coccidiosis in meat rabbits. Proceeding of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, vol.3: 73-76.

# **GÉNÉTIQUE**



## LA GÉNOMIQUE DU LAPIN : AVANCÉES, APPLICATIONS ET PERSPECTIVES.

Garreau Hervé, Gunia Mélanie

*GenPhySE, INRA, INPT, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet-Tolosan, France*

Correspondant : Herve.garreau@inra.fr

**Résumé** – L'évolution récente des technologies de séquençage et l'apport des approches de génomique a révolutionné nos connaissances sur les génomes et leurs polymorphismes, et permis d'élaborer des outils de génotypage qui accélèrent l'identification de polymorphismes causaux et contribuent à améliorer significativement le progrès génétique réalisé par certaines espèces d'élevage, en particulier les bovins laitiers. Le séquençage complet du génome du lapin réalisé par le Broad Institute (Boston, USA), avec l'appui d'un consortium international auquel a contribué l'INRA, a été publié en 2014. Les résultats obtenus ont apporté un éclairage nouveau sur l'évolution et la domestication du lapin. En 2016, dans le cadre d'un projet Européen (COST Action TD1101 "A Collaborative European Network on Rabbit Genome Biology – RGB-Net), une puce de génotypage avec 200000 SNP (Single-Nucleotide Polymorphism) a été développée, permettant de renouveler les approches de génétique chez le lapin. L'objet de cette synthèse est de faire le point sur les connaissances relatives au génome du lapin et d'établir un inventaire des gènes ou régions génomiques liés à certaines fonctions ou caractères d'intérêt dans cette espèce. Nous décrivons ici le principe des outils (cartes génétiques, puces SNP, séquençage) et des méthodes (détection de QTL, approche gènes candidats, identification de mutations causales) qui ont déjà été appliqués chez le lapin. Nous illustrons les perspectives d'utilisation des outils maintenant disponibles pour la sélection avec deux projets de recherche portant sur la résistance aux maladies et l'efficacité alimentaire. Une réflexion prospective sur la sélection génomique est également proposée.

### **Abstract – The genomics of the rabbit: advances, applications and prospects.**

The last development of sequencing technologies and of novel genomic approaches have revolutionized our knowledge of livestock genomes and have significantly improved the selection of some domestic species, especially dairy cattle. With the full sequencing of the rabbit genome, achieved by the Broad Institute (Boston, USA), together with the development of a commercial high-density SNP (single-nucleotide polymorphism) markers chip, achieved in 2016 in the frame of a European project (COST Action TD1101 "A Collaborative European Network on Rabbit Genome Biology – RGB-Net), the rabbit entered the genomic era. This aim of this review is to provide updated knowledge on the rabbit genome and to make an inventory of published genes or genomic regions associated with functions or traits of interest. We are describing here the principle of genomic tools (genetic maps, SNP chip, and sequencing) and methods (QTL detection, candidate gene analyses, and identification of causal mutations) already applied in the rabbit. These novel approaches give a new insight into the evolution and domestication of rabbits. We also describe two research projects based on these methodologies to investigate disease resistance and feed efficiency. A prospective view of the genomic selection (a new method based on high-density molecular information) is also proposed.

### **Introduction**

Jusqu'au début des années 2000, les connaissances sur le génome du lapin étaient très limitées. Seule une vingtaine de gènes étaient localisés sur les chromosomes et 35 marqueurs de type microsatellites étaient décrits en 2003 (Korstanje *et al.*, 2003). Un laboratoire de l'INRA avait cependant déjà construit une banque de BAC (Bacterial Artificial Chromosome) (Rogel-Gaillard *et al.*, 2001) et d'EST (Séquences d'étiquettes de transcrits) (Rogel-Gaillard *et al.*, 2008) du lapin pour la cartographie et à l'analyse de son génome. Plusieurs laboratoires de l'INRA se sont ensuite associés pour produire une carte intégrée cytogénétique et génétique comportant 111 marqueurs de type microsatellite (Chantry-Darmon *et al.*, 2005 ; 2006). Le séquençage complet

du génome du lapin, a ensuite été réalisé par le Broad Institute (Boston) dans le cadre du *Mammalian Genome Project*. Les BAC de l'INRA, envoyés au Broad Institute pour séquençage, ont permis d'ancrer la séquence sur les chromosomes. Le séquençage complet a été déterminant pour la progression des connaissances sur le génome de cette espèce. De nouvelles ressources génomiques ont été produites, parmi lesquelles des banques d'ADNc de pleine longueur, clonés dans des vecteurs permettant l'expression de protéines et la production ultérieure d'anticorps (Rogel-Gaillard *et al.*, 2008). Parallèlement, les puces à marqueurs SNP (Single Nucleotide Polymorphism) se sont très fortement développées au cours des dernières années, donnant lieu à de nombreuses applications, en particulier pour la sélection des ruminants. Ces nouvelles méthodes

peuvent désormais s'appliquer au lapin et ouvrent de nouvelles perspectives en matière de connaissances et d'amélioration génétique.

Dans cette synthèse, nous nous attachons à faire le point des connaissances sur le génome et les outils de génomique du lapin. Nous réalisons un inventaire des régions chromosomiques (QTL) et des gènes impliqués dans l'expression de caractères connus, en particulier la croissance, la reproduction, la résistance aux maladies mais également la coloration et la morphologie de la fourrure.

Les récents développements de la génomique du lapin ouvrent la voie à de nouvelles approches pour l'amélioration génétique telles que la sélection génomique. Les projets de recherche en cours sur la résistance aux maladies et l'efficacité alimentaire permettront non seulement de mieux comprendre la biologie de ces caractères mais également de mieux étudier l'intérêt économique de ces méthodes.

## 1. Le génome du lapin

### 1.1. Chromosomes, locus et gènes

Les gènes, support de l'information génétique, sont portés par les chromosomes. Le génome du lapin comprend deux chromosomes sexuels XX ou XY (pour une femelle ou un mâle respectivement) et 21 paires d'autosomes ( $2n = 44$ ). Pour les autosomes, ces paires sont constituées par la fusion des gamètes (spermatozoïdes et ovules) au moment de la fécondation. Ainsi le père et la mère transmettent chacun la moitié de leurs gènes à leurs descendants.

Un locus est un emplacement physique sur un chromosome. Sa dimension n'est pas prédéfinie (elle peut aller de quelques dizaines de bases à plusieurs centaines de milliers de base). Un locus peut contenir des portions d'ADN contenant des informations variées (gène, séquence répétée, région intergénique non annotée et donc anonyme, etc.). Un allèle est une séquence d'ADN présente au niveau du locus. Un animal comme le lapin ayant deux paires de chromosomes possède 2 allèles à chaque locus, soit 2 « versions » d'une même séquence (par exemple un gène), l'un des allèles est hérité de son père, l'autre de sa mère.

Certains caractères de coloration et du pelage sont gouvernés par un petit nombre de gènes ou parfois même un seul gène dont l'action est très importante. Ces gènes sont appelés gènes majeurs. Cependant la plupart des caractères d'intérêt sont sous l'influence d'un très grand nombre de gènes qui ont chacun une action faible ou très faible sur ces caractères. Le déterminisme génétique de ces caractères est donc qualifié de polygénique.

### 1.2. Carte génétique et séquençage du génome

Le caryotype (arrangement standard des chromosomes d'une cellule) du lapin, a été décrit pour la première fois en 1926 par T.S. Painter. La

cartographie des gènes et des marqueurs consiste à déterminer leur position le long des chromosomes. Une carte chromosomique comparée entre l'homme et le lapin a été publiée par Korstanje et al., (1999). Cette carte est basée sur les résultats de la peinture chromosomique réciproque : des sondes spécifiques (des séquences d'ADN recherchées) de chacun des chromosomes de lapin ont été hybridés (appariement spontané avec la séquence complémentaire) sur des métaphases humaines et, réciproquement, les sondes spécifiques de chacun des chromosomes humains ont été hybridées sur des métaphases de lapin. Le caryotype du lapin a été affiné en 2002 (Hayes et al., 2002), permettant ensuite la location fine de 250 nouveaux gènes répartis sur tous les chromosomes (revue dans Rogel-Gaillard et al., 2009). Une carte chromosomique de marqueurs microsatellites a également été produite (Chantry-Darmon et al., 2005), qui a permis de construire une carte génétique avec l'ensemble des groupes de liaison entre marqueurs positionnés et orientés sur les chromosomes (Chantry-Darmon et al., 2006). Les marqueurs microsatellite sont des régions de l'ADN qui présentent des variations dans le nombre de répétitions d'une séquence. La carte Inra, comportant 111 marqueurs, a permis de confirmer la localisation des caractères de pelage *albinos* et *angora* sur les chromosomes 1 et 15 respectivement.

De par sa position dans l'arbre phylogénétique des mammifères et pour son rôle d'espèce modèle dans les recherches biomédicales, le lapin a été sélectionné pour *Mammalian Genome Project* (Lindblad-Toh et al., 2011 ; Miller et al., 2014). Ce projet a pour but d'identifier des séquences conservées entre espèces, afin d'améliorer l'annotation du génome humain et de réaliser un atlas complet des séquences d'ADN fonctionnelles. Le génome d'une lapine de race Néo-Zélandais a ainsi été entièrement séquencé par le Broad Institute (Boston, USA), une première fois, à faible densité (OryCun1.0). De nombreux laboratoires travaillant sur le lapin à l'échelle internationale se sont associés pour la rédaction d'un *white paper* qui plaidait pour un séquençage plus profond. Le génome du lapin a ainsi été séquencé une deuxième fois, de façon plus dense (OryCun2.0) (Carneiro et al., 2014) et en incluant le séquençage de clones de grands fragments d'ADN (BAC) fournis par l'Inra. L'annotation du génome, c'est-à-dire la localisation et la description de la fonction biologique des gènes, a été réalisée par la plateforme génomique *Ensembl* en utilisant notamment le séquençage de brins d'ARN (RNA-Seq) de tissus de lapins fournis par l'Inra et l'annotation orthologue humaine (gènes similaires partagés par les deux espèces)([http://www.ensembl.org/Oryctolagus\\_cuniculus/Info/Annotation](http://www.ensembl.org/Oryctolagus_cuniculus/Info/Annotation)). L'annotation du génome a permis d'identifier 19 203 gènes codant pour des protéines, 3 375 gènes non-codant et un total de 24 964 transcripts. L'université d'Uppsala (Suède) et l'université de Porto (Portugal) ont séquencé des

lapins domestiques issus de 6 races et des lapins sauvages français et espagnols, appartenant aux deux sous-espèces *O. c. algirus* et *O. c. cuniculus* (Carneiro *et al.*, 2014). Ce séquençage a permis d'identifier 51 millions de marqueurs de type SNP (Single Nucleotide Polymorphism), c'est-à-dire des régions du génome qui présentent des différences entre individus pour une seule base de l'ADN ainsi que 5,6 millions de polymorphisme de type insertion/délétion. Les SNP représentent la source de variation la plus abondante du génome. Le génotypage est la discipline qui vise à déterminer la nature des allèles (variations) des marqueurs de chaque individu. La standardisation et la mécanisation des techniques de génotypage permettent aujourd'hui de connaître rapidement la séquence de plusieurs dizaines ou centaines de milliers de marqueurs SNP. Dans le cadre du projet Européen "A Collaborative European Network on Rabbit Genome Biology – RGB-Net, une puce commerciale Affymetrix, support de 200 000 marqueurs SNP, a été développée, offrant ainsi la possibilité de réaliser un génotypage à haut-débit du lapin. Elle a été mise sur le marché en 2016.

## 2. Recherche de QTL

Les études d'association et de liaisons génétiques ont pour objectif d'identifier des régions chromosomiques (QTL pour Quantitative Trait Loci), impliquées dans l'expression des caractères d'intérêt. Elles reposent sur la mise en évidence statistique d'un lien entre le génotype de certains marqueurs et la valeur phénotypique des caractères. Une seule étude de recherche de QTL a été publiée à ce jour pour le lapin (Sternstein *et al.*, 2015). Cette étude portait sur les caractères de croissance et de qualité de la viande et de la carcasse dans une population 360 lapins obtenue par un double croisement (population de type F2) : un premier croisement entre des reproducteurs issus de deux races divergentes, le Géant des Flandres et le Néo-Zélandais ; un second croisement entre les individus F1 pour produire la population d'étude F2. Les 360 lapins F2 ont été génotypés pour 189 marqueurs de type microsatellite couvrant l'ensemble des 23 chromosomes. Les QTL les plus significatifs ont été identifiés sur le chromosome 7 pour des caractères de croissance, sur le chromosome 9 pour le poids des os et sur le chromosome 12 pour la perte en eau au ressuyage. En raison du faible nombre de marqueurs utilisés, les régions du génome mises en évidence étaient trop larges pour pouvoir identifier précisément les gènes impliqués dans l'élaboration de ces caractères.

## 3. Analyse de gènes candidats

L'approche gène candidat consiste à étudier l'association entre les allèles de certains gènes choisis sur la base de connaissances préalables et l'expression de phénotypes (couleur, croissance, reproduction, efficacité alimentaire, résistance aux maladies). Une

variation du gène peut en effet affecter la composition des protéines codées par ce gène et impliquées dans des fonctions physiologiques clés. La première étape de cette approche consiste à sélectionner une liste de gènes dont les fonctions biologiques sont connues par des études réalisées chez l'espèce cible, ou dans d'autres espèces. La seconde étape consiste à identifier des variations de la séquence d'ADN de ces gènes. La troisième étape repose sur les études d'association qui permettront de vérifier statistiquement la liaison entre les variations du gène et le phénotype dans les populations étudiées. Cette stratégie présente l'avantage de rechercher très rapidement et à moindre coût les polymorphismes (variations des gènes) potentiellement intéressants. Son défaut est de se limiter à des gènes dont on ne connaît, a priori, ni la valeur de leur effet sur les caractères d'intérêt, ni leur variabilité dans la population étudiée. De nombreuses études de gènes candidats ont été conduites chez le lapin (Fontanesi, 2015). Elles peuvent être réparties en trois catégories correspondant aux groupes de caractères étudiés: i) Les caractères de croissance et de production de viande, ii) les caractères de reproduction de la femelle, iii) les caractères de résistance aux maladies

### 3.1. Caractères de croissance et de carcasse

En raison de l'importance économique de la croissance et de la production de viande, la plupart des études de gènes candidats chez le lapin porte sur ce groupe de caractères. Fontanesi *et al.* (2011, 2012a, 2012b, 2014b, 2016) ont étudié le caractère de croissance le plus couramment enregistré et sélectionné dans les populations commerciales de production de viande, le poids à 70 jours. D'autres auteurs (Peng *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2013a, 2014; Liu *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2015) ont étudié des caractères de croissance, de carcasse et de qualité de viande mesurés à des âges différents. Le gène de la myostatine (MSTN) a fait l'objet de nombreuses études chez le lapin en raison des effets bien connus des mutations de ce gène sur le développement du tissu musculaire. Les effets de l'hypermuscularité liés aux variations de ce gène ont été décrits chez la souris (McPherron *et al.*, 1997), le bovin (Grobet *et al.*, 1997; Kambadur *et al.*, 1997; McPherron and Lee, 1997) et le mouton (Clou *et al.*, 2006). Cependant, aucun polymorphisme du gène MSTN n'a été découvert à ce jour chez le lapin dans les races et lignées étudiées (Fontanesi *et al.*, 2011; Peng *et al.*, 2013; Sternstein *et al.*, 2014).

Les gènes impliqués dans le fonctionnement de l'axe somatotrope, et en particulier le gène de l'hormone de croissance (GH1), du récepteur de l'hormone de croissance (GHR), du facteur de croissance analogue de l'insuline (IGF2) et le gène du récepteur de la mélanocortine peuvent avoir des effets importants sur la croissance ou les caractères de production. Ces effets ont été décrits chez le bovin (Lagziel *et al.*, 1996 ; Blott *et al.*, 2003) et le porc (Van Laere *et al.*, 2003). Le gène du récepteur de la mélanocortine

(impliqué dans l'homéostasie énergétique et la régulation du comportement alimentaire) a des effets connus sur la croissance et l'obésité chez l'homme et le porc (Kim et al., 2001). Des mutations et des effets significatifs de ces gènes ont été mis en évidence chez le lapin (Fontanesi et al., 2012b, 2013, 2016 ; Zhang et al., 2012). La plupart de ces études met en évidence que l'allèle le plus favorable de ces gènes est également le plus fréquent dans les populations commerciales étudiées. Cette observation démontre l'effet de la sélection qui tend à accroître la fréquence des allèles favorables en sélectionnant à chaque génération les meilleurs animaux (porteurs de gènes favorables) pour les reproduire et constituer les générations suivantes.

### 3.2. Caractères de reproduction

Les études de gènes candidats pour les caractères de reproduction sont toutes fondées sur une seule population expérimentale sélectionnée de façon divergente pour la capacité utérine (nombre maximal de fœtus qu'une lapine peut porter lorsque le taux d'ovulation n'est pas facteur limitant) pendant 10 générations (Mocé et al., 2004). Une association entre le polymorphisme de trois gènes (OVGP1, PGR et TIMP1) et quelques caractères de reproduction, incluant l'implantation embryonnaire et la taille de portée, a été mise en évidence dans cette population expérimentale (Estellé et al., 2006; Peiró et al., 2008, 2010; Argente et al., 2010; García et al., 2010).

### 3.3. Caractères de résistance aux maladies

Des études de gènes candidats ont été menées par des équipes chinoises de l'université agricole du Sichuan, à Chengdu, sur différentes races locales et importées, pour des caractères de résistances aux troubles digestifs. Ces équipes ont mis en évidence l'implication de différents gènes codant pour des récepteurs participant à la reconnaissance des pathogènes : TLR4 (Toll-like receptor 4 ; Zhang et al., 2011), NOD2 (nucleotide-binding oligomerization domain 2 ; Zhang et al., 2013c), Dectin-1 (dendritic-cell associated C-type lectin 1 ; Zhang et al., 2013b). Ils ont aussi mis en évidence les gènes suivants : MyD88 (Myeloid differentiating factor 88) codant pour une protéine qui a un rôle central dans l'activation de l'immunité innée et adaptative (Chen et al., 2013), NLRP12 (NLR Family Pyrin Domain Containing 12) qui joue un rôle dans la régulation de l'inflammation (Liu et al., 2013), JAK1 (Janus Kinase) une molécule de signalisation intracellulaire, STAT3 (Signal transducer and activator of transcription 3) un facteur de transcription et de différenciation des cellules immunitaires (Fu et al., 2014) et CCR6 (Chemokine receptor 6) un récepteur contrôlant le mouvement des leucocytes (Liu et al., 2017).

## 4. Identification de mutations causales

La mutation causale est la variation de la séquence d'un gène qui détermine le caractère étudié. La découverte de la mutation causale, ou à défaut de

marqueurs très proches de cette mutation, autorise une sélection très efficace, qui s'affranchit de la mesure du phénotype. La connaissance de la mutation causale permet également de mieux comprendre en quoi cette mutation affecte le fonctionnement du gène et donc le phénotype associé. L'identification de mutations causales est généralement réalisée par cartographie fine au sein du locus trouvé associé. La mutation causale possible étant identifiée, on cherche ensuite à la valider, d'une part par le génotypage des individus portant les deux types de variants et des tests statistiques permettant de mettre en évidence l'effet du gène, d'autre part avec des arguments fonctionnels qui décrivent les effets biologiques de la mutation.

### 3.1. Mutations affectant la couleur du pelage

Chez les mammifères, la coloration est déterminée par les mélanines, responsables de pigmentation des téguments. L'eumélanine (pigments noir/marron) et la phéomélanine (pigments jaune/rouge) sont synthétisées dans les cellules appelées mélanocytes avec le concours de l'enzyme tyrosinase. Chez la souris, plus de 300 loci affectant la couleur du poil ont été mis en évidence. Ces loci interviennent sur le développement, les fonctions ou la régulation de l'activité enzymatique des mélanocytes (Bennet et Lamoreux, 2003). La production et la proportion relative des eumélanines et des phéomélanines est principalement déterminée par les loci *extension* et *agouti*. L'allèle dominant du locus *extension* provoque la sécrétion d'eumélanine (couleur grise, noire ou marron) tandis que l'allèle récessif provoque une extension du pigment jaune dans le poil, qui remplace plus ou moins le pigment noir ou marron. Les races jaunes ou rouge sont homozygotes récessives. Au contraire l'allèle dominant du locus *agouti* détermine la production de phéomélanines tandis que l'allèle récessif conduit à la production de pigments eumélaniques noirs. Ces deux loci interagissent entre eux (relations épistatiques) : l'expression des allèles *agouti* est conditionnée par la présence des allèles sauvages du locus *extension*. Le locus *extension* code pour le récepteur 1 de la mélanocortine (*MC1R*), une hormone qui stimule la synthèse d'eumélanine. Le locus *agouti* code pour la protéine signal Agouti (*ASIP*). Cette protéine bloque la production de la mélanocortine et accroît la production de phéomélanine au détriment de l'eumélanine (Bultman et al., 1992). Fontanesi et al. (2006, 2010b) ont séquencé le gène *MC1R* dans plusieurs races de lapins présentant des couleurs différentes et ont caractérisés sur le plan moléculaire les principaux allèles du locus *extension*. Deux variants de l'allèle sauvage ( $E^+$ ) ont été identifiés : Trois délétions (2 de six bases nucléotidiques et une de 30 bases) caractérisent respectivement l'allèle dominant noir ( $E^D$ ), l'allèle récessif cendré japonais ( $e^J$ ) et l'allèle récessif fauve ( $e$ ). Deux mutations du locus *agouti* ont également été identifiées par les mêmes auteurs (Fontanesi et al., 2010) en séquençant



le gène *ASIP*. La séquence de l'allèle  $a^1$  diffère de l'allèle sauvage (*A*) par deux mutations non-sens (remplacement d'un codon codant pour un acide aminé par un codon-stop). L'allèle récessif noir non-agouti (*a*) est caractérisé par une insertion dans le premier exon codant du gène *ASIP*. Le séquençage du gène *TYR* a également permis d'identifier plusieurs mutations non-sens au locus *albinos* (*C*) correspondant aux allèles *Chinchilla* ( $c^{ch}$ ), *Himalayan* ( $C^{Hl}$ ) et *albinos* (*c*). Le locus *English spotting* (*En*) est responsable de la coloration panachée particulière de la race Papillon. Les individus homozygotes pour l'allèle récessif (*en/en*) sont de couleur unie, les hétérozygotes *En/en* présentent une robe blanche tachetée de noir (conforme au standard de des différentes races de Papillons) et les homozygotes *EN/EN* sont presque entièrement blancs. Les individus *EN/EN* sont par ailleurs non viables en raison d'un caecum et d'un colon très dilaté (maladie du mégacolon). Fontanesi *et al.* (2014b) ont identifié un SNP du gène *KIT* qui explique à la fois le patron de coloration des papillons et, chez les hétérozygotes *EN/EN*, une altération des cellules de Cajal (cellules ganglionnaires qui assurent le contrôle des muscles qui entourent le colon). Le même symptôme est observé chez l'homme dans le cas de la maladie héréditaire appelée mégacolon aganglionique.

### 3.2. La mutation Rex

La fourrure du lapin Rex se caractérise par une diminution du nombre et de la longueur des jarres, donnant à la fourrure des poils plus courts, plus compacts et plus doux. La mutation causale de ce caractère a été identifiée (Diribarne *et al.*, 2011). Il s'agit d'une délétion d'une base nucléotidique dans l'exon 9 (1362delA) du gène *LIPH* se traduisant par une protéine *LIPH* tronquée. La protéine *LIPH* est une enzyme qui catalyse la production d'acide 2-acyl lysophosphatidique (LPA), qui est un médiateur lipidique avec diverses propriétés biologiques qui incluent l'agrégation plaquettaire, la contraction des muscles lisses et la stimulation de la prolifération cellulaire. Le niveau d'expression de *LIPH* dans la peau et le follicule pileux est trois fois plus faible chez les Rex que chez le lapin commun.

### 3.3. Autres mutations

Par une approche gène candidat Strychalsky *et al.*, (2015) ont identifié une délétion de 3 bases nucléotidiques dans le gène bêta-carotène oxygénase 2 (*BCO2*) qui détermine la couleur du gras du lapin. Ce gène code pour une enzyme qui intervient dans le métabolisme des caroténoïdes et donne une coloration jaune au gras, comme chez les bovins et les ovins (Tian *et al.*, 2010 ; Våge *et al.*, 2012).

La lignée de lapins hypercholestérolémiques Watanabe est un modèle animal particulièrement apprécié pour étudier l'athérosclérose et les maladies liées à l'hypercholestérolémie. Cette lignée présente

une mutation naturelle (délétion de 4 bases) du gène du récepteur de la lipoprotéine de basse densité qui affecte le transport de ce récepteur à la surface des cellules, provoquant l'hyperglycémie (Yamamoto *et al.*, 1988).

Le déterminisme génétique du lapin nain est également de type monogénique. Les homozygotes récessifs mutants ne sont pas viables et seuls les hétérozygotes présentent le phénotype de nanisme. Carneiro *et al.* (2017) ont identifié une mutation de type délétion du gène *HMGA2* qui code pour une protéine facteur de transcription du groupe de haute mobilité (HMG) conduisant à l'inactivation de ce gène. Il en résulte une altération de la croissance générale et du développement crano-facial.

## 5. Etudes de l'évolution et de la domestication du lapin

*Oryctolagus cuniculus* est le seul mammifère domestiqué dont l'origine paléontologique se situe en Europe de l'Ouest. Les restes fossiles les plus anciens du genre sont datés d'environ 6,5 millions d'années et ont été retrouvés en Andalousie. Deux sous-espèces du genre naissent il y a environ 2 millions d'années : *O. c. algirus*, dans le sud-ouest de la péninsule ibérique et *O. c. cuniculus* dans le nord-est. Les deux sous-espèces demeurent aujourd'hui différenciées mais des échanges réciproques de gènes sont intervenus au cours des périodes interglaciaires et depuis la fin de la dernière glaciation (Callou, 2003, Carneiro *et al.*, 2011). *O. c. algirus* est un lapin de petite taille (1 kg environ) et de pelage très sombre. *O. c. cuniculus* présente des dimensions plus grandes, un poids plus élevé (2kg environ) et un pelage de type agouti.

Différents marqueurs génétiques (marqueurs mitochondriaux, marqueurs du chromosome Y, SNP) ont été utilisés récemment pour caractériser les populations sauvages et domestiques. Les études ont montré l'existence de deux lignées fortement divergentes, appelées A et B, qui s'apparentent en partie aux sous espèces *O. c. algirus* et *O. c. cuniculus* (Biju-Duval, 1991 ; Rogel-Gaillard *et al.*, 2009). Ces deux lignées partagent un ancêtre commun remontant à 2 millions d'années. Les deux lignées sont encore aujourd'hui séparées géographiquement : Les populations sauvages du Sud-ouest de la Péninsule ibérique appartiennent au groupe A tandis que celles du Nord de l'Espagne, de France et de Tunisie sont du groupe B, comme le sont également toutes les races domestiques. La chaîne des Pyrénées semble avoir constitué une barrière génétique importante puisque la migration du Nord de l'Espagne vers le Nord des Pyrénées s'est traduite par une perte de variabilité de l'ordre de 12 % (Carneiro *et al.*, 2011). Les études génétiques les plus récentes confirment que toutes les races domestiques de lapin sont issues de la domestication de lapins sauvages de la sous espèce *O. c. cuniculus* présente en France au Moyen-âge. Bien

que la variabilité génétique des races de lapins reste élevée en comparaison d'autres mammifères domestiques, le processus de domestication et la création des races se sont accompagnés d'un nouvel appauvrissement génétique de l'ordre de 21 %. Le génome de six races de lapins domestiques (Néo-Zélandais, Bélier Français, Lièvre Belge, Hollandais, Géant des Flandres et Argenté de champagne) a été comparé à celui de quatorze lapins sauvages prélevés dans le sud de la France et la péninsule ibérique (Carneiro *et al.*, 2014). Les résultats ne mettent en évidence aucun gène majeur de domestication, mais un nombre très élevé de polymorphismes (variations du génome) répartis sur l'ensemble du génome qui touchent en particulier les régions de régulation des gènes. Ces polymorphismes affectent notamment des gènes impliqués dans le développement du cerveau et du système nerveux. Contrairement au lapin domestique, le lapin sauvage dispose d'une aptitude à prendre rapidement la fuite face à ses différents prédateurs (rapaces, renards, humains). Cette étude a montré que c'est l'accumulation de variations génétiques à petits effets mais sur de très nombreux gènes au cours de la domestication qui a progressivement inhibé cette aptitude, ce qui représente l'un des changements les plus importants dans l'histoire évolutive du lapin et lui confère la notion de domesticité

## 6. La sélection génomique

La sélection génomique repose sur une nouvelle méthode d'évaluation génétique des animaux candidats à la sélection à partir de l'information d'un très grand nombre de marqueurs SNP (plusieurs dizaines ou centaines de milliers). Dans un premier temps, les caractères d'intérêts (phénotypes) sont enregistrés sur une population qualifiée de référence de taille conséquente (idéalement plus de 1000 individus). Ainsi, pour ces 1000 animaux, on connaît leurs phénotypes et leurs génotypes (c'est-à-dire quel allèle chaque individu a reçu pour chacun des marqueurs SNP présents sur la puce de génotypage).

Ensuite, par différentes méthodes statistiques (GBLUP, méthodes bayésiennes,...) on relie l'information des génotypes aux phénotypes ; on estime ainsi l'effet de chaque allèle des marqueurs SNP sur les caractères d'intérêt. Grâce à cela, on peut prédire un phénotype (ou plus exactement une Valeur Génomique) sur de jeunes candidats à la sélection pour lesquels on dispose uniquement de l'information de génotypage. La Valeur Génomique correspond à la somme des effets des marqueurs SNP de chaque candidat à la sélection. En comparaison avec une sélection classique utilisant le BLUP, il est attendu de la sélection génomique un accroissement du progrès génétique en réduisant l'intervalle de génération (la sélection des candidats peut être réalisée très tôt, à la suite de leur

génotypage), en augmentant l'intensité de sélection (la sélection inclut davantage de candidats) et la précision de l'évaluation génétique (grâce à l'apport d'information moléculaire à forte densité). Ce gain de précision dépend lui-même de la taille effective de la population en sélection, de l'héritabilité du caractère, de la taille de la population de référence et de la distance génétique entre les candidats à la sélection et les animaux de la population de référence.

Chez le lapin, l'intérêt de la sélection génomique réside essentiellement dans l'amélioration de la précision de la sélection car l'intervalle de génération, déjà très court, serait peu impacté, les intensités de sélection étant déjà très élevées. La sélection génomique présente également un intérêt pour les caractères difficiles à mesurer chez des candidats à la sélection, comme la résistance aux maladies, la mesure du phénotype (infection naturelle ou expérimentale) portant seulement sur les animaux de la population de référence. Plusieurs contraintes rendent toutefois la sélection génomique difficile à mettre en place dans les schémas génétiques cunicoles. Une population de référence de plusieurs milliers d'individus est nécessaire pour obtenir une précision d'évaluation génétique au moins égale à celle obtenue avec les dispositifs actuels. Or la taille des noyaux de sélection cunicole est généralement faible (une à quelques centaines de femelles) et permet difficilement de générer autant d'individus en contrôle. De plus, les populations de référence devront être renouvelées fréquemment pour préserver la qualité de l'estimation des valeurs génomiques et cela d'autant plus que l'intervalle de génération est très court chez le lapin. Le coût d'un génotypage était encore relativement élevé pour le lapin en 2017 (120 euros). Chez les bovins laitiers la mise en place de la sélection génomique, en se substituant à un testage sur descendance très coûteux (40 000 € par candidat mâle testé en France), a permis de réaliser des économies considérables couvrant les frais de génotypage. Actuellement, chez le lapin, le seul gain de progrès génétique espéré par la sélection génomique couvrira difficilement ces coûts. On peut toutefois espérer une baisse des prix du génotypage ou l'utilisation de puces dédiées à faible densité, et donc moins coûteuse, dans un avenir proche.

## 7. Projets et perspectives

Le projet RELAPA (génomique pour la REsistance des LAPins à la Pasteurellose), co-financé par l'interprofession CLIPP, le Syselaf et l'institut Carnot Santé Animale, est le premier projet ayant pour but d'utiliser l'information génomique pour identifier des régions du génome associées à la résistance à la pasteurellose, et posant les bases de la sélection génomique pour ce type de caractères. Une population d'un millier de lapins représentative de populations commerciales françaises a été inoculée expérimentalement avec une souche de *Pasteurella*

*multocida*. La réponse à l'infection a été finement caractérisée, et tous les lapins ont été génotypés avec la puce commerciale Affymetrix 200K. Les analyses en cours laissent présager l'existence d'un déterminisme génétique de la résistance à la Pasteurellose (Gunia et al., 2017).

Un second projet nommé Microrabbits a été lancé par l'INRA en 2014 et se poursuit dans le cadre du programme Européen H2020 Feed-a-Gene. Ce projet est fondé sur un protocole d'adoptions croisées entre une lignée sélectionnée pour l'efficacité alimentaire et une lignée témoin non sélectionnée. 300 lapereaux de chaque lignée ont été contrôlés pour leur croissance et leur consommation d'aliment entre le sevrage et 63 jours d'âge, puis génotypés avec la puce Affymetrix 200 K. Des études de recherche de QTL vont permettre d'identifier les régions du génome du lapin impliquées dans l'efficacité alimentaire. Parallèlement, un échantillon de contenu caecal a été collecté sur chacun des lapereaux. La composition du microbiote intestinal des animaux sera décrite par la méthode du séquençage de la région variable du gène de l'ARNr 16S qui permet d'identifier et d'évaluer la proportion des différentes familles microbiennes (Combes *et al.*, 2011). Les objectifs du projet sont de déterminer la part relative de la variabilité de l'efficacité alimentaire expliquée par le microbiote, transmis par la mère, et celle expliquée par le génotype de l'hôte pour proposer des critères et des méthodes afin de sélectionner conjointement l'hôte et son microbiote.

## Conclusions

Le lapin est véritablement entré dans l'ère de la génomique avec le séquençage de son génome, qui a ouvert la voie à des travaux permettant de mieux comprendre l'histoire évolutive de cette espèce. Les gènes caractérisant le pelage sont les mieux connus chez le lapin, d'autres gènes affectant la croissance, la reproduction et la résistance aux troubles digestifs ont pu être caractérisés depuis 2010. La création d'une puce à 200 000 marqueurs SNP pour le lapin en 2016 marque un second tournant pour l'espèce. Cet outil va permettre d'approfondir la connaissance des gènes et régions du génome lié aux caractères d'intérêt et ouvre la porte à de nouvelles stratégies de sélection utilisant l'information génomique.

## Références

Argente M.J., Merchán M., Peiró R., García M.L., Santacreu M.A., Folch J.M., Blasco A. 2010. Candidate gene analysis for reproductive traits in two lines of rabbits divergently selected for uterine capacity. *J. Anim. Sci.*, 88, 828-836.

Bennett D.C., Lamoreux M.L. 2003. The color loci of mice - a genetic century. *Pigment Cell Res.*, 16, 333-344.

Blott S., Kim J.J., Moisis S., Schmidt-Küntzel A., Cornet A., Berzi P., Cambisano N., Ford C., Grisart B., Johnson D., Karim L., Simon P., Snell R., Spelman R., Wong J., Vilkki J., Georges M., Farnir F., Coppieters W. 2003. Molecular dissection of a quantitative trait locus: a phenylalanine-to-

tyrosine substitution in the transmembrane domain of the bovine growth hormone receptor is associated with a major effect on milk yield and composition. *Genetics*, 163, 253-266.

Bultman S.J., Michaud E.J., Woychik R.P. 1992. Molecular characterization of the mouse agouti locus. *Cell*, 71, 1195-1204.

Callou C., 2003. De la garenne au clapier: étude archéozoologique du lapin en Europe occidentale. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 358 p.

Carneiro M., Afonso S., Geraldes A., Garreau H., Bolet G., Boucher S., Tircazes A., Queney G., Nachman M.W., Ferrand N., 2011. The genetic structure of domestic rabbits. *Molecular Biology and Evolution*, 28, 1801-1816.

Carneiro M., Rubin C.J., Di Palma F., Albert F.W., Alföldi J., Barrio A.M., Pielberg G., Rafati N., Sayyab S., Turner-Maier J., Younis S., Afonso S., Aken B., Alves J.M., Barrell D., Bolet G., Boucher S., Burbano H.A., Campos R., Chang J.L., Duranthon V., Fontanesi L., Garreau H., Heiman D., Johnson J., Mage R.G., Peng Z., Queney G., Rogel Gaillard C., Ruffier M., Searle S., Villafuerte R., Xiong A., Young S., Forsberg-Nilsson K., Good J.M., Lander E.S., Ferrand N., Lindblad-Toh K., Andersson L., 2014. Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. *Science*, 345, 1074-1079.

Carneiro, M., Hu, D., Archer, Feng, Afonso, Chen, C., Blanco-Aguiar, J. A., Garreau, H., Boucher, S., Ferreira, P. G., Ferrand, N., Rubin, Andersson, L. (2017). Dwarfism and Altered Craniofacial Development in Rabbits Is Caused by a 12.1 kb Deletion at the HMGA2 locus. *Genetics*, 205 (2), 955-965. DOI : 10.1534/genetics.116.196667

Clop A., Marcq F., Takeda H., Pirotin D., Tordoir X., Bibé B., Bouix J., Caiment F., Elsen J.M., Eychenne F., Larzul C., Laville E., Meish F., Milenkovic D., Tobin J., Charlier C., Georges M. 2006. A mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. *Nat. Genet.*, 38, 813-818.

Chantry-Darmon C., Urien C., Hayes H., Bertaud M., Chadi-Taourit S., Chardon P., Vaiman D., Rogel-Gaillard C., 2005. Construction of a cytogenetically anchored microsatellite map in rabbit. *Mamm Genome*. Jun;16(6):442-59. PubMed PMID: 16075371.

Chantry-Darmon C., Urien C., de Rochambeau H., Allain D., Pena B., Hayes H., Grohs C., Cribru E.P., Deretz-Picoulet S., Larzul C., Save J.C., Neau A., Chardon P., Rogel-Gaillard C., 2006 A first-generation microsatellite-based integrated genetic and cytogenetic map for the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and localization of angora and albino. *Anim Genet*. Aug;37(4):335-41. PubMed PMID: 16879342.

Chen S.Y., Zhang W.X., Zhang G.W., Peng J., Zhao X.B. and Lai S.J. 2013. Case-control study and mRNA expression analysis reveal the MyD88 gene is associated with digestive disorders in rabbit. *Animal Genetics* 44, 703-10.

Combes S., Fortun-Lamothe L., Cauquil L., Gidenne T., 2011. Piloter l'écosystème digestif du lapin : pourquoi, quand et comment ? In : 14èmes J. Rech. Cunicoles Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ.,

Diribarne M., Mata X., Chantry-Darmon C., Vaiman A., Auvinet G., Bouet S., Deretz S., Cribru E., De Rochambeau H., Allain D., Guerin G., 2011. A Deletion In Exon 9 Of The LIPH Gene Is Responsible For The Rex Hair Coat Phenotype In Rabbits (*Oryctolagus Cuniculus*). *PLoS ONE*, 6(4), E19281.

Estellé J., Sastre Y., Merchán M., Peiró R., Santacreu M.A., Folch J.M. 2006. TIMP-1 as candidate gene for embryo survival in two divergent lines selected for uterine capacity in rabbits. *Mol. Reprod. Dev.*, 73, 678-684.

Fontanesi L., The rabbit in the genomics era: applications and perspectives in rabbit biology and breeding. 2016. In: 11<sup>th</sup> World Rabbit Congress., Qingdao, China. p 3-18.

- Fontanesi L., Tazzoli M., Beretti F., Russo V. 2006. Mutations in the melanocortin 1receptor (MC1R) gene are associated with coat colours in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Anim. Genet.*, 37, 489-493.
- Fontanesi L., Forestier L., Allain D., Scotti E., Beretti F., Deretz-Picoulet S., Pecchioli E., Vernesi C., Robinson T.J., Malaney J.L., Russo V., Oulmouden A. 2010a. Characterization of the rabbit agouti signaling protein (ASIP) gene: transcripts and phylogenetic analyses and identification of the causative mutation of the nonagouti black coat colour. *Genomics*, 95, 166-175.
- Fontanesi L., Scotti E., Colombo M., Beretti F., Forestier L., Dall'Olio S., Deretz S., Russo V., Allain D., Oulmouden A. 2010b. A composite six bp in-frame deletion in the melanocortin 1 receptor (MC1R) gene is associated with the Japanese brindling coat colour in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *BMC Genet.*, 11, 59.
- Fontanesi L., Vargiolu M., Scotti E., Mazzoni M., Clavanzani P., De Giorgio R., Romeo G., Russo V. 2010c. Endothelin receptor B (EDNRB) is not the causative gene of the English spotting locus in the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Anim. Genet.*, 41, 669-670.
- Fontanesi L., Scotti E., Frabetti A., Fornasini D., Piccone A., Russo V. 2011. Identification of polymorphisms in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) myostatin (MSTN) gene and association analysis with finishing weight in a commercial rabbit population. *Anim. Genet.*, 42, 339.
- Fontanesi L., Dall'Olio S., Spaccapaniccia E., Scotti E., Fornasini D., Frabetti A., Russo V. 2012a. A single nucleotide polymorphism in the rabbit growth hormone (GH1) gene is associated with market weight in a commercial rabbit population. *Livest. Sci.*, 147, 84-88.
- Fontanesi L., Mazzoni G., Bovo S., Frabetti A., Fornasini D., Dall'Olio S., Russo V. 2012b. Association between a polymorphism in the IGF2 gene and finishing weight in a commercial rabbit population. *Anim. Genet.*, 43, 651-652.
- Fontanesi L., Scotti E., Dall'Olio S., Oulmouden A., Russo V. 2012d. Identification and analysis of single nucleotide polymorphisms in the myosin VA (MYO5A) gene and its exclusion as the causative gene of the dilute coat colour locus in rabbit. *World Rabbit Sci.*, 20, 35-41.
- Fontanesi L., Scotti E., Cisarova K., Di Battista P., Dall'Olio S., Fornasini D., Frabetti A. 2013. A missense mutation in the rabbit melanocortin 4 receptor (MC4R) gene is associated with finishing weight in a meat rabbit line. *Anim. Biotechnol.*, 24, 268-277.
- Fontanesi L., Scotti E., Allain D., Dall'Olio S. 2014a. A frameshift mutation in the melanophilin (MLPH) gene causes the dilute coat colour in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) breeds. *Anim. Genet.*, 45, 248-255.
- Fontanesi L., Vargiolu M., Scotti E., Latorre R., Fausone Pellegrini M.S., Mazzoni M., Asti M., Chiochetti R., Romeo G., Clavanzani P., De Giorgio R. 2014b. The KIT gene is associated with the English spotting coat color locus and congenital megacolon in Checkered Giant rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *PLoS One*, 9, e93750.
- Fontanesi L., Sparacino G., Utzeri V.J., Scotti E., Fornasini D., Dall'Olio S., Frabetti A. 2016. Identification of polymorphisms in the rabbit growth hormone receptor (GHR) gene and association with finishing weight in a commercial meat rabbit line. *Anim. Biotechnol.*, 27, 77-83.
- Fu, L., Yang, Z.J., Chen, S.Y., Wang, J. and Lai, S.J. 2014. Investigation of JAK1 and STAT3 polymorphisms and their gene-gene interactions in nonspecific digestive disorder of rabbits. *Gene* 543, 8-14.
- García M.L., Peiró R., Argente M.J., Merchán M., Folch J.M., Blasco A., Santacreu M.A. 2010. Investigation of the oviductal glycoprotein 1 (OVGP1) gene associated with embryo survival and development in the rabbit. *J. Anim. Sci.*, 88, 1597-1602.
- Grobet L., Royo Martin L.J., Poncelet D., Pirottin D., Brouwers B., Riquet J., Scheberlein A., Dunner S., Ménéssier F., Massabanda J., Fries R., Hanset R., Georges M. 1997. A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscling phenotype in cattle. *Nature Genet.*, 17, 71-74.
- Gunia M., Lantier F., Babilliot J.-M., Balmisse E., Bed'hom B., Belmonte E., Bertagnoli S., Boucher S., Breton S., Chambellon E., Chaumeil T., Coisne F., Delaunay R., Fadeau A., Guillon E., Helies V., Hurtaud J., Jarret D., Kempf F., Lantier I., Lavillate S., Le Cren D., Lenoir G., Le Normand B., Marais C., Maupin M., Morin H., Poncet C., Pujol S., Robert R., Rossignol C., Ruesche J., Sarce F., Thiebot C., Helloin E., Garreau H. 2017. Premiers résultats du projet relapa : génomique pour la résistance génétique des lapins à la pasteurellose. In : 17<sup>èmes</sup> J. Rech. Cunicoles Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ.,
- Hayes H., Rogel-Gaillard C., Zijlstra C., De Haan N.A., Urien C., Bourgeaux N., Bertaud M., Bosma A.A. 2002. Establishment of an R-banded rabbit karyotype nomenclature by FISH localization of 23 chromosome-specific genes on both G- and R-banded chromosomes. *Cytogenet. Genome Res.*, 98(2-3):199-205. PubMed PMID: 12698004.
- Kambadur R., Sharma M., Smith T.P.L., Bass J.J. 1997. Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscling Belgian Blue and Piedmontese cattle. *Genome Res.*, 7, 910-915.
- Kim K.S., Larsen N., Short T., Plastow G., Rothschild M.F. 2001. A missense variant of the porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene is associated with fatness, growth, and feed intake traits. *Mamm. Genome*, 11, 131-135.
- Korstanje R., O'Brien P.C.M., Yang F., Rens W., Bosma A.A., Van Lith H.A., Van Zutphen L.F.M., Ferguson-Smith M.A., 1999. Complete homology maps of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) and human by reciprocal chromosome painting, *Cytogenet Cell Genet*, 86, 317-322.
- Korstanje R., Gillissen G.F., Versteeg S.A., Van Oost B.A., Bosma A.A., Rogel-Gaillard C., Van Zutphen L.F.M., Van Lith, H.A., 2003. Mapping of rabbit microsatellite markers using chromosome-specific libraries. *J. Hered*, 94, 161-169.
- Lagziel A., Lipkin E., Soller M. 1996. Association between SSCP haplotypes at the bovine growth hormone gene and milk protein percentage. *Genetics*, 142, 945-951.
- Lindblad-Toh K., Garber M., Zuk O., Lin M.F., Parker B.J., Washietl S., Kheradpour P., Ernst J., Jordan G., Mauceli E., Ward L.D., Lowe C.B., Holloway A.K., Clamp M., Gnerre S., Alföldi J., Beal K., Chang J., Clawson H., Cuff J., Di Palma F., Fitzgerald S., Flicek P., Guttman M., Hubisz M.J., Jaffe D.B., Jungreis I., Kent W.J., Kostka D., Lara M., Martins A.L., Massingham T., Moltke I., Raney B.J., Rasmussen M.D., Robinson J., Stark A., Vilella A.J., Wen J., Xie X., Zody M.C.; Broad Institute Sequencing Platform and Whole Genome Assembly Team, Baldwin J., Bloom T., Chin C.W., Heiman D., Nicol R., Nusbaum C., Young S., Wilkinson J., Worley K.C., Kovar C.L., Muzny D.M., Gibbs R.A.; Baylor College of Medicine Human Genome Sequencing Center Sequencing Team, Cree A., Dihn H.H., Fowler G., Jhangiani S., Joshi V., Lee S., Lewis L.R., Nazareth L.V., Okwuonu G., Santibanez J., Warren W.C., Mardis E.R., Weinstock G.M., Wilson R.K.; Genome Institute at Washington University, Delehaunty K., Dooling D., Fronik C., Fulton L., Fulton B., Graves T., Minx P., Sodergren E., Birney E., Margulies E.H., Herrero J., Green E.D., Haussler D., Siepel A., Goldman A., Pollard K.S., Pedersen J.S., Lander E.S., Kellis M. 2011. A high-resolution map of human evolutionary constraint using 29 mammals. *Nature*, 478, 476-482.
- Liu W.C., Chen S.Y., Jia X.B., Wang J., Lai S.J. 2014. Effects of variants in proopiomelanocortin and neuropeptide y genes on growth, carcass, and meat quality traits in rabbits. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 27, 609-615.
- Liu W.C., Zeng Y., Chen S.Y., Jia X. B., Lai S.J. 2017. The polymorphism and gene expression of chemokine receptor 6 is associated with digestive disorders in rabbits. *Indian J. Anim. Res.*, 51 (2) : 269-274.
- Liu Y.F., Zhang G.W., Xiao Z.L., Yang Y., Deng X.S., Chen S.Y., Wang J., Lai S.J. 2013. Single Nucleotide

- Polymorphisms of NLRP12 Gene and Association with Non-specific Digestive Disorder in Rabbit. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 26, 1072-1079.
- McPherron A.C., Lawler A.M., Lee S.-J. 1997. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF- superfamily member. *Nature*, 387, 83-90.
- McPherron A.C., Lee S.-J. 1997. Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA*, 94, 12457-12461.
- Miller I., Rogel-Gaillard C., Spina D., Fontanesi L., de Almeida A.M. 2014. The rabbit as an experimental and production animal: from genomics to proteomics. *Curr Protein Pept Sci. Mar*;15(2):134-45. Review. PubMed PMID: 24555894.
- Peng J., Zhang G.W., Zhang W.X., Liu Y.F., Yang Y., Lai S.J. 2013. Rapid genotyping of mstn gene polymorphism using high-resolution melting for association study in rabbits. *Asian-Australas J. Anim. Sci.*, 26, 30-35.
- Peiró R., Merchán M., Santacreu M.A., Argente M.J., García M.L., Folch J.M., Blasco A. 2008. Identification of single-nucleotide polymorphism in the progesterone receptor gene and its association with reproductive traits in rabbits. *Genetics*, 180, 1699-1705.
- Peiró R., Herrler A., Santacreu M.A., Merchán M., Argente M.J., García M.L., Folch J.M., Blasco A. 2010. Expression of progesterone receptor related to the polymorphism in the PGR gene in the rabbit reproductive tract. *J. Anim. Sci.*, 88, 421-427.
- Robbins L.S., Nadeau J.H., Johnson K.R., Kelly M.A., Roselli-Rehffuss L., Baack E., Mountjoy K.G., Cone R.D. 1993. Pigmentation phenotypes of variant extension locus alleles result from point mutations that alter MSH receptor function. *Cell*, 72, 827-834.
- Robinson R. 1958. Genetic studies of the rabbit. *Bibliogr. Genet.*, 17, 229-558.
- Rogel-Gaillard C., Piumi F., Billault A., Bourgeaux N., Save J.C., Urien C., Salmon J., Chardon P., 2001. Construction of a rabbit bacterial artificial chromosome (BAC) library: application to the mapping of the major histocompatibility complex to position 12q.1.1. *Mamm Genome. Mar*;12(3):253-5. PubMed PMID: 11252177.
- Rogel-Gaillard C., Chantry-Darmon C., Hayes H., 2008. Les données récentes sur le génome du lapin. *Biofutur*, 287, 28-31.
- Rogel-Gaillard C., Ferrand N., Hayes H., 2009. Rabbit. In : *Genome Mapping and Genomics in Domestic Animals* (N.E. Cockett C.K., eds), Springer Berlin Heilderberg, 165-230.
- Searle A.G. 1968. Comparative genetics of coat colour in mammals. Logos Press, London, UK.
- Sternstein I., Reissmann M., Maj D., Bieniek J., Brockmann G.A. 2015. A comprehensive linkage map and QTL map for carcass traits in a cross between Giant Grey and New Zealand White rabbits. *BMC Genet.*, 16, 16.
- Sternstein I., Reissmann M., Maj D., Bieniek J., Brockmann G.A. 2015. A new single nucleotide polymorphism in the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) myostatin (MSTN) gene is associated with carcass composition traits. *Anim. Genet.*, 45, 4, 596-599.
- Strychalski J., Brym P., Czarnik U., Gugolek A. 2015. A novel AAT-deletion mutation in the coding sequence of the BCO2 gene in yellow-fat rabbits. *J. Appl. Genet.*, 56, 535-537.
- Tian R., Pitchford W.S., Morris C.A., Cullen N.G., Bottema C.D. (2010) Genetic variation in the beta, beta-carotene-9', 10'-dioxygenase gene and association with fat colour in bovine adipose tissue and milk. *Anim. Genet.*, 41, 253-259.
- Våge D.I., Boman I.A. 2010. A nonsense mutation in the beta-carotene oxygenase 2 (BCO2) gene is tightly associated with accumulation of carotenoids in adipose tissue in sheep (*Ovis aries*). *BMC Genet.*, 11, 10.
- Van Laere A.-S., Nguyen M., Braunschweig M., Nezer C., Collette C., Moreau L., Archibald A. L., Haley C.S., Buys N., Tally M., Andersson G., Georges M., Andersson L. 2003. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig. *Nature*, 425, 832-836.
- Wang J., Li G., Elzo M. A., Yan L., Chen S., Jia X., Lai S. 2015. A novel single nucleotide polymorphism of the POU1F1 gene associated with meat quality traits in rabbits. *Ann. Anim. Sci.*, 15, 611-620.
- Yamamoto T., Bishop R.W., Brown M.S. 1986. Deletion in cysteine-rich region of LDL receptor impedes transport to cell surface in WHHL rabbit. *Science*, 232, 1230-1237.
- Zhang G.W., Wang H.Z., Chen S.Y., Li Z.C., Zhang W.X., Lai S.J. 2011. A reduced incidence of digestive disorders in rabbits is associated with allelic diversity at the TLR4 locus. *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 144, 482-486.
- Zhang W.X., Zhang G.W., Peng J., Lai S.J. 2012. The polymorphism of GHR gene associated with the growth and carcass traits in three rabbit breeds. In: 10<sup>th</sup> World Rabbit Congress, 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt, 75-78.
- Zhang G.W., Gao L., Chen S.Y., Zhao X.B., Tian Y.F., Wang X., Deng X.S., Lai S.J. 2013a. Single nucleotide polymorphisms in the FTO gene and their association with growth and meat quality traits in rabbits. *Gene*, 527, 553-557.
- Zhang G.W., Zhang W.X., Chen S.Y., Yoshimura Y., Isobe N., Lai S.J. 2013b. Dectin-1 gene polymorphism is associated with susceptibility to nonspecific digestive disorders and cytokine expression in rabbits. *J. Anim. Sci.*, 91, 4051-4059.
- Zhang W.X., Zhang G.W., Peng J., Zhang J.L., Yang Y., Lai S.J., 2013c. A synonymous mutation in NOD2 gene was significantly associated with non-specific digestive disorder in rabbit. *Gene* 516:193-7.



## PREMIERS RÉSULTATS DU PROJET RELAPA : GÉNOMIQUE POUR LA RÉSISTANCE GÉNÉTIQUE DES LAPINS À LA PASTEURELLOSE

Gunia Mélanie<sup>1\*</sup>, Lantier Frédéric<sup>2</sup>, Babilliot Jean-Marc<sup>3</sup>, Balmisse Elodie<sup>4</sup>, Bed'hom Bertrand<sup>3</sup>, Belmonte Elodie<sup>5</sup>, Bertagnoli Stéphane<sup>6</sup>, Boucher Samuel<sup>7</sup>, Breton Sylvain<sup>8</sup>, Chambellon Emilie<sup>2</sup>, Chaumeil Thierry<sup>8</sup>, Coisne Fabien<sup>9</sup>, Delaunay Remi<sup>8</sup>, Fadeau Alain<sup>10</sup>, Guitton Edouard<sup>8</sup>, Héliès Virginie<sup>4</sup>, Hurtaud Jacques<sup>11</sup>, Jardet Deborah<sup>3</sup>, Kempf Florent<sup>2</sup>, Lantier Isabelle<sup>2</sup>, Lavillate Sébastien<sup>8</sup>, Le Cren Dominique<sup>12</sup>, Lenoir Guillaume<sup>9</sup>, Le Normand Bernadette<sup>13</sup>, Marais Coralie<sup>2</sup>, Maupin Mickaël<sup>11</sup>, Morin Hervé<sup>14</sup>, Poncet Charles<sup>5</sup>, Pujol Sébastien<sup>4</sup>, Robert Raphaël<sup>15</sup>, Rossignol Christelle<sup>2</sup>, Ruesche Julien<sup>2</sup>, Sarce Fanny<sup>8</sup>, Thiebot Colomba<sup>15</sup>, Helloin Emmanuelle<sup>2</sup>, Garreau Hervé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GenPhySE, INRA, INPT, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France

<sup>2</sup>ISP, INRA, Université François Rabelais de Tours, UMR 1282, 37380 Nouzilly, France

<sup>3</sup>GABI, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78352 Jouy-en-Josas, France

<sup>4</sup>PECTOUL, INRA, 31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>5</sup>GDEC, INRA, 63000 Clermont-Ferrand, France

<sup>6</sup>IHAP, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31076 Toulouse, France

<sup>7</sup>LABOVET CONSEIL (Réseau Cristal), BP 539, 85505 Les Herbiers, France

<sup>8</sup>PFIE, INRA, 37380 Nouzilly, France

<sup>9</sup>HYCOLE, Route de Villers-Plouich, 59159 Marcoing, France

<sup>10</sup>LABORATOIRE DE TOURAINE, B.P. 67357, 37073 Tours cedex 2, France

<sup>11</sup>HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

<sup>12</sup>CLIPP, 75009 Paris, France

<sup>13</sup>VeLVet, 47 bd Leclerc, 35460 St Brice en Cogles

<sup>14</sup>FILAVIE, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

<sup>15</sup>EUROLAP, Le Germillan, B.P. 21, 35140 Gosné, France

Correspondant : melanie.gunia@inra.fr

**Résumé** – La pasteurellose est la première cause de mortalité des femelles en élevage cunicole. Le projet RELAPA (Génomique pour la RESistance génétique des LAPins à la PASTeurellose) a pour objectif de mettre en évidence des régions du génome associées à la réponse à la pasteurellose. Pour ce faire, 955 lapins ont été inoculés à 6 semaines d'âge avec une souche de *Pasteurella multocida* pyogène et suivis pendant 14 jours. La réponse des animaux était très variable, avec 7% de lapins résistants (sans aucun symptôme de pasteurellose et sans *Pasteurella multocida* détectée dans les organes) et 11% d'animaux très sensibles (morts ou euthanasiés pendant l'essai avec des *Pasteurella multocida* détectées). L'effet du père sur les caractères mesurés est très significatif, ce qui laisse présager l'existence d'une variabilité génétique importante dans la résistance à la pasteurellose.

### Abstract – First results of the RELAPA project: Genomics for genetic resistance to pasteurellosis in rabbit.

Pasteurellosis is the first cause of female mortality in rabbit farms. The RELAPA project (Genomics for genetic resistance to pasteurellosis in rabbit) aims at identifying genomic regions associated with the response to pasteurellosis. A total of 955 rabbits were inoculated at 6 weeks of age with a pyogenic strain of *Pasteurella multocida* and were monitored during 14 days. Disease response was very variable among animals, with 7 % of resistant animals (rabbit without any pasteurellosis symptoms and without any *Pasteurella multocida* detected in the organs) and 11% of highly sensitive rabbits (dead or euthanized rabbits with *Pasteurella multocida* bacteria detected in the organs or abscesses). The sire effect is highly significant for the measured traits, which suggests some genetic variability of resistance to pasteurellosis in rabbits.

## Introduction

La Pasteurellose est une des maladies bactériennes les plus répandues dans les élevages cunicoles commerciaux (Coudert et al., 2006a). Les pneumonies, causées principalement par *Pasteurella multocida* (*Pm*) sont la première cause de mortalité des femelles dans les élevages, avec 37,8% de la mortalité (Lopez et al., 2013). La sélection génétique pour la résistance à la pasteurellose est donc un enjeu important. A la suite d'un programme de collecte et de caractérisation de souches de *Pm* (Helloin et al., 2013), le projet RELAPA (Génomique pour la REsistance génétique des LAPins à la PAs Aurellose) a pour but de mettre en évidence des régions du génome associées à la réponse à la pasteurellose. Cette étude présente les premiers résultats de réponse à l'infection expérimentale de lapins inoculés par une souche de *Pm*.

### 1. Matériel et méthodes

#### 1.1. Production des animaux

Un total de 1030 animaux expérimentaux ont été produits au Pôle d'expérimentation cunicole toulousain (Pectoul) par croisement entre 111 femelles de la lignée maternelle INRA 1777 et 65 mâles des 6 lignées grand-parentales maternelles des 3 sélectionneurs français de lapins de chair (Eurolap, Hycole, Hypharm). Les lapins ont été produits en 5 bandes. Ils étaient sevrés à 35 jours et transportés le lendemain du sevrage à la Plateforme d'infectiologie Expérimentale (PFIE). Au total, 955 lapins inoculés et 48 témoins ont été conservés pour cette étude ; 27 lapins inoculés ou devant l'être et 2 témoins ont été exclus de l'étude pour cause de mortalité précoce (avant ou dans les 2 jours suivant l'inoculation) non associée à la pasteurellose. Ces animaux présentaient des diarrhées ou des symptômes d'Entéropathie Epizootique des Lapins (EEL).

#### 1.2. Infection expérimentale et suivi

Les animaux étaient logés en cage de 5, dans deux salles, avec une répartition équilibrée des sexes et des origines paternelles et maternelles au sein des cages et des salles. Après 1 semaine d'adaptation, les lapins étaient inoculés à l'âge de 42 jours (J0), par injection sous-cutanée entre les omoplates d'une dose de 8000 bactéries / 0,1 ml de la souche LVT62 de *Pm* pyogène.

Les animaux des bandes 1 et 2 ont été nourris *ad libitum*. Avec l'apparition de symptômes d'EEL après le sevrage de la bande 3, un rationnement à 90% des besoins moyens quotidiens a été mis en place pour les lapins inoculés et témoins des bandes 3, 4 et 5.

L'état sanitaire des animaux était suivi quotidiennement. Les animaux étaient pesés à J-1, J7 et J14. La température rectale était mesurée quotidiennement de J-1 à J10. La présence et la répartition des abcès sur le corps des animaux étaient enregistrées au moment de l'autopsie, de même que la présence de lésions dues à l'EEL. A l'exception des

animaux morts ou euthanasiés au cours de l'étude, tous les animaux ont été abattus et autopsiés 14 jours après l'inoculation. Au final, 7% des animaux inoculés conservés dans l'étude présentaient des symptômes d'EEL à l'autopsie.

#### 1.3. Echantillon

Des prises de sang ont été effectuées à J-5, J7 et J14 pour permettre des comptages d'anticorps anti-*Pm*, de cellules sanguines et des études d'expression ultérieures. Des biopsies d'oreille ont été prélevées afin d'en extraire l'ADN et de l'utiliser pour génotyper les animaux. Des échantillons de rate, poumons, foie et d'abcès (quand il y en avait) ont été prélevés pour les analyses bactériologiques. Les échantillons de rate et de foie ont été cryo-conservés pour des études ultérieures d'expression génique.

#### 1.4. Caractères étudiés et analyses statistiques

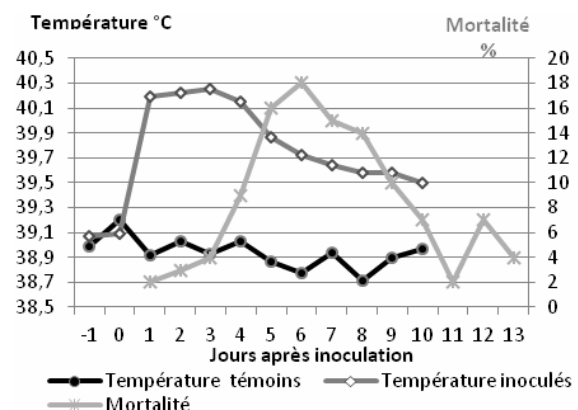
Le Gain Moyen Quotidien des animaux a été calculé en semaine 1 (de J-1 à J7, GMQ s1), en semaine 2 (J7 à J14, GMQ s2) et sur la période totale (J-1 à J14, GMQ tot). A partir des températures rectales quotidiennes, nous avons calculé le nombre de jours de fièvre de la première semaine (Fièvre s1). C'est le nombre de jours où l'animal présente une température supérieure à 39,5°C (95<sup>ème</sup> percentile de la température des animaux témoins). Des notes (de 1 à 5) d'abcès, de bactériologie et une note de résistance associant ces deux critères ont été attribuées aux animaux à partir des résultats d'autopsie pour rendre compte de la dissémination et de la sévérité de l'infection. L'effet de différents facteurs sur ces caractères a été analysé avec un modèle linéaire (Proc Mixed du logiciel SAS).

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Description des caractères mesurés

La courbe de température des animaux inoculés et témoins est présentée en figure 1, ainsi que la mortalité des lapins inoculés.

**Figure 1 : Evolution de la température moyenne et de la mortalité**



Les animaux connaissent un pic de température dès le lendemain de l'infection. La température diminue à



partir du 4<sup>ème</sup> jour. A J10 elle n'est pas revenue à un niveau normal. La mortalité connaît un pic au 6<sup>ème</sup> jour après l'inoculation. Elle s'élève à 11% en moyenne sur la durée totale de l'essai pour les lapins inoculés. Elle est nulle pour les 48 témoins.

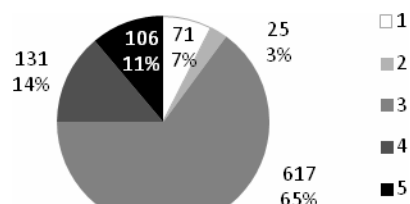
Les statistiques de base des caractères quantitatifs sont présentées au tableau 1.

**Tableau 1: Description des caractères quantitatifs.**

Groupe	Caractère	N	Moyenne	Ecart-type
Témoins	GMQ s1	43	35,3	7,0
	GMQ s2	43	39,3	8,3
	GMQ tot	43	37,0	4,5
	Fièvre s1	48	0,5	0,8
Inoculés	GMQ s1	910	2,6	18,3
	GMQ s2	851	19,7	17,9
	GMQ tot	853	11,1	14,4
	Fièvre s1	896	5,2	1,9

Concernant la note d'abcès : 8% des animaux ne présentaient pas d'abcès, 3% présentaient un abcès uniquement au site d'inoculation, 24% avaient des abcès à l'avant du corps (tête poitrail, cage thoracique), 51% avaient des abcès à l'avant et à l'arrière du corps, et 14% avaient des abcès dans les cavités internes ou les organes. Concernant la note de bactériologie : pour 9% aucune *Pm* n'a pu être détectée tandis que 65% des lapins présentaient ces bactéries au niveau des abcès uniquement, 13% présentaient en plus des bactéries dans un organe, 6% dans 2 organes, et 7% étaient morts avec des *Pm* détectées dans tous les organes prélevés. La proportion d'animaux résistants est présentée en Figure 2.

**Figure 2 : Nombre et proportion de lapins inoculés par note de résistance de 1 (très résistant) à 5 (très sensible)**



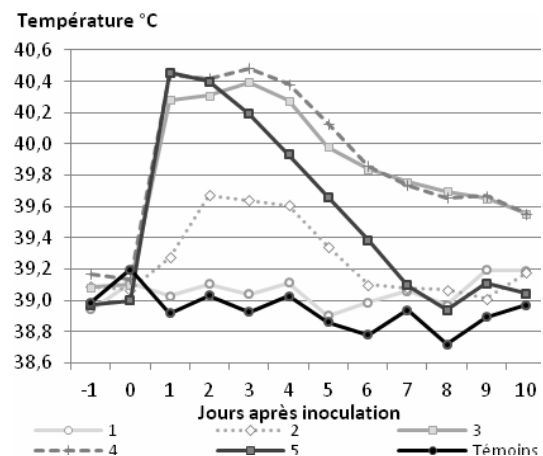
Les animaux très résistants (note 1), n'ont aucun symptôme de pasteurellose et aucune pasteurelle n'a été détectée sur les organes prélevés à l'autopsie, cette note a pu être attribuée à 7% des lapins. Les animaux résistants (note 2) ont un abcès uniquement au site d'inoculation, et aucune pasteurelle détectée dans les organes (3%). Les animaux intermédiaires (note 3) ont des abcès à la surface du corps, mais aucun abcès ni bactérie détectés dans les organes (65%). Les animaux sensibles (note 4) ont des abcès dans les

cavités internes et/ou des organes contaminés par *Pm* (14%). Les animaux très sensibles (note 5) sont ceux morts ou euthanasiés au cours de l'essai et porteurs de *Pm* (11%).

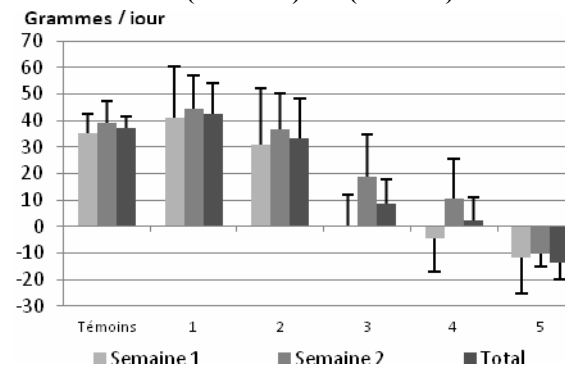
## 2.2. Liens entre les caractères

Les liens entre note de résistance, températures et GMQ sont présentés en Figures 3 et 4.

**Figure 3 : Evolution de la température selon la note de résistance de 1 (résistant) à 5 (sensible)**



**Figure 4 : Gain Moyen Quotidien selon la note de résistance de 1 (résistant) à 5 (sensible)**



Les animaux très résistants (note 1) ont une courbe de température similaire aux témoins, et même une croissance supérieure en moyenne. Les animaux résistants (note 2) présentent un pic de température beaucoup plus bas que les animaux sensibles et reviennent dès J6 à une température normale, ils ont une croissance positive, légèrement inférieure aux témoins. Les animaux présentant des notes de résistance de 3 et 4 ont un pic de température dès J1, des températures élevées jusqu'à J4 qui diminuent ensuite progressivement. Ils ont tendance à perdre du poids en semaine 1. Les animaux très sensibles (note 5), connaissent un déclin rapide de leur température (en dessous de 38,0°C pour une partie d'entre eux) après un pic à J1, accompagné d'une forte perte de poids, qui se terminera par la mort ou l'euthanasie de ces animaux. Les corrélations entre caractères sont présentées dans le Tableau 2.

**Tableau 2: Corrélations de Pearson entre les caractères pour les animaux inoculés**

	Note abcès	Note bactériologie	GMQ semaine 1	GMQ semaine 2	GMQ Total	Nb jours fièvre s1
Note résistance	0,80	0,86	-0,63	-0,50	-0,73	0,59
Note abcès		0,58	-0,63	-0,53	-0,73	0,64
Note bactériologie			-0,46	-0,49	-0,58	0,40
GMQ semaine 1				0,28	0,84	-0,54
GMQ semaine 2					0,75	-0,45
GMQ Total						-0,64

Toutes les corrélations sont significativement différentes de 0 à  $P < 0,001$ .

Plus l'animal est sensible, plus sa note d'abcès et de bactériologie est élevée, plus son GMQ est bas, et plus les jours de fièvre sont nombreux. On observe une corrélation modérément élevée entre Note d'abcès et Nombre de jours de fièvre, qui traduit bien l'augmentation de température liée à la présence d'abcès. Le GMQ en 1<sup>ère</sup> semaine présente des corrélations plus élevées avec les autres caractères que le GMQ en 2<sup>ème</sup> semaine, traduisant l'importance de la réponse du lapin à la maladie dans les premiers jours qui suivent l'inoculation.

### 2.3. Effet fixes

Le Tableau 3 présente la significativité des effets fixes que sont la bande, le sexe, la présence d'EEL, la lignée du père, et de l'effet aléatoire du père sur les caractères mesurés.

**Tableau 3: Significativité des effets fixes (en ligne) sur les caractères mesurés (en colonne)**

	Bande	sexe	EEL	père	lignée
Résistance	***	n.s.	***	*	*
Abcès	**	n.s.	***	*	n.s.
Bactério	***	n.s.	***	n.s.	*
Mortalité	*	n.s.	***	n.s.	**
GMQ s1	***	n.s.	***	**	n.s.
GMQ s2	n.s.	n.s.	**	*	**
GMQ tot	***	n.s.	**	**	n.s.
Fièvre s1	***	n.s.	*	n.s.	n.s.

n.s.=non significatif ;  $P < 0,05 = *$ ;  $P < 0,01 = **$ ;  $P < 0,001 = ***$ .

Les effets bandes et EEL sont significatifs pour presque tous les caractères. L'effet EEL indique une interaction probable entre les 2 maladies. Les différences de réponse à l'infection entre mâles et femelles sont non significatives. L'effet du père est significatif pour presque tous les caractères, et quand il ne l'est pas, l'effet lignée est significatif (sauf pour Fièvre s1). Ces résultats laissent présager l'existence d'une variabilité génétique pouvant expliquer une partie de la variabilité des caractères phénotypiques observés.

Cet essai montre la grande variabilité de la réponse des lapins à l'inoculation de la souche de *Pm* utilisée. Les animaux très résistants réussissent à éliminer le pathogène, ont une croissance normale et ne connaissent pas le pic de température à J1 des animaux sensibles. Cette résistance semble donc s'exprimer très précocement, probablement dans les heures qui suivent l'inoculation. Les animaux ayant une note de résistance de 2, réussissent eux à contenir l'infection au site d'inoculation. Les animaux ayant des notes de 3 et 4 sont très impactés par la maladie, mais semblent se rétablir, avec une légère reprise de poids en semaine 2 et une baisse de leur température corporelle. Les animaux du groupe 5 ne réussissent pas à faire face à l'infection par *Pm*, ou à l'effet combiné de cette dernière et de l'EEL.

### Conclusions

Cette première étape du projet RELAPA montre une grande variabilité de réponses des animaux à l'infection, avec des profils allant d'animaux très résistants à très sensibles. L'effet significatif du père sur les caractères mesurés laisse présager l'existence d'une variabilité génétique sous-jacente.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des participants au projet RELAPA pour la qualité de leur travail, en particulier les équipes de PECTOUL et de la PFIE.

### Références

- Coudert P., Rideau P., Virag G., Cerrone A., 2006. Pasteurellosis in rabbit. Recent Advances in rabbit science. ILVO publ., 146-162.
- Helloin E., Garreau H., Slugocki C., Hilgenberg M., Le Beux C., Licois D., Boucher S., Le Normand B., Morin H., Baumier L.M., Coisne F., Fournier E., Moreno C., Lantier F. 2015. Vers une amélioration de la résistance du lapin à la pasteurellose. In : 16èmes J. Rech. Cunicoles Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ., Paris., 43-46.
- Lopez S., Chretien L., Salaün J.M., Wacquez P.A. 2013. Etude descriptive des mortalités des femelles reproductrices en élevage cunicole. In: 15èmes J. Rech. Cunicoles Fr, Le Mans, 193-196

## UTILISATION D'UN DISPOSITIF CHALLENGE POUR LA SELECTION SUR LA RESISTANCE AUX MALADIES

Gunia Mélanie<sup>1\*</sup>, Hurtaud Jacques<sup>2</sup>, Maupin Mickaël<sup>2</sup>, Gilbert Hélène<sup>1</sup>, Garreau Hervé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GenPhySE, INRA, INPT, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France

<sup>2</sup>HYPHARM SAS, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

\*Correspondant : melanie.gunia@inra.fr

**Résumé** – L'amélioration de la résistance aux maladies est un enjeu crucial pour augmenter le bien-être des animaux, réduire la mortalité dans les élevages, les saisies à l'abattoir et les réformes d'animaux pour causes sanitaires. Pour améliorer génétiquement la résistance aux maladies de la lignée arrière-grande-parentale maternelle AGP77, le sélectionneur Hypharm a mis en place l'enregistrement de caractères de santé dans son élevage de sélection et dans plusieurs élevages dits « Challenge » dans lesquels l'environnement sanitaire est moins favorable aux animaux, et donc dont l'occurrence de maladies plus fréquente. Les signes cliniques de maladies ont été enregistrés sur 23 773 animaux (75% en élevage de sélection, 25% en élevages challenge) en fin d'engraissement entre 10 et 11 semaines. Les caractères de santé étudiés sont les troubles digestifs, respiratoires et infectieux (caractère composite prenant en compte les troubles digestifs et respiratoires). En élevage de sélection, 26% des animaux présentent des troubles infectieux (de très légers à sévères, ce caractère inclut la morbidité et la mortalité) contre 41% en élevages challenge. L'héritabilité du caractère de résistance aux troubles infectieux est de  $0,05 \pm 0,01$  dans l'élevage de sélection et de  $0,10 \pm 0,02$  dans les élevages challenge, en lien avec une variabilité phénotypique et génétique accrue dans ces derniers. La corrélation génétique entre ces deux caractères est de  $0,70 \pm 0,13$ . La forte corrélation génétique entre la résistance aux troubles infectieux mesurée en élevage de sélection et en élevages challenge suggère que tout progrès génétique réalisé dans l'un ou l'autre environnement sera favorable en terme de progrès génétique dans le deuxième environnement. L'héritabilité supérieure en élevages challenge confirme l'intérêt du dispositif challenge pour identifier les meilleurs reproducteurs de façon plus efficace, avec une meilleure discrimination des animaux selon leur résistance génétique aux maladies.

**Abstract – Using natural challenge for disease resistance selection** – Improving disease resistance is the key to improve animal welfare, reduce mortality and culling for sanitary reason in commercial farms as well as carcass condemnation in the slaughterhouses. In order to improve the disease resistance of the AGP77 maternal line, Hypharm breeding company registered health traits in the breeding nucleus and in “challenge” farms, where the environment is less favorable to the animals and the disease frequency is higher. Clinical signs have been registered on 23 773 rabbits (75% in the nucleus, 25% in the challenge farms) at the end of the test at 10 to 11 weeks of age. The disease traits were: digestive syndromes, respiratory syndromes, infectious syndromes (a composite trait including digestive and respiratory syndromes). In the nucleus 26% of the rabbits showed infectious syndromes (from minor to severe, morbidity and mortality included) versus 41% in the challenge farms. The heritability of the infectious syndromes was  $0,05 \pm 0,01$  in the nucleus farm and  $0,10 \pm 0,02$  in the challenge farms, which could be related to the higher phenotypic and genetic variation in the challenge farms. The genetic correlation between the infectious syndromes in the nucleus and in the challenge farms was  $0.70 \pm 0.13$ . The high genetic correlation between the two traits shows that genetic progress made in one environment will also be favorable in terms of genetic progress for the other environment. The higher heritability in the challenge farms confirms the importance of such farm to identify effectively the best reproducers.

### Introduction

L'amélioration de la résistance aux maladies est un enjeu crucial pour augmenter le bien-être des animaux, réduire la mortalité et les réformes pour causes sanitaires. En lapin, différentes études ont montré l'intérêt de l'utilisation de signes cliniques de maladies pour améliorer la résistance aux troubles respiratoires (Eady *et al.*, 2004), aux troubles digestifs (Garreau *et al.*, 2008) et aux troubles infectieux non-spécifiques (Gunia *et al.*, 2016). Cependant, du fait de

l'application de mesures de biosécurité plus strictes, les noyaux de sélection ont souvent un meilleur statut sanitaire que les élevages commerciaux, ce qui rend plus difficile la sélection pour la résistance aux maladies (Kause *et al.*, 2012). Depuis 2012, le sélectionneur Hypharm a mis en place un dispositif challenge pour mesurer la résistance aux maladies sur des collatéraux de candidats à la sélection. Cette étude a pour objectif d'évaluer différents caractères de santé pouvant permettre de réduire les pathologies en

élevage. Pour cela, les paramètres génétiques de ces caractères de santé ont été estimés ainsi que leurs corrélations génétiques avec les caractères de production.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Animaux

Les données ont été enregistrées sur la lignée arrière grand-parentale maternelle AGP77 du sélectionneur Hypharm. Les données étudiées concernent 23773 animaux, nés entre 2012 et 2016.

Les animaux sont sevrés à 31 jours. Pour la moitié des bandes, 50% des effectifs sont élevés en élevages challenge. Il s'agit des collatéraux (frères et sœurs) des candidats à la sélection. Au final, 25% des données de santé sont enregistrées en élevages challenge (6061 animaux) et 75% en élevage de sélection (17712 animaux).

### 1.2. Caractères mesurés

Le Tableau 1 rassemble les moyennes et écarts-types des caractères de production et la proportion d'animaux présentant des signes cliniques de maladies. Le moindre signe clinique de maladies, qu'il soit très faible ou sévère, est enregistré individuellement sur les animaux en fin d'engraissement, entre 70 et 80 jours d'âge. Un ou deux codes santé traduisant les signes cliniques principaux sont enregistrés pour chaque animal. Après autopsie, les causes de mortalité entre le sevrage et 10-11 semaines d'âge sont également enregistrées. Les caractères « Respi » et « Digest » traduisent la présence de signes de troubles respiratoires et de troubles digestifs, en fin d'engraissement (0 = absence du trouble concerné, 1 présence). Le caractère de troubles infectieux (Infect) traduit la présence de signes cliniques de maladies non spécifiques en fin d'engraissement ou une mortalité pendant l'engraissement (0 = sain, 1 = malade ou mort). Le terme « Infect » est utilisé pour ce caractère sans

distinction de l'élevage où il a été enregistré, « Infect Sélection » est utilisé pour les troubles infectieux mesurés en élevage de sélection, et « Infect Challenge » pour les troubles infectieux mesurés en élevages challenge.

Les caractères de production sont le poids individuel au sevrage et le nombre de nés vivants. Le nombre de nés vivants est uniquement enregistré sur les femelles gardées comme reproductrices en élevage de sélection et est considéré comme un caractère répété de cette dernière.

**Tableau 1: Effectif (N), moyenne (Moy) et écart-type (ET) des caractères de production, prévalence des caractères de santé (période 2012-2016).**

Caractères de production	N	Moy	ET
Nés vivants	4121	9,9	3,3
Poids au sevrage à 31 jours (g)	13090	664	102
Caractères de santé	N	Prévalence (%)	
Respi	23773	16	
Digest	23773	13	
Infect	23773	30	
Infect Sélection	17712	26	
Infect Challenge	6061	41	

### 1.3. Analyses statistiques

Un modèle linéaire animal bicaractère a été utilisé pour étudier les caractères Infect Sélection et Infect Challenge et des modèles linéaires animal tricaractère pour l'étude d'Infect, Respi et Digest d'une part, et Infect, Nés vivants et Poids sevrage d'autre part. Les effets retenus dans les modèles sont présentés Tableau 2. L'effet aléatoire de l'environnement permanent de l'animal a été inclus pour les Nés vivants afin de prendre en compte la répétition des performances.

Les estimations des paramètres ont été obtenues par la méthode du maximum de vraisemblance restreint avec ASReml 3.0 (Gilmour *et al.*, 2009).

**Tableau 2: Liste des effets aléatoires (1<sup>ère</sup> section) et fixes (2<sup>ème</sup> section) utilisés pour chaque caractère**

	Infect	Respi	Digest	Infect Sélection	Infect Challenge	Poids sevrage	Nés vivants
Génétiques directs	x	x	x	x	x	x	x
Génétiques maternels						x	
Environnement commun de portée	x	x	x	x	x	x	
Environnement maternel						x	
Environnement permanent animal							x
Bande	x	x	x	x	x	x	
Sexe	x	x	x	x	x	x	
Elevage	x	x	x		x		
Rang de mise bas						x	
Année saison de mise-bas							x
Stade physiologique-rang de mise bas							x

Des analyses préliminaires des caractères de troubles infectieux avec un modèle à seuil, plus approprié pour traiter des variables discrètes, avaient donné des valeurs d'héritabilité du même ordre de grandeur que celles obtenues avec un modèle linéaire, mais n'avaient pas permis d'estimer les corrélations génétiques entre caractères. C'est pourquoi, bien que les caractères de santé soient des variables binaires, les analyses ont été réalisées avec des modèles linéaires.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Les différents caractères de santé

Les paramètres génétiques des différents caractères de santé (tous élevages confondus) sont présentés Tableaux 3 et 4.

**Tableau 3: Héritabilité ( $h^2$ ) et effet d'environnement commun de portée ( $c^2$ ) des différents caractères de santé.**

	Infect	Respi	Digest
$h^2$	0,05±0,01	0,06±0,01	0,04±0,01
$c^2$	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,00

**Tableau 4: Corrélations génétiques (au-dessus de la diagonale) et phénotypiques (en dessous de la diagonale) entre caractères de santé ( $\pm$ erreurs standards)**

	Infect	Respi	Digest
Infect		0,73±0,00	0,60±0,00
Respi	0,67±0,00		-0,10±0,13
Digest	0,58±0,00	0,16±0,01	

Le caractère composite Infect est assez fortement corrélé aux caractères Respi et Digest. Ces corrélations sont un peu plus élevées avec Respi, qui représente les troubles majoritaires. La corrélation génétique entre Respi et Digest est très légèrement négative, et n'est pas significativement différente de zéro, avec une erreur-standard élevée, tandis que la corrélation phénotypique entre ces deux caractères est légèrement positive (certains lapins présentaient à la fois des signes de troubles respiratoires et des signes de troubles digestifs). Ces résultats corroborent ceux obtenus précédemment en lignées mâles Hypharm (Gunia et al., 2016). Le caractère Infect permettrait donc d'améliorer à la fois les troubles digestifs et respiratoires, et est un donc un caractère intéressant pour la sélection sur la résistance aux maladies.

### 2.2. Les troubles infectieux en élevage de sélection et en élevages challenge

Les troubles infectieux sont enregistrés dans deux types d'élevage. Pour étudier la présence éventuelle d'une interaction Génotype \* Milieu, les paramètres génétiques des troubles infectieux en élevage de sélection et en élevages challenge ont été estimés. Ils sont présentés au Tableau 5.

**Tableau 5: Héritabilité ( $h^2$ ), effet d'environnement commun de portée ( $c^2$ ), corrélation génétique des troubles infectieux ( $\pm$ erreur standard)**

	Infect Sélection	Infect Challenge
$h^2$	0,05±0,01	0,10±0,02
$c^2$	0,03±0,01	0,01±0,01
Corr. génét	0,70 ± 0,13	

Les héritabilités sont faibles pour les 2 caractères, du même ordre de grandeur que celles observées pour ce type de caractère dans d'autres lignées (Gunia et al., 2016). L'héritabilité de Infect est la même que celle du caractère Infect Sélection, probablement parce que trois-quarts des mesures proviennent du noyau de sélection. L'héritabilité est supérieure en élevages challenge du fait d'une variabilité génétique augmentée. L'identification des animaux génétiquement plus résistants est donc meilleure en élevages challenge, ce qui est probablement dû à l'expression supérieure de ce caractère de résistance aux maladies en milieu challenge. Les deux caractères sont assez fortement corrélés, ce qui suggère que tout progrès génétique réalisé dans l'un ou l'autre environnement sera traduit en progrès génétique dans le deuxième environnement. Cette corrélation génétique, différente de 1, suggère néanmoins l'existence d'une interaction Génotype \* Milieu. Le classement des individus sur leur index de résistance aux troubles infectieux peut donc différer selon l'environnement considéré.

Cette information de santé peut être prise en compte de différentes façons. Il est possible de construire un objectif de sélection incluant Infect Sélection et Infect Challenge si on considère que ces deux caractères doivent être améliorés. Il serait aussi possible de ne prendre en compte que l'un de ces deux caractères dans l'objectif de sélection, et de considérer que l'autre caractère est un critère de sélection apportant une information corrélée. Une troisième solution est l'utilisation du caractère Infect, qui permet de prendre en compte l'information de l'élevages de sélection et des élevages challenge tout en simplifiant l'indexation, même si une séparation de ce caractère selon le type d'élevage (sélection ou challenge) serait théoriquement plus exacte.

### 2.3. Les troubles infectieux et les autres caractères en sélection

Les paramètres génétiques de Infect, des Nés vivants et du Poids sevrage sont présentés Tableaux 6 et 7. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre Infect Sélection ou Infect Challenge et les caractères de productions ont aussi été estimées (résultats non présentés). Elles sont très similaires aux corrélations avec Infect présentées Tableau 6.

**Tableau 6: Corrélations génétiques au-dessus de la diagonale et phénotypiques en dessous de la diagonale ( $\pm$  erreur standard)**

	Infect	Nés vivants	Poids sevrage (direct)	Poids sevrage (maternel)
Infect		-0.10 $\pm$ 0.13	-0.29 $\pm$ 0.11	-0.05 $\pm$ 0.19
Nés vivants	-0.39 $\pm$ 0.03		-0.22 $\pm$ 0.11	0.51 $\pm$ 0.16
Poids sevrage (direct)	-0.12 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.03		-0.70 $\pm$ 0.13

**Tableau 7: Héritabilité directe ( $h^2$ ), maternelle ( $m^2$ ), effet d'environnement commun de portée ( $c^2$ ), environnement permanent et maternel des caractères de production ( $\pm$  erreurs standards)**

	Nés vivants	Poids sevrage
$h^2$	0,16 $\pm$ 0,03	0,29 $\pm$ 0,04
$m^2$		0,05 $\pm$ 0,02
$c^2$		0,12 $\pm$ 0,01
env perm	0,03 $\pm$ 0,02	
env maternel		0,07 $\pm$ 0,01

Les Nés vivants, le Poids sevrage et Infect font partie de l'objectif de sélection de la lignée AGP77. Les héritabilités du Poids sevrage et des Nés vivants sont du même ordre de grandeur que celles publiées dans d'autres lignées de lapin (Loussouarn *et al.*, 2011 ; Piles *et al.*, 2006).

La corrélation génétique entre les Nés vivants et les effets directs du Poids sevrage est négative mais non significativement différente de zéro. La corrélation génétique entre les Nés vivants et les effets maternels du Poids sevrage est positive.

La corrélation génétique entre Infect et Nés vivants n'est pas significativement différente de zéro. Celle entre Infect et Poids sevrage est favorable.

Ces résultats sont conformes à ceux observés en lignées paternelles, avec des corrélations nulles ou favorables entre Infect et les caractères de production (Gunia *et al.*, 2015). Il est donc possible d'améliorer la santé sans faire de compromis importants sur les autres caractères en sélection.

### Conclusion

Le dispositif challenge permet la collecte de mesures de santé dans des conditions plus proches de celles des élevages commerciaux sur des animaux en lignée pure. Il existe une interaction Génotype\*Milieu pour le caractère de résistance aux troubles infectieux. Les enregistrements en élevages challenge permettent donc une meilleure sélection des animaux avec la

prise en compte de performances de santé dans des conditions de terrain. Les héritabilités des caractères de troubles infectieux en élevage de sélection, en élevage challenge, et tous élevages confondus sont faibles mais significatives, et ces caractères de santé sont corrélés favorablement avec les caractères de production. Il est donc possible d'améliorer la santé sans faire de compromis importants sur les autres caractères.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le personnel d'élevage pour la collecte des données et l'ensemble des chantiers de tris et d'autopsies réalisés.

### Références

- Eady S. J., Garreau H., Hurtaud J. Heritability of resistance to bacterial infection in commercial meat rabbit populations. In : 8ème World Rabbit Congress, Puebla, Mexique, 2004.
- Garreau H., Eady S. J., Hurtaud J., Legarra A. Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. In : 9ème World Rabbit Congress, Vérone, Italie 2008.
- Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., Garreau H. 2015. Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. *J. Anim. Sci.* 93 : 5631-5638.
- Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., Garreau H. Genetic parameters for resistance to infectious diseases in two French paternal meat rabbit lines. In : 11ème World Rabbit Congress, Qingdao, Chine, 2016.
- Kause A., Ødegård J., 2012. The genetic analysis of tolerance to infections: A review. *Front. Genet.* 3:1–9.
- Loussouarn V., Robert R., Garreau H., 2011. Sélection d'une lignée femelle Hyla sur le poids au sevrage : estimation des paramètres génétiques et analyse du progrès génétique. In : 14èmes J. Rech. Cunicoles, Le Mans, France, p. 121-124.
- Piles M., García M. L., Rafel O., Ramon J., Baselga M., 2014. Genetics of litter size in three maternal lines of rabbits: Repeatability versus multiple-trait models. *J. Anim. Sci.* 84: 2309-2315.

## HÉRITABILITÉ DES MAUX DE PATTES ET RELATIONS AVEC LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DE LA LIGNÉE INRA 1777

Gunia Mélanie<sup>1</sup>, Balmissé Élodie<sup>2</sup>, Héliès Virginie<sup>2</sup>, Pujol Sébastien<sup>2</sup>, Ruesche Julien<sup>1</sup>, Gilbert Hélène<sup>1</sup>, Garreau Hervé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GenPhySE, INRA, INPT, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France

<sup>2</sup>PECTOUL, INRA, 31326 Castanet-Tolosan, France

Correspondant : melanie.gunia@inra.fr

**Résumé** – Les maux de pattes ont été identifiés comme la première cause de réforme sanitaire des femelles dans les élevages. Le but de cette étude est d'évaluer les différences de performances zootechniques des animaux présentant des maux de pattes et de déterminer l'héritabilité de ce caractère. Les enregistrements des performances de 2933 reproducteurs (2200 femelles et 733 mâles) nés entre 2004 et 2015 de la lignée INRA 1777 ont été analysés. La présence de maux de pattes est enregistrée à chaque cycle, pendant la pesée dite « de palpation », 14 jours après l'IA. Les femelles représentent 96,5% des animaux atteints. La proportion de lapines souffrant de pododermatite varie de 0,10 % à la palpation 1 à 15,7% à la palpation 5. Les femelles présentant des maux de pattes ont un taux de mise bas significativement plus faible, un poids vif et une croissance inférieure. Les différences entre femelles atteintes et non-atteintes ne sont pas significatives pour le nombre de nés vivants, la mortinatalité et la mortalité en pré-sevrage. L'héritabilité de la présence de maux de pattes (présence de maux de pattes au moins une fois au cours des 6 premières palpations) est de  $0,07 \pm 0,03$  avec un modèle linéaire et de  $0,13 \pm 0,05$  avec un modèle à seuil. Ce caractère pourrait donc éventuellement être inclus dans les objectifs de sélection.

**Abstract – Heritability of pododermatitis and consequences on reproduction performances in the INRA 1777 line.** Sore hocks are the first cause of female sanitary culling in the commercial rabbit farms. The aims of his study were to analyse the performance gap of affected rabbits and estimate the heritability of pododermatitis. Records on 2933 rabbits (2200 females and 733 males) born between 2004 and 2015 of the INRA 1777 rabbit line were analyzed. Pododermatitis was registered at each reproduction cycle during the "palpation" weighing which occurs 14 days after Artificial Insemination. Females represent 96.5% of the affected rabbits. The proportion of does showing sore hocks reached 0.10% at the first palpation and 15.7% at the fifth palpation. In total, 15.6% of the females showed sore hocks at least once during the first 6 palpations. Females suffering from sore hocks have a lower fertility, a lower body weight at palpation and a lower average daily gain between palpations. They were no significant differences for the number of born alive, mortinatality and pre-weaning death rate. The heritability of pododermatitis (presence of pododermatitis at least once during the first 6 palpations) was  $0.07 \pm 0.03$  with a linear model and  $0.13 \pm 0.05$  with a threshold model. This trait might therefore be included in the breeding objectives.

### Introduction

Les maux de pattes ou pododermatites sont la 1<sup>ère</sup> cause de réforme pour raison sanitaire des lapines dans les élevages, avec 17,4% des lapines réformées pour cette raison (Lopez *et al.*, 2013). La pododermatite est une inflammation de la peau au niveau des coussins plantaires, pouvant être aggravée par des staphylocoques. Le type de sol et l'absence de repose-pattes ont été identifiés comme des facteurs de risques de leur apparition. L'existence de facteurs génétiques est moins connue. Un effet lignée a été mis en évidence (Rosell et de la Fuente, 2016), mais aucune estimation de paramètres génétiques n'a été conduite pour ce caractère en lapins. Pourtant, la pododermatite en volaille (Kapell *et al.*, 2012) ou la dermatite digitée en bovins (Onyiro *et al.*, 2008) sont des caractères héréditaires. Le but de cette étude est de mettre en évidence des liens entre la présence de maux de pattes et les performances zootechniques, et

d'établir s'il existe un déterminisme génétique aux maux de pattes.

### 1. Matériel et méthodes

#### 1.1. Animaux

L'étude se base sur l'enregistrement des performances de 2933 reproducteurs (2200 femelles et 733 mâles) nés entre 2004 et 2015 de la lignée INRA 1777 (Garreau *et al.* 2005, 2015). La lignée est élevée au Pôle Expérimental Cunicole Toulousain (PECTOUL), en cages grillagées avec repose-pattes. La population est conduite en générations séparées. Chaque génération est formée de 2 cohortes issues des 4<sup>èmes</sup> et 5<sup>èmes</sup> inséminations de la génération précédente et totalise entre 110 et 120 femelles et 33 mâles. Les femelles sont inséminées à intervalles de 6 semaines avec une première IA variant entre 17 à 22 semaines entre 2004 et 2015. Chaque génération est réformée après 8 IA. Les femelles peuvent aussi être réformées avant, si elles présentent un état général dégradé, des

pathologies, ou des maux de pattes s'aggravant malgré les traitements. Les lapereaux sont sevrés à 31 jours. Les animaux sont sélectionnés selon un indice global qui combine la valeur génétique du nombre de lapereaux vivants à la naissance, la valeur génétique directe du poids au sevrage et la valeur génétique maternelle du poids au sevrage.

### 1.2. Caractères étudiés

La présence de signes cliniques, dont les maux de pattes, est enregistrée au moment de la pesée dite « de palpation », 14 jours après l'IA. La pesée est effectuée sur les mâles et les femelles pendant les 6 premiers cycles de reproduction, bien que les femelles ne soient pas palpées. Dans notre étude, le caractère de maux de pattes est considéré à numéro de palpation fixe, quel que soit l'âge de l'animal. C'est un caractère binaire, codé 1 = présence de maux de pattes à la palpation considérée, 0 = absence de maux de pattes à la palpation considérée. Les maux de pattes ont été étudiés palpation par palpation, indépendamment des autres palpations pour s'affranchir simplement des problèmes de biais dus aux rechutes, guérisons et réformes d'animaux. Le caractère de « Maux de pattes global » traduit la présence de maux de pattes observés au moins 1 fois lors des 6 palpations. Les autres caractères étudiés sont le poids à la palpation, le Gain Moyen Quotidien (GMQ) entre deux palpations, le nombre de nés vivants, la mortalité, la mortalité naissance-sevrage et la fertilité des femelles (avec un taux de mise bas codé 1 pour une femelle inséminée mettant bas et 0 pour une femelle inséminée ne mettant pas bas).

### 1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été conduites sur les femelles uniquement, des palpations 2 à 6. L'effet de la présence de maux de pattes sur la moyenne des caractères étudiés (sans correction pour d'autres effets fixes) a été testé avec un test de Student (proc TTEST du logiciel SAS). L'effet de différents facteurs et de la présence de maux de pattes sur la moyenne des caractères étudiés a été testé avec une analyse de variance (proc GLM du logiciel SAS). Seul l'effet de la cohorte était significatif ( $P < 0,05$ ). Les moyennes ajustées (LSMEANS) des caractères étudiés ont été estimées en prenant en compte cet effet.

Les études de paramètres génétiques ont été conduites sur l'ensemble du jeu de données (mâles et femelles). La présence de maux de pattes, palpation par palpation, des palpations 3 à 6, et de « maux de pattes global », ont été analysées en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance restreint (Reml) avec ASRepl 3.0 (Gilmour *et al.*, 2009). Un modèle animal linéaire et un modèle à seuil avec une transformation logit ont été utilisés pour analyser les paramètres génétiques des maux de pattes. L'effet aléatoire animal et les effets fixes de la cohorte et du sexe étaient significatifs ( $P < 0,05$ ). Les effets de l'âge à la palpation et du stade physiologique de la femelle n'étaient pas significatifs pour ce jeu de données et

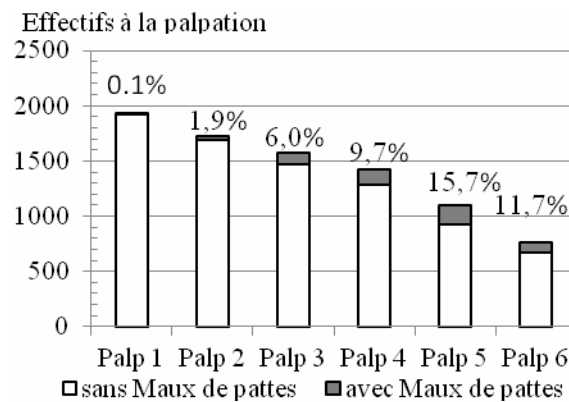
n'ont pas été gardés dans l'analyse. Il est probable que l'effet âge soit confondu avec l'effet cohorte.

## 2. Résultats

### 2.1. Effectifs d'animaux atteints

Les maux de pattes touchent principalement les femelles. Sur les 2933 reproducteurs (2200 femelles et 733 mâles), les femelles représentent 96,5% des animaux atteints. Au total, 12 mâles et 330 femelles ont présenté des maux de pattes lors d'une palpation au moins. Ces 330 femelles atteintes représentent 15,6% de l'ensemble des femelles. Leur répartition est présentée Figure 1.

**Figure 1 : Effectifs de femelles et proportion de lapines présentant des maux de pattes à chaque palpation (Palp)**

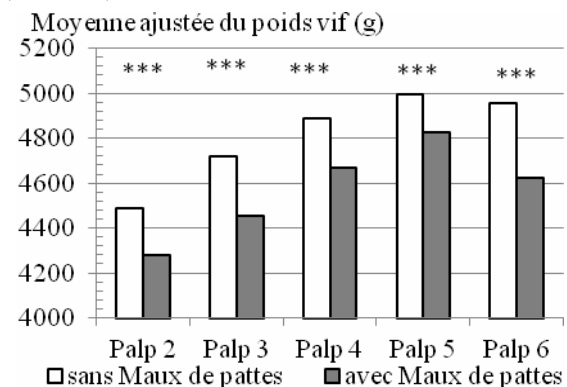


La proportion de maux de pattes augmente avec la parité (sauf en palpation 6). Les maux de pattes aux palpations successives concernent parfois les mêmes femelles. Ainsi, 8% des femelles présentant des maux de pattes à la palpation 6 en présentaient aussi à la palpation 2, et 28% des femelles présentant des maux de pattes à la palpation 6 en présentaient aussi à la palpation 3.

### 2.2. Poids et croissance

Le poids des femelles à chaque palpation est présenté à la Figure 2. L'évolution des poids des femelles lors des 42 jours (1 cycle) précédant la palpation est présentée en Figure 3.

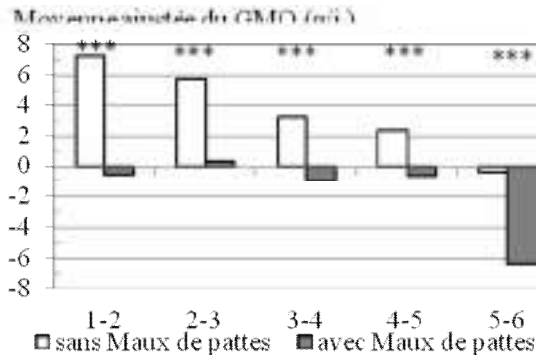
**Figure 2: Moyenne du poids vif des lapines à la palpation ajustée pour l'effet cohorte (\*\*\*)**





Les femelles atteintes de maux de pattes présentent un poids vif inférieur de 170g ( $P<0,001$ ) à la palpation 5, à 330g ( $P<0,001$ ) à la palpation 6.

**Figure 3 : Moyenne de la croissance des lapines entre les deux palpations précédant l'enregistrement des maux de pattes ajustée pour l'effet cohorte (\*\*\*) :  $P<0,001$**

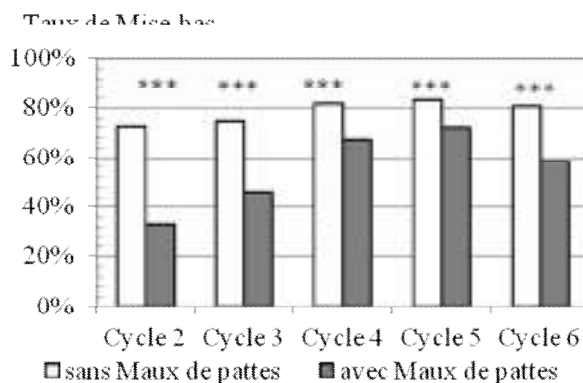


Les femelles présentant des maux de pattes à la palpation ont perdu du poids ou ont eu un très faible gain de poids depuis la palpation précédente. Elles n'ont pas réussi à reprendre du poids comme le font les lapines non atteintes.

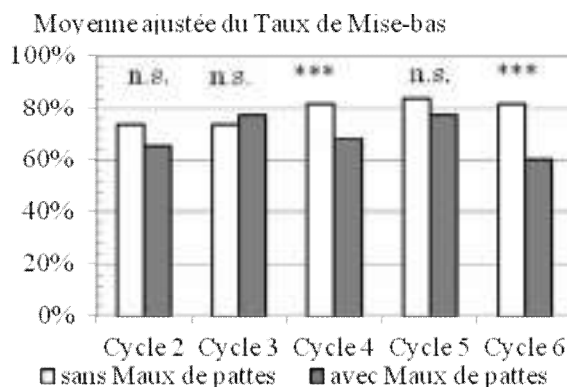
### 2.3. Reproduction

Les taux de mise bas à chaque cycle pour des lapines présentant ou non des maux de pattes à la palpation du cycle considéré est présenté en Figure 4 (données brutes) et 5 (moyennes ajustées pour l'effet cohorte).

**Figure 4 : Moyenne du taux de mise bas des lapines à chaque cycle (données brutes)**



**Figure 5 : Moyenne du taux de mise bas des lapines à chaque cycle ajustée pour l'effet cohorte**



\*\*\* :  $P<0,001$ . n.s. : non-significatif

La différence de taux de mise bas entre les femelles atteintes et les autres est très marquée, avec une perte de fertilité de 11 (cycle 5) à 40 points (cycle 2) pour les femelles atteintes. En prenant en compte l'effet cohorte, cet effet est beaucoup moins marqué, et n'est significatif qu'aux cycles 4 et 6, avec une baisse de 14 et 22 points de fertilité à ces cycles. Ces résultats montrent néanmoins clairement un lien entre présence de maux de pattes et moindre succès à l'IA. La différence entre les 2 graphiques montre qu'il existe des cohortes à faible occurrence de maux de pattes et d'autres cohortes à forte occurrence.

Aucune différence significative n'a été observée en termes de nombre de nés vivants, de mortalité, de mortalité des lapereaux entre la naissance et le sevrage entre les femelles présentant ou non des maux de pattes.

### 2.4. Réforme et mortalité des femelles

**Tableau 1 : Répartition des causes de réforme et mortalité des femelles sans maux de pattes et de celles ayant présenté des maux de pattes à une ou plusieurs palpations**

Causes de réforme et mortalité (%)	Maux de pattes	
	Sans	Avec
Fin de la génération	41,4	26,4
Maux de pattes	2,1	14,0
Mauvais état général	3,7	13,4
Mortalité autour mise bas	12,5	12,5
Mortalité mauvais état général	0,6	4,0
Maigreur	0,9	3,0
Autres	38,9	26,7

Les femelles ayant présenté des maux de pattes au moins une fois au cours de leur carrière ont été beaucoup moins réformées pour fin de génération (Tableau 1). Elles ont une carrière plus courte et n'atteignent pas les 8 IA de la génération. Les femelles atteintes sont réformées pour maux de pattes (14%) ou meurent et sont réformées avec des causes traduisant un mauvais état corporel (20,4% pour mauvais état général et maigreur).

Certaines femelles n'ayant pas présenté de maux de pattes ont aussi été réformées pour maux de pattes, probablement pour des maux de pattes sévères observés en dehors des pesées de palpation.

**Tableau 2 : Héritabilité des maux de pattes à chaque palpation**

	Effectif	Proportion atteints	h <sup>2</sup> (linéaire)	h <sup>2</sup> (seuil)
Palpation 3	2075	4,70%	0.16 ± 0.05	0.15 ± 0.09
Palpation 4	1903	7,40%	0.09 ± 0.04	0.17 ± 0.07
Palpation 5	1498	6,90%	0.03 ± 0.03	0.10 ± 0.06
Palpation 6	1045	8,00%	0.06 ± 0.05	0.13 ± 0.09
Global	2867	11,90%	0.07 ± 0.03	0.13 ± 0.05

Le jeu de données comprend les mâles et les femelles. Global : présence de maux de pattes au moins une fois sur les 6 premières palpations.

### 2.5. Héritabilité des maux de pattes

Les héritabilités estimées pour les maux de pattes à chaque palpation et pour l'ensemble de la période sont faibles, avec des écarts-types d'erreur élevés (Tableau 2). Les estimations utilisant un modèle à seuil donnent des héritabilités plus élevées, mais avec des écarts-types d'erreur plus importants. Un effectif de lapines supérieur permettrait une meilleure estimation de l'héritabilité de ces caractères. Ces résultats montrent cependant qu'il existe un déterminisme génétique des maux de pattes.

### 3. Discussion

L'effet du type de sol sur l'apparition de maux de pattes est connu. Des sols en plastique ne permettant pas un écoulement correct de l'eau et des déjections et les sols grillagés favorisent l'apparition des maux de pattes (Maertens et al., 2015, Masthoff et al., 2016). De même, l'absence de repose-pattes sur des cages grillagées est un facteur de risque fort (Sanchez *et al.*, 2012). Sanchez et al. (2012) ont montré que la lignée génétique est aussi un facteur de risque d'apparition des maux de pattes. Notre étude est la première en lapin à montrer l'existence d'un déterminisme génétique des pododermatites.

A chaque palpation, les lapines affectées par les maux de pattes sont les plus légères, ce sont celles qui ne réussissent pas à reprendre du poids entre deux palpations. Les causes de réformes montrent que ces lapines ont un mauvais état corporel. Une mesure de l'état corporel des femelles à chaque palpation permettrait de mieux comprendre les liens entre ces caractères.

La baisse de fertilité des femelles atteintes de maux de pattes a aussi été observée par Rosell et de la Fuente (2016). Dans les élevages commerciaux, ils ont noté une baisse de fertilité des femelles présentant des maux de pattes de 9,4% par rapport à des femelles saines.

Les maux de pattes peuvent être considérés comme un indicateur de la bonne tenue du cheptel (Boucher et Nouaille, 2013). Ils pourraient donc être un marqueur d'état corporel des femelles. Les femelles dont l'état corporel est le plus dégradé seraient plus susceptibles d'avoir des maux de pattes et auraient aussi des problèmes de fertilité. Les mâles seraient bien moins sensibles que les femelles du fait de la moindre mobilisation de leurs réserves.

### Conclusions

La présence de maux de pattes semble être un marqueur de l'état corporel des femelles, associé à une infertilité accrue. La présence d'un déterminisme génétique sous-jacent à ce caractère suggère un intérêt potentiel à prendre en compte ce caractère dans les objectifs de sélection des lignées maternelles.

### Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de Pectoul pour la qualité de l'enregistrement des données.

### Références

- Boucher S., Nouaille L., 2013. Maux de pattes, escarres plantaires ou pododermatite. In : « Maladies des lapins » (France Agricole ed.), p 229-233.
- Garreau H., Duzert R., Tudela F., Baillot C., Ruesche J., Grauby G., Lille-Larroucau C., de Rochambeau H., 2005. Gestion et sélection de la souche INRA 1777 : Résultats de trois générations de sélection 11èmes J. Rech. Cunicoles, Paris, p 19-22.
- Garreau H., Balmiss E., Ruesche J., Hurtaud J., Maupin M., Canario L., David I., 2015. Relation entre les critères de sélection de la lignée INRA 1777 et la survie des lapereaux. 16èmes J. Rech. Cunicoles, Le Mans, p77-80.
- Gilmour A R., Gogel B. J., Cullis B. R., Thompson R., 2009. ASReml user guide release 3.0., 398 p.
- Kapell, D. N. R. G., Hill W. G., Neeteson A. M., McAdam J., Koerhuis A. N. M., Avendano S., 2012. Genetic parameters of foot-pad dermatitis and body weight in purebred broiler lines in 2 contrasting environments. *Poult. Sci.* 91:565-574.
- Lopez S., Chretien L., Salaün J.M., Wacquez P.A. Étude descriptive des causes de réforme des femelles reproductrices en élevage cunicole, 2013. In : 15èmes J. Rech. Cunicoles, Le Mans . p. 193-196.
- Maertens L., Buijs S., Tuytens F.A.M., 2015. L'impact d'un logement temporairement en groupe et du sol sur le bien-être des lapines. In : 16èmes J. Rech. Cunicoles Fr, Le Mans (INRA ed.), ITAVI publ., Paris. p. 215-218.
- Masthoff T., Lang C., Hoy S. 2016. Effect of group size on fattening performance and of various types of slatted floor on dirtiness and occurrence of pododermatitis in growing rabbits. 11ème World Rabbit Congress, Qingdao, Chine.
- Onyiro, O. M., Andrews L. J., Brotherstone S., 2008. Genetic Parameters for Digital Dermatitis and Correlations with Locomotion, Production, Fertility Traits, and Longevity in Holstein-Friesian Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 91:4037-4046.
- Rosell J.M., de la Fuente L.F. 2016. Infertility of female rabbits on commercial line. 11ème World Rabbit Congress, Qingdao, Chine.
- Sánchez J. P., de la Fuente L. F., Rosell J. M., 2012. Health and body condition of lactating females on rabbit farms. *J. Anim. Sci.* 90:2353-2361.

## ANALYSE GÉNÉTIQUE ET SÉLECTION D'UNE LIGNÉE COMMERCIALE PATERNELLE

Garreau Hervé<sup>1</sup>, Maupin Mickaël<sup>2</sup>, Hurtaud Jacques<sup>2</sup>, Gunia Mélanie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GenPhySE, INRA, INPT, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France

<sup>2</sup>HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

Correspondant : herve.garreau@inra.fr

**Résumé** – Les paramètres et les évolutions génétiques des critères de sélection poids à 70 jours (P70), rendement de carcasse (RC) et résistance aux troubles infectieux (TI) ont été estimés dans la lignée paternelle AGP59 du sélectionneur Hypharm. Le critère TI est un caractère binaire (0,1) renseigné par la présence (1) ou l'absence (0) de signes cliniques de maladies non spécifiques constatés à la pesée ou sur les animaux morts pendant l'engraissement. L'étude a porté sur 39726 animaux candidats à la sélection et 5372 collatéraux abattus, contrôlés entre 2008 et 2016. L'ensemble des animaux a été pesé à 70 jours. Les signes cliniques de maladie sont systématiquement enregistrés pour l'ensemble des animaux à la pesée à 70 jours, ainsi que pour les animaux morts entre le sevrage et la fin de l'engraissement. La population de collatéraux est créée à chaque sevrage par prélèvement de 4 lapereaux chez les lapines primipares. Leur poids vif et leur poids de carcasse sont enregistrés après abattage à 71 jours. L'héritabilité et les évolutions génétiques des caractères ont été estimées par les méthodes du Reml et du BLUP. Les héritabilités estimées étaient respectivement de  $0,28 \pm 0,02$ ,  $0,44 \pm 0,05$  et  $0,03 \pm 0,01$  pour P70, RC et TI. Le progrès génétique annuel moyen estimé en unités d'écart type génétique (unités du caractère) était respectivement de 0,49 (+92 g), 0,32 (+0,38 point de rendement) et -0,12 (-0,004 points de fréquence d'animaux malades) pour P70, RC et TI. Il est donc possible d'améliorer simultanément des caractères de production et des caractères de santé par la sélection.

### Abstract – Genetic analysis and selection in a commercial paternal line.

Genetic parameters and trends were estimated for the selection criteria weight at 70 days (P70), carcass yield (RC) and resistance to infectious diseases (TI) in the paternal commercial line AGP59 of the Hypharm breeding company. The TI criteria is a binary trait based on presence (1) or absence (0) of clinical signs of disease systematically observed on all growing animals at 70 days weighing or on animals which died between weaning and weighing. This study included 39726 selection candidates and 5372 slaughtered collateral, measured between 2008 and 2016. All animals were weighed at 70 days. Clinical signs of disease were systematically recorded for all weighed animals and also for those which died between weaning and the end of the growing period. The population of collateral is created at each weaning by collecting young rabbits in primiparous does litters. Their live weight and carcass weight was recorded at 71 days of age. Heritabilities and genetic trends were estimated using Reml and Blup methodology. Heritability estimates were  $0.28 \pm 0.02$ ,  $0.44 \pm 0.05$  and  $0.03 \pm 0.01$  for P70, RC and TI, respectively. The annual genetic gain, estimated in genetic standard deviation (traits units) was 0.49 (92 g), 0.32 (0.38 points of carcass yield) and -0.12 (-0.004 points of sick animal frequency) for P70, RC and TI, respectively. The results demonstrate that selection for both production and health traits is possible.

### Introduction

En Europe et dans la majorité des pays, la production de lapin de chair repose sur le croisement de trois ou quatre lignées spécialisées maternelles et paternelles. Pour produire le lapin de chair terminal, la femelle parentale croisée est inséminée par un mâle d'une lignée paternelle, ou un mâle croisé issu de deux lignées paternelles, sélectionnées principalement pour des caractères d'intérêt économique (Garreau et al. 2015).

La croissance et le rendement de carcasse sont les critères les plus courants. Cependant la perception de l'élevage par le citoyen-consommateur a profondément évolué au cours des dernières années,

avec de fortes attentes relatives à la santé, à l'environnement et au bien-être animal. L'évolution des objectifs et des critères de sélection doit donc prendre en compte ces attentes, en ajoutant des critères de robustesse et de résistance aux maladies, pour améliorer la santé des animaux et réduire l'utilisation des antibiotiques. Cette étude a pour objectif d'analyser les paramètres et les évolutions génétiques de la croissance, du rendement de carcasse et de la résistance aux troubles infectieux dans la lignée paternelle la plus utilisée en Europe, l'AGP59 du sélectionneur Hypharm.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Conduite et mesure des animaux

L'étude a porté sur 39726 animaux candidats à la sélection et 5372 collatéraux abattus de la lignée AGP59 du sélectionneur Hypharm (*HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay*). Les animaux sont sélectionnés sur la croissance, le rendement de carcasse et la résistance aux troubles digestifs depuis 2008.

La période d'étude allait de 2008 à 2016. La lignée est conduite en génération chevauchante et divisée en 14 groupes de reproduction. Une centaine de mâles et environ 200 femelles sont mis à la reproduction chaque année. Les femelles sont inséminées avec un rythme de 6 semaines. Après le sevrage à 31 jours, les candidats à la sélection sont placés en cages collectives à raison de 5 lapereaux par cage (540 animaux candidats par bande en moyenne).

La population de collatéraux est créée à chaque sevrage par prélèvement de 4 lapereaux chez les lapines primipares (80 animaux par bande en moyenne). Les collatéraux sont placés en cage individuelle pour mesurer leur consommation d'aliment. Les deux groupes d'animaux reçoivent un aliment granulé à volonté. Ils sont tous pesés individuellement à 70 jours d'âge (P70).

Les signes cliniques de maladie sont systématiquement enregistrés pour l'ensemble des animaux à la pesée à 70 jours, ainsi que pour les animaux morts entre le sevrage et la fin de l'engraissement. Le caractère de troubles infectieux (TI) traduit la présence de signes cliniques de maladies non spécifiques constatés à la pesée ou sur les animaux morts pendant l'engraissement. C'est un caractère binaire, 0 = sain, 1 = malade ou mort (Gunia *et al.*, 2015). Les signes cliniques enregistrés correspondent à des pathologies digestives (diarrhée, ballonnement ou autres formes de trouble digestif), des pathologies respiratoires (rhinites, coryza, pneumonies) ou d'autres signes de pathologies infectieuses (abcès, torticolis, conjonctivite). A 71 jours d'âge, les collatéraux sont pesés avant départ à l'abattoir. Après un ressuyage d'environ 2 heures à 4°C, les carcasses froides sont pesées. Le rendement de carcasse (RC) est calculé par le rapport du poids de carcasse sur le poids vif mesuré avant le transport.

### 1.2. Analyses statistiques

Les paramètres génétiques (composantes de variance et covariance) ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte (REML) appliquée à un modèle animal. Les valeurs génétiques ont été calculées selon la méthode du Blup en utilisant le même modèle animal. L'ensemble des résultats (paramètres et valeurs génétiques) sont calculés en une seule étape en utilisant le logiciel ASReml (Gilmour *et al.*, 2009).

Les caractères ont été analysés individuellement dans un premier temps pour tester les effets fixes des modèles puis ensemble afin d'estimer les corrélations

génétiques et les valeurs génétiques Blup grâce à un modèle tri-caractères. Pour les trois caractères, les effets fixes retenus dans le modèle étaient la bande d'élevage (73 niveaux) et la taille de portée au sevrage (7 niveaux). Le sexe (2 niveaux) et le rang de portée de naissance (9 niveaux) ont été ajoutés au modèle de P70 et de RC. Deux effets aléatoires ont été ajoutés au modèle des 3 caractères : l'effet génétique additif et l'effet d'environnement commun de portée de l'animal.

Le progrès génétique annuel est estimé par la régression des valeurs génétiques Blup sur l'année de l'étude.

Des analyses précédentes des caractères de troubles infectieux avec un modèle à seuil avaient donné des valeurs d'héritabilité du même ordre de grandeur que celles obtenues avec un modèle linéaire, mais n'avaient pas permis d'estimer les corrélations génétiques (Gunia *et al.*, 2015). Pour cette raison, seuls les résultats du modèle linéaire sont présentés ici.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Description des caractères mesurés

Les statistiques de base des trois critères de sélection sont présentées au tableau 1.

**Tableau 1: Statistiques élémentaires des critères de sélection de la lignée AGP59**

	N	Moyenne	Ecart-type
Poids 70 jours (g)	34245	3288	336
Rendement de carcasse (%)	5372	58,7	1,88
Troubles infectieux	38726	0,08	0,28

### 2.2. Paramètres génétiques

Les héritabilités, corrélations génétiques et phénotypiques sont données dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Héritabilités (sur la diagonale), corrélations génétiques (au-dessus de la diagonales), corrélations phénotypiques (au-dessous de la diagonales et écart type d'erreur ( $\pm$ )) pour le poids à 70 jours (P70), le rendement de carcasse (RC) et les troubles infectieux (TI)**

	P70	RC	TI
P70	0,28 $\pm$ 0,02	-0,11 $\pm$ 0,07	0,08 $\pm$ 0,10
RC	0,14 $\pm$ 0,02	0,44 $\pm$ 0,05	-0,15 $\pm$ 0,12
TI	-0,42 $\pm$ 0,05	0,00 $\pm$ 0,02	0,03 $\pm$ 0,01

Les valeurs d'héritabilités de P70 et RC sont plus élevées que celle de TI (0,28 $\pm$ 0,02 et 0,44 $\pm$ 0,05 contre 0,03 $\pm$ 0,01, respectivement). La valeur d'héritabilité de TI est tout à fait conforme à celle publiée par Gunia *et al.* (2015) pour le même caractère analysé simultanément dans deux populations commerciales

du sélectionneur Hypharm ( $0,030 \pm 0,003$ ). Elle est également conforme à celles données par Eady *et al.* (2004 ; 2007) pour l'incidence d'infections bactériennes dans les deux mêmes populations commerciales ( $0,044 \pm 0,010$  et  $0,034 \pm 0,006$ ) et dans une population expérimentale australienne (0,062). L'héritabilité des caractères de santé est généralement faible (Bishop and Woolliams, 2014). Bishop et Woolliams (2010) ont démontré que, en conditions d'infection naturelle, l'exposition incomplète des animaux aux pathogènes conduit à une sous-estimation de l'héritabilité. L'imperfection du diagnostic (animaux considérés comme malades ou sains, à tort) est une autre source de sous-estimation. Les valeurs d'héritabilité pour le poids en fin d'engraissement et pour le rendement de carcasse sont conformes aux résultats donnés par Larzul *et al.*, (2005). La valeur d'héritabilité estimée dans notre étude pour RC est toutefois plus élevée que celle estimée par Garreau et al (2005) ( $0,24 \pm 0,06$ ) dans une autre lignée paternelle du sélectionneur Hypharm (AGP39) ou par Gunia et al. (2016) dans une étude qui combinait les données des lignées AGP39 et AGP59 ( $0,243 \pm 0,026$ ). Les corrélations génétiques entre les 3 critères sont faibles et non significativement différentes de 0 : de  $-0,15 \pm 0,12$  pour la corrélation entre RC et TI à  $0,08 \pm 0,10$  pour la corrélation entre P70 et TI. Les corrélations phénotypiques sont également très faibles exceptée la valeur négative assez forte pour P70 et TI ( $-0,42 \pm 0,05$ ) indiquant une relation favorable entre les deux caractères : les animaux les plus lourds sont ceux qui présentent le moins de troubles infectieux.

### 2.3. Evolutions génétiques

Les évolutions génétiques estimées entre 2008 et 2016 pour P70, RC et TI sont données dans la figure 1. Le progrès génétique annuel moyen estimé a été très significatif pour P70 et RC : 0,49, et 0,32 écart type génétique, respectivement. En unité du caractère ce progrès moyen correspond à 92 grammes de poids à 70 jours et 0,38 point de rendement. Le progrès génétique annuel réalisé pour p70 était plus important que celui rapporté par Gomez et al. (2000) dans une lignée sélectionnée pour le gain de poids moyen quotidien. (+38 g).

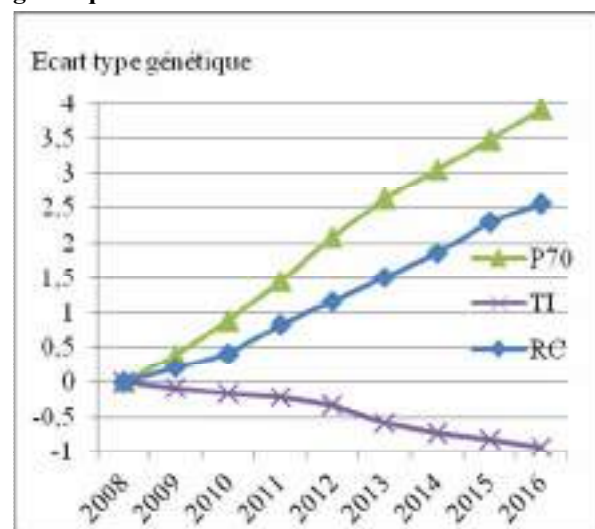
Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude sur le progrès génétique obtenu par sélection sur le rendement de carcasse du lapin. La diminution du rendement observée par Gomez *et al.* (1998) dans une lignée sélectionnée pour la croissance semble indiquer une liaison génétique défavorable entre les deux caractères confirmée par Garreau et al. (2008) de  $-0,24 \pm 0,08$  et dans une moindre mesure par cette étude ( $-0,11$ ). Nous montrons toutefois qu'il est possible d'améliorer conjointement ces deux caractères.

En raison de la généralisation de la restriction alimentaire dans les élevages pour maîtriser la santé digestive des animaux et de la diminution de l'âge à l'abattage, les abattoirs sont confrontés à une diminution du rendement à l'abattage depuis plusieurs

années. Le prix d'achat du lapin est aujourd'hui indexé sur le rendement de carcasse et son amélioration répond à un enjeu économique important. Lebas et al. (2014) ont mis en évidence des facteurs de conduite d'élevage qui influencent le rendement à l'abattage. Selon cette étude, il est amélioré par des poids de sevrage supérieurs à 950 grammes, un indicateur IFTAC supérieur à 0,2 et des âges d'abattage retardés. Notre étude montre que la sélection est un autre levier d'amélioration de ce caractère.

Le progrès génétique annuel pour TI était favorable mais plus faible :  $-0,12$  écart type génétique soit  $-0,0057$  points de fréquence d'animaux malades. Sur les 8 années, le progrès génétique correspond néanmoins à une diminution de la fréquence d'animaux malades de  $-0,0463$  points. Cette diminution significative montre que la sélection pour les troubles infectieux non-spécifiques améliore la résistance des animaux aux maladies infectieuses et contribue à réduire l'utilisation d'antibiotique pour contrôler la santé des animaux. Le sélectionneur a en effet réduit le niveau de traitement antibiotique de manière très significative sur la période étudiée. Le moindre progrès génétique de TI s'explique par l'héritabilité plus faible du caractère ( $0,03 \pm 0,01$ ) en comparaison avec les caractères P70 et RC ( $0,28 \pm 0,02$  et  $0,44 \pm 0,05$ , respectivement). En porcs, Henryon et al. (2001) ont estimé une héritabilité de  $0,18 \pm 0,05$  pour un caractère de résistance à toutes formes de maladie clinique et sub-clinique, construit à partir de symptômes observés sur les animaux. Ce caractère incluait les boiteries, maladies respiratoires, diarrhées et pertes d'appétit. Ces résultats démontrent, comme dans notre étude, qu'il existe des facteurs génétiques à la résistance non spécifique aux altérations de la santé.

**Figure 1 : Evolutions génétiques pour le poids à 70 jours (P70), le rendement de carcasse (RC) et les troubles infectieux (TI) en unités d'écart type génétique**



## Conclusions

L'amélioration génétique est un levier puissant pour améliorer les performances zootechniques. Elle permet non seulement d'améliorer les caractères de production, croissance et rendement de carcasse mais également d'améliorer la résistance aux maladies non spécifiques grâce à un enregistrement rigoureux des signes cliniques de maladies. Notre étude montre qu'il est possible d'améliorer significativement et simultanément ces trois groupes de caractères. Pour HYPHARM, la sélection sur la croissance et le rendement vont désormais de pair avec des caractères de santé pour améliorer le bien-être animal et réduire significativement l'utilisation d'intrants médicamenteux.

## Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel de la société Hypharm pour la qualité des informations mises à disposition.

## Références

- Bishop S. C., et J. A. Woolliams. 2010. On the genetic interpretation of disease data. *PLoS One*. 5: e8940
- Bishop S. C., et J. A. Woolliams. 2014. Genomics and disease resistance studies in livestock. *Livest. Sci.* 166:190-198.
- Eady, S. J., Garreau, H., & Hurtaud, J., 2004. Heritability of resistance to bacterial infection in commercial meat rabbit populations. *Proc. 8th World Rabbit Congress* : 51-56.
- Eady S.J., Garreau H., Gilmour A.R. 2007. Heritability of resistance to bacterial infection in meat rabbits. *Livest. Sci.* 112 (1-2) : 90-98
- Garreau H., Eady S.J., Hurtaud J., Legarra A. 2008. Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. In: *Proc. 9<sup>th</sup> World Rabbit Congress.*, Verona, Italy. p 103-107.
- Garreau H., Fournier E., Allain D., Gunia-Jaquot M. 2015. Génétique et sélection. In: Thierry Gidenne, dir., *Le lapin. De la biologie à l'élevage* (p. 227-252). Savoir Faire (Quae). Paris, FRA : Editions Quae
- Gilmour A. R., Gogel B. J., Cullis B. R., Thompson R.. 2009. *ASReml user guide release 3.0*. VSN Int. Ltd.
- Gómez E.A., Baselga M., Rafel O., Ramon, J. 1998. Comparison of carcass characteristics in five strains of meat rabbit selected on different traits. *Livest. Prod. Sci.* 55, 53-64.
- Gómez E.A., Rafel O., Ramon J. 2000. Preliminary genetic analysis of Caldes line: a selection experiment for a global objective. In: *Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Congress*. Valencia, Spain, p. 417-424.
- Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., Garreau H. 2015. Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. *J. Anim. Sci.* 93 (12): 5631-5638. DOI : 10.2527/jas.2015-9377
- Henryon M., Berg P., Jensen J., Andersen S. 2001. Genetic variation for resistance to clinical and subclinical diseases. *Anim. Sci.* 73: 375-387.
- Larzul C., Gondret F., Combes S., Rochambeau H. de. 2005. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit: response on growth, carcass and muscle traits. *Genet. Sel. Evol.* 37: 105-122
- Pertusa M., Roy P., Fonteniaud J., Lebas F. 2014. Quelques facteurs d'élevage influençant le rendement à l'abattage du lapin de chair. *Cuniculture Magazine*. 41: 27-32

## INTÉRÊT DES CARACTÈRES PONDÉRAUX À 23 JOURS D'ÂGE POUR L'AMÉLIORATION DES QUALITÉS MATERNELLES DES LAPINES D'UNE LIGNÉE COMMERCIALE.

Lenoir Guillaume<sup>1</sup>, Garreau Hervé<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SARL HYCOLE, Route de Villers-Plouich, 59159 Marcoing, France.

<sup>2</sup> INRA, GenPhySE, Chemin de Borde Rouge, BP 52627, 31326 Castanet Tolosan, France.

Correspondant : [guillaume.lenoir@hycole.com](mailto:guillaume.lenoir@hycole.com)

**Résumé** - Cette étude s'est attachée à déterminer l'existence d'un déterminisme génétique pour différents caractères de poids des lapereaux à 23 jours dans la lignée C Hycole. L'échantillon analysé comporte 3521 portées contrôlées entre 2013 et 2017. Le nombre maximum de lapereaux laissés au nid était de 9 en 1<sup>ère</sup> mise-bas (MB) et de 11 en MB 2 et 3. Aucun lapereau n'a été ajouté dans les portées, seuls les lapereaux surnuméraires ont été retirés. L'héritabilité des caractères était de 0,05 pour le poids moyen du lapereau, 0,18 pour le poids total de la portée, 0,04 pour le poids du lapereau le plus léger de la portée, 0,06 pour le poids du lapereau le plus lourd, 0,06 pour l'amplitude de poids entre le lapereau le plus lourd et le lapereau le plus léger, et 0,07 pour le nombre de nés vivants. Le caractère poids de la portée à 23 jours présente des corrélations génétiques favorables avec le nombre de lapereaux présents 23 jours après la naissance ainsi qu'avec leur poids moyen. Le caractère amplitude de poids présente une héritabilité faible ( $h^2=0,06$ ) mais une sélection sur ce critère semblerait avoir un impact favorable sur la capacité de survie des lapereaux entre la mise-bas et le sevrage.

**Abstract - Interest of weight traits measured at 23 days for the genetic improvement of maternal abilities in a rabbit commercial line.** This study aims at estimating the genetic variability of weight criteria measured on 23-days-old rabbits in the line C Hycole. A total of 3521 litters were measured between 2013 and 2017. After birth, the maximum number of kits left in the nest was 9 for 1<sup>st</sup> farrowing (MB) does and 11 for the 2<sup>nd</sup> and the 3<sup>rd</sup> MB of does. No rabbit was fostered, only supernumerary rabbits were removed. Heritability values estimated for the traits were 0.05 for the mean weight, 0.18 for total litter weight, 0.04 for the lightest kit within the litter, 0.06 for the heaviest kit within the litter, 0.06 for the range between the heaviest and lightest kits in the litter and 0.07 for the number of rabbits alive. Total litter weight at 23 days showed favorable genetic correlations with both the number of young rabbits present 23d after farrowing and their mean weight. The range in kit weights had a low heritability but selection on this criterion seem to impact favorably potential for survival of young rabbits between birth and weaning.

### Introduction

L'amélioration des qualités maternelles passe par une amélioration du nombre de lapereaux sevrés, de l'homogénéité des poids intra-portée et de leur poids individuel. Les qualités maternelles sont évaluées à partir des performances de croissance des lapereaux au sevrage, entre 28 et 35 jours. La sélection pour la croissance des lapereaux s'effectue par le poids de la portée au sevrage, ou par le poids individuel du lapereau au sevrage. Cette dernière approche permet de différencier les effets directs, i.e., le potentiel de croissance du lapereau, des effets maternels, i.e., la capacité de la mère à élever ses lapereaux (Garreau et Rochambeau, 2003). La sélection sur les composantes directe et maternelle est efficace (Garreau et al, 2005) mais présente un inconvénient lié au temps de travail nécessaire à la pesée individuelle et à l'identification de tous les lapereaux de la portée.

L'objectif de l'étude est d'identifier un ou des caractères permettant d'augmenter le nombre de

lapereaux sevrés, le poids moyen des lapereaux et l'homogénéité des poids intra-portée, tout en limitant le nombre de mesures à réaliser. L'âge de 23 jours a été choisi car l'alimentation des lapereaux dépend jusque-là quasi exclusivement du lait maternel. (Combes et al, 2013).

### 1. Matériel et méthodes

#### 1.1. Données

Les mesures ont été réalisées entre septembre 2013 et mai 2017 à la station de sélection Hycole sur des femelles de la lignée maternelle C conduites en cycle de reproduction de 42 jours. Cette lignée est actuellement sélectionnée, à l'aide d'une évaluation BLUP sur les critères : nombre de lapereaux nés vivants (NV), nombre de tétines mesuré en MB1 (TET), fertilité à l'insémination artificielle (FT) et poids de la portée au sevrage à 29 jours (PP29). Ces femelles ont été contrôlées sur leurs 3 premières

mises-bas. Pour des raisons pratiques, les pesées ont été

que pour une femelle l'absence de gestation à un effet négatif plus important sur les performances de la 2<sup>e</sup>

**Tableau 1.** Moyenne des caractères par rang de portée

Rang de mise bas	Nb de portées	NV	NB23	MIN (g)	MAX (g)	PM23 (g)	PP23 (g)	AMP (g)	PP29 (g)	GMQ (g)
1	1339	8,39 (a)	7,18 (a)	390 (a)	497 (a)	451 (a)	2980 (a)	107 (a)	4730 (a)	43,7 (a)
2	1227	10,57 (b)	9,20 (b)	374 (a)	504 (a)	449 (a)	3855 (b)	129 (b)	6181 (b)	45,2 (b)
3	955	10,64 (b)	9,26 (b)	383 (a)	515 (b)	459 (b)	3937 (c)	132 (b)	6232 (b)	44,6 (b)
<i>Global</i>	<i>3521</i>	<i>9,76</i>	<i>8,45</i>	<i>383</i>	<i>504</i>	<i>453</i>	<i>3545</i>	<i>122</i>	<i>5643</i>	<i>44,5</i>

Les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de  $p < 0,05$

effectuées à date fixe le mardi après-midi, à environ 23 jours d'âge (+/-0,85 jour; IA + 54 jours). Les femelles ont toutes été inséminées en race pure. Lors de l'équilibrage des portées, le mardi suivant les mises-bas (MB + 2 jours), aucun lapereau n'a été ajouté afin de limiter les biais dans l'évaluation des qualités maternelles des lapines. En revanche, les lapereaux surnuméraires par rapport aux effectifs prévus de laissés au nid (N=9 en MB1 ; N=11 en MB 2 et MB 3) ont été retirés. Le nombre de lapereaux nés vivants (NV) a été relevé suite à la mise-bas. Lors du contrôle, les différents caractères mesurés sur chaque portée sont : le poids total de la portée (PP23), le poids du lapereau le plus léger (MIN), le poids du lapereau le plus lourd (MAX), le nombre de lapereaux pesés (NB23). Les lapereaux les plus lourds et les plus légers ont été choisis visuellement. Les portées avec moins de 2 lapereaux présents le jour du contrôle ont été écartées du protocole. A partir des mesures effectuées, l'amplitude de poids entre le lapereau le plus léger et le plus lourd (AMP), ainsi que le poids moyen des lapereaux de la portée (PM23) ont été calculés. Les animaux ont été sevrés 6 jours plus tard, à 29 jours d'âge (+/-0,85 jour). Lors du sevrage, le poids de la portée a été contrôlé (PP29) ainsi que le nombre de lapereaux présents (NB29). Le poids moyen (PM29) et le gain moyen quotidien des lapereaux (GMQ) de chaque portée ont été calculés. L'échantillon analysé comporte 3521 portées contrôlées. Le fichier pedigree comporte tous les individus mâles et femelles nés entre 1997 et 2017, soit 38456 animaux.

### 1.2. Méthodes

Tous les caractères ont été analysés en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance restreint (REML) avec le logiciel ASReML (Gilmour *et al.*, 2009). Une analyse unicaractère ayant pour but de tester la significativité des effets fixés a ensuite été réalisée par analyse de variance à plusieurs facteurs. L'effet aléatoire de l'environnement permanent de la femelle a été inclus dans le modèle afin de prendre en compte la répétition des performances. Les effets fixés retenus ( $p < 0,001$ ) dans le modèle d'analyse des caractères sont : la bande de mise-bas (semaine\*année - 32 niveaux) et l'effet combiné du rang de mise-bas (1, 2, 3) et du stade physiologique pendant la période d'allaitement (gestante ou non - 6 niveaux). L'utilisation d'un effet combiné se justifie par le fait

lactation que sur celles des lactations des cycles 1 et 3.

Les composantes de variance et covariance ont été estimées à l'aide d'un modèle animal linéaire. En plus des effets fixés, deux facteurs à effets aléatoires ont été pris en compte dans le modèle: l'effet génétique additif de la femelle et l'effet d'environnement permanent propre à chaque femelle. Les caractères ont été analysés individuellement dans un premier temps puis deux à deux afin d'estimer les corrélations génétiques.

## 2. Résultats et discussions

### 2.1. Résultats phénotypiques

L'ensemble des caractères présente des moyennes significativement inférieures (tableau 1) pour le rang 1 à l'exception de MIN, MAX et de PM23. Il n'y a pas de différence significative entre les rangs de mise bas 2 et 3 à l'exception de MAX, de PP23 et de PM23 dont les valeurs sont plus élevées au rang 3. Le caractère MIN semble peu influencé par la parité de la femelle contrairement aux autres caractères.

Les corrélations phénotypiques entre les différents caractères sont présentées dans le tableau 3. Les caractères NV et NB23 sont fortement corrélés entre eux (0,71). Ces 2 caractères sont défavorablement corrélés avec les caractères de poids individuels des lapereaux (MIN, MAX, PM23) ainsi qu'avec l'homogénéité des poids de la portée, représentée par l'amplitude de poids (AMP). Le poids total de la portée à 23 et 29 jours est fortement influencé par le nombre de lapereaux présents aussi bien à la naissance (0,51-0,54) qu'au moment du contrôle (0,80-0,84). En revanche le poids de la portée est corrélé négativement avec le poids moyen des lapereaux présents. Le caractère MIN est corrélé favorablement avec l'amplitude de poids (AMP, -0,55). Ces tendances sont cohérentes avec celles mesurées chez le lapin à la naissance (Poigner *et al.*, 2000 ; Lenoir *et al.*, 2011).

### 2.2. Héritabilités

Les valeurs d'héritabilité sont comprises entre 0,04 et 0,18 (tableau 2). Pour le poids moyen à 23 jours, l'héritabilité est plus faible (0,05) que celle observée à la naissance (0,15 - Lenoir *et al.*, 2011) ou chez le porc à 3 semaines (0,17 - Canario *et al.*, 2010). Dans ces deux études, l'effet du nombre de lapereaux



présents ou de porcelets nés vifs était inclus dans le modèle. Si le nombre de lapereaux présents à 23 jours est inclus lors de l'analyse de PM23, l'héritabilité pour le caractère passe à 0,21 ( $\pm 0,04$ ). Les 2 caractères de poids de portée sont ceux qui présentent les héritabilités les plus fortes, 0,18 à 23 jours et 0,12 à 29 jours. Cette différence vient probablement d'une pesée moins précise lors du sevrage. De plus, l'âge des lapereaux étant plus élevé, l'impact des effets génétiques directs propres au lapereau est probablement plus important. Le caractère NV a une héritabilité cohérente avec celles calculées par Piles et al (2006) mais supérieure à celle trouvée dans la même lignée par Lenoir et Garreau en 2009. Les caractères MIN, MAX et AMP ont des héritabilités très faibles, comprises entre 0,04 et 0,06. Ces valeurs sont inférieures à celles observées à la naissance par Lenoir et al en 2011 (0,07 – 0,11). Ces héritabilités plus faibles peuvent certainement s'expliquer en partie par la plus grande difficulté à identifier les lapereaux extrêmes à 3 semaines d'âge. Dans l'étude de Canario et al (2010), l'homogénéité à 3 semaines des porcelets a été évaluée par l'écart-type du poids intra-portée dont l'héritabilité est de 0,08. La répétabilité des caractères varie de 0,08 (NB23 et MIN) à 0,19 (PP21). L'ensemble des caractères présente des héritabilités certes faibles mais non nulles ainsi qu'une variabilité phénotypique intéressante en sélection (CV de 17 à 55%). Le caractère amplitude a certes une héritabilité faible (0,06) mais présente une forte variabilité phénotypique (CV = 55%), laissant envisager la possibilité d'une sélection sur ce caractère.

### 2.3 Corrélations génétiques

Les corrélations génétiques entre les différents caractères sont représentées dans le tableau 3. Les 2 caractères de poids de portée (PP23 et PP29) sont très fortement corrélés entre eux, fortement corrélés au nombre de lapereaux à la naissance et lors de la pesée (0,62 – 0,87) et moyennement à fortement avec les

paramètres mesurés à 23 jours (0,31 à 0,75). En revanche, PP23 et PP29 présentent une corrélation négative avec l'amplitude de poids (AMP ; 0,24 à 0,31). Même si la précision des estimations reste faible, le caractère AMP est défavorablement corrélé avec l'ensemble des autres caractères évalués (0,09 à 0,79) sauf avec le poids du lapereau le plus léger (MIN -0,39) : une amélioration du poids du lapereau le plus léger tend à réduire l'amplitude de poids intra-portée.

**Tableau 2. Héritabilités ( $h^2$ ) et effets d'environnement permanent ( $c^2$ ) ( $\pm$  erreur standard) des caractères mesurés en lactation.**

	$h^2$	$c^2$
NV	0,07 ( $\pm 0,02$ )	0,07 ( $\pm 0,03$ )
NB23	0,05 ( $\pm 0,02$ )	0,03 ( $\pm 0,03$ )
MIN	0,04 ( $\pm 0,02$ )	0,04 ( $\pm 0,02$ )
MAX	0,06 ( $\pm 0,02$ )	0,12 ( $\pm 0,04$ )
AMP	0,06 ( $\pm 0,02$ )	0,05 ( $\pm 0,02$ )
PP23	0,18 ( $\pm 0,03$ )	0,01 ( $\pm 0,03$ )
PM23	0,05 ( $\pm 0,02$ )	0,07 ( $\pm 0,03$ )
PP27	0,12 ( $\pm 0,03$ )	0,03 ( $\pm 0,03$ )

Les caractères AMP et MIN sont très défavorablement corrélés avec le nombre de lapereaux nés vivants (0,79 et -0,52) ; ces corrélations sont plus fortes que celles observées à la naissance par Lenoir et al en 2011 (0,34 et -0,22). Les corrélations entre AMP et MIN avec le nombre de lapereaux présents à 23 jours sont aussi défavorables mais beaucoup plus faibles (0,31 et -0,10). L'amélioration de la prolificité à la naissance a donc un effet négatif majeur sur l'évolution de l'amplitude de poids au sein de la portée, du poids du lapereau le plus léger mais pas sur celui du plus lourd ( $r_g = 0,23$ ). La même corrélation favorable entre NV et MAX avait été observée à la naissance (Lenoir et al, 2011 - 0,22). Ces tendances confirment les résultats de Perrier (2003), à savoir le

**Tableau 3 : Corrélations génétiques (au-dessous de la diagonale -  $\pm$  erreur standard) et phénotypiques (au-dessus de la diagonale -  $\pm$  erreur standard)**

	NV	NB23	MIN	MAX	AMP	PP23	PM23	PP29
NV		0,71 ( $\pm 0,01$ )	-0,62 ( $\pm 0,01$ )	-0,56 ( $\pm 0,01$ )	0,22 ( $\pm 0,02$ )	0,51 ( $\pm 0,01$ )	-0,64 ( $\pm 0,01$ )	0,54 ( $\pm 0,01$ )
NB23	0,82 ( $\pm 0,11$ )		-0,68 ( $\pm 0,01$ )	-0,69 ( $\pm 0,01$ )	0,17 ( $\pm 0,02$ )	0,80 ( $\pm 0,01$ )	-0,75 ( $\pm 0,01$ )	0,84 ( $\pm 0,01$ )
MIN	-0,52 ( $\pm 0,20$ )	-0,10 ( $\pm 0,30$ )		0,76 ( $\pm 0,01$ )	-0,55 ( $\pm 0,01$ )	-0,27 ( $\pm 0,02$ )	0,89 ( $\pm 0,01$ )	-0,35 ( $\pm 0,01$ )
MAX	0,23 ( $\pm 0,29$ )	0,23 ( $\pm 0,29$ )	0,70 ( $\pm 0,15$ )		0,12 ( $\pm 0,02$ )	-0,23 ( $\pm 0,02$ )	0,93 ( $\pm 0,01$ )	-0,35 ( $\pm 0,01$ )
AMP	0,79 ( $\pm 0,20$ )	0,31 ( $\pm 0,37$ )	-0,39 ( $\pm 0,24$ )	0,39 ( $\pm 0,24$ )		0,12 ( $\pm 0,02$ )	-0,15 ( $\pm 0,02$ )	0,08 ( $\pm 0,02$ )
PP23	0,62 ( $\pm 0,12$ )	0,87 ( $\pm 0,07$ )	0,38 ( $\pm 0,22$ )	0,75 ( $\pm 0,20$ )	0,31 ( $\pm 0,18$ )		-0,27 ( $\pm 0,02$ )	0,95 ( $\pm 0,01$ )
PM23	-0,07 ( $\pm 0,26$ )	0,22 ( $\pm 0,36$ )	0,89 ( $\pm 0,06$ )	0,96 ( $\pm 0,02$ )	0,09 ( $\pm 0,28$ )	0,68 ( $\pm 0,20$ )		-0,38 ( $\pm 0,01$ )
PP29	0,63 ( $\pm 0,13$ )	0,85 ( $\pm 0,07$ )	0,35 ( $\pm 0,26$ )	0,72 ( $\pm 0,25$ )	0,24 ( $\pm 0,21$ )	0,97 ( $\pm 0,01$ )	0,68 ( $\pm 0,26$ )	

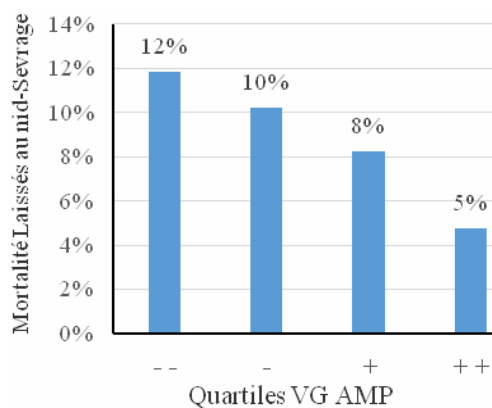
fort impact des caractères zootechniques à la naissance sur le développement des lapereaux durant la phase d'allaitement. Canario *et al* (2010) ont mis en évidence une corrélation génétique défavorable (0,66) entre une mesure de la variation du poids (l'écart type du poids intra portée) et le poids moyen chez le porcelet à 21 jours.

Dans cette étude, la corrélation entre le poids moyen des lapereaux (PM23) et l'amplitude de poids est proche de 0. La prolificité est corrélée positivement avec le caractère MAX (0,22). Ces tendances sont à prendre avec précaution du fait de la faible précision de certaines estimations, illustrée par des écarts types d'erreur d'estimation supérieurs à 0,20. Les corrélations défavorables entre caractères pondéraux et prolificité mises en évidence dans notre étude sont conformes aux résultats obtenus en 2011 sur les lapereaux à la naissance.

#### 2.4 Sélection sur l'amplitude de poids intra-portée

Une évaluation BLUP monocaractère sur le caractère AMP a été réalisée en retirant la dernière bande de contrôle (105 portées). Un classement et un découpage en quartiles sur la valeur génétique (VG) du caractère AMP des femelles de cette bande a été réalisé. Le groupe -- correspond aux femelles avec les plus mauvaises VG et le groupe ++ aux femelles avec les meilleures VG. La Figure 1 représente la mortalité moyenne entre les lapereaux laissés au nid (MB + 2 jrs) et le sevrage des portées issues de ces femelles.

**Figure 1. Evolution de la mortalité « laissés au nid –sevrage » en fonction de la VG AMP de la mère (+ + : meilleures VG / -- : plus mauvaises VG).**



Les femelles avec les meilleures VG pour l'amplitude de poids ont un taux de pertes en lapereaux plus faibles entre MB+2 jours et le sevrage. Une sélection sur ce critère semble donc avoir un effet favorable sur la survie des lapereaux durant la phase d'allaitement.

#### Conclusion

Cette étude a mis en avant la possibilité d'une sélection directe sur plusieurs critères de poids mesurés sur la portée à 213 jours. Le peu de références disponibles sur des mesures réalisées à cet âge rend la comparaison difficile. Les héritabilités des caractères de poids sont toutefois plus faibles que celles obtenues à la naissance en lignée D sur des

caractères proches (Lenoir *et al*, 2011). L'intérêt d'une mesure à 23 jours semble toutefois pertinent afin de collecter des mesures plus représentatives des effets maternels qu'au sevrage. Pour répondre à la problématique de départ, à savoir proposer un ou des caractères améliorant à la fois le nombre de lapereaux sevrés, l'homogénéité de la portée ainsi que le poids individuel du lapereau. Le caractère poids de la portée à 23 jours est pertinent du fait de son héritabilité (0,18) et de sa corrélation génétique avec le nombre de lapereaux présents à 23 jours (0,87) ainsi qu'avec le poids moyen des lapereaux à 23 jours (0,68). Le caractère de l'amplitude de poids entre le lapereau le plus léger et le plus lourd présente un intérêt pour l'amélioration de l'homogénéité du poids intra-portée même si son héritabilité reste faible. De plus, son impact sur la viabilité des lapereaux durant la période d'allaitement semble très favorable. Il serait judicieux de compléter les pesées à 23 jours avec des pesées à la naissance sur les mêmes caractères afin d'analyser les liens qu'il existe entre eux.

Une introduction des caractères PP23 et AMP dans l'objectif de sélection de la lignée en remplacement du critère PP29 est envisageable. Il est intéressant de remplacer le critère PP29 par PP23 afin de regrouper les pesées sur un seul contrôle. Une évaluation des corrélations génétiques avec les autres caractères déjà sélectionnés dans la lignée (TET et FT) doit être réalisée.

#### Références

- Canario L., Lundgren H., Haandlykken M., Rydmer L., 2010. Génétique de la croissance et de l'hétérogénéité des poids de porcelets dans les portées de Landrace norvégien. *42<sup>e</sup> Journées de la Recherche Porcine*, 181.
- Combes S., Gidenne T., Boucher S., Fortun-Lamothe L., Bolet G., Coureaud G., 2013. Lapereaux de la naissance au sevrage : quels outils pour des lapereaux plus robustes ? *15<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 63-77.
- Garreau H., Rochambeau H. de, 2003. La sélection des qualités maternelles pour la croissance du lapereau. *10<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 61-64.
- Garreau H., Duzert R., Tudela F., Baillot C., Ruesche J., Grauby G., Lille-Larroucau C., Rochambeau H. de., 2005. Gestion et sélection de la souche INRA 1777 : Résultats de trois générations de sélection. *11<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 19-22.
- Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R., Thompson R., 2009. ASReml User Guide Release 3.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 ES, UK.
- Lenoir G., Garreau H., 2009. Estimation des paramètres génétiques de la fertilité et du nombre de lapereaux nés vivants chez des lapines d'une lignée femelle Hycole. *13<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 137-140.
- Lenoir G., Garreau H., Banville M., 2011. Estimation des paramètres génétiques des critères pondéraux des lapereaux à la naissance dans une lignée femelle Hycole. *14<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 117-120.
- Perrier G., 2003. Influence de l'homogénéité de la portée sur la croissance et la viabilité des lapereaux de faible poids à la naissance. *10<sup>e</sup> Journées de la Recherche Cunicole*, 119-122.
- Piles M., Garcia M.L., Rafel O., Ramon J. Baselga M., 2006. Genetics of litter size in three maternal lines of rabbits : Repeatability versus multi-trait models. *J. Anim. Sci.*, 84, 2309-2315.
- Poigner J., Szendro Zs., Levai A., Radnai I., Biro-Nemeth E., 2000. Effect of birth weight and litter size on growth and mortality in rabbit. *World Rabbit Sci.*, 8, 103-109.

## APPLICATION D'UN NOUVEL OBJECTIF DE SÉLECTION DANS LA LIGNÉE PANNON WHITE

**Ács Virág<sup>1</sup>, Szendrő Katalin<sup>1</sup>, Garreau Hervé<sup>2</sup>, Donkó Tamás<sup>3</sup>, Nagy István<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Animal Science, University of Kaposvár, Kaposvár, Hungary*

<sup>2</sup>*GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France*

<sup>3</sup>*Institute of Diagnostic Imaging and Radiation Oncology, Kaposvár University, Kaposvár Hungary*

Correspondant : nagy.istvan@ke.hu

**Résumé** - Un objectif de sélection combinant le poids de portée à 21 jours (LW21) et le volume musculaire de la cuisse (TMV) a été créé pour simplifier le processus de sélection de la lignée Pannon White à Kaposvár, en Hongrie. Les mesures de 22 002 portées et 8 124 volumes de cuisse (estimés par tomographie) ont été recueillies entre 1992 et 2016. Les animaux évalués sont issus de 4 178 portées. Le nombre total de lapins du fichier généalogique était de 14 124. La sélection traditionnelle basée sur deux étapes, où LW21 a été mesuré et les meilleurs lapereaux ont été sélectionnés pour passer à l'étape suivante la mesure de TMV par tomographie. Dans la nouvelle méthode de sélection proposée ici, un indice de sélection a été utilisé dans la première étape de la sélection, suivi d'un examen tomographique de TMV. LW21 et TMV ont été analysés conjointement avec un modèle animal bicaractère pour estimer les composantes de variance et les valeurs génétiques. L'héritabilité estimée était de  $0,10 \pm 0,01$  pour LW21 et de  $0,21 \pm 0,02$  pour TMV. La corrélation génétique estimée entre ces caractères était de  $-0,24 \pm 0,07$ . La même pondération de 50 % a été attribuée à chacun des deux caractères dans le nouvel objectif de sélection. Ce nouvel objectif de sélection a été appliqué à une bande en particulier. Cette nouvelle méthode a été comparée à l'ancienne méthode de sélection en deux étapes (avec une première étape de sélection sur l'index de LW21 et une deuxième étape de sélection sur TMV). L'index était plus corrélé avec les valeurs génétiques de TMV (0,84) qu'aux valeurs génétiques de LW21 (0,28). La sélection sur la valeur du nouvel objectif de sélection a permis de choisir des lapins avec des valeurs légèrement inférieures pour LW21 (-200 g, soit -11,3 %) mais avec des valeurs plus élevées pour TMV (1,91 cm<sup>3</sup>, soit +3 %) comparativement au programme de sélection actuel.

### **Abstract – Application of a new breeding objective in the Pannon white rabbit breed.**

Genetic parameters for 21-day litter weight (LW21) and thigh muscle volume (TMV) were estimated, and a two-trait selection index was created to simplify the selection process of the Pannon white breed, in Kaposvár, Hungary. A total of 22002 LW21 and 8124 TMV (estimated with Computer Tomography) records were collected between 1992 and 2016. The evaluated animals were reared in 4178 litters and the total number of rabbits involved in the pedigree file were 14 124. The traditional selection based on two steps, where LW21 was first measured and then the best litters were selected for the next step, the CT measurement for TMV. In the new selection method a selection index was used in the first step of the selection, followed by a CT examination. LW21 and TMV were analyzed jointly in a two-trait animal model which was used to estimate the variance components and the breeding values. The estimated heritability was  $0.10 \pm 0.01$  for LW21 and  $0.21 \pm 0.02$  for TMV. The estimated genetic correlation between these traits was  $-0.24 \pm 0.07$ . The contribution of the measured traits was set to 50-50% in the breeding objective. The developed index was applied on a given kindling batch. The selection index ranks, showed stronger correlation (0.84) with TMV then with LW21 (0.28) breeding value ranks. Selecting on the developed index score resulted in choosing rabbits with somewhat lower breeding values on LW21 (-200 g, i.e. -11,3 %) but higher breeding values in TMV (1,91 cm<sup>3</sup>, i.e. +3 %) compared to the current breeding program.

### **Introduction**

L'évaluation génétique permet de classer les individus candidats à la sélection selon leur valeur génétique estimée (Henderson C.R., 1975). On retiendra dans l'objectif de sélection les caractères présentant la plus forte valeur économique, mais il convient également de s'intéresser aux caractères d'adaptation et de facilité d'élevage. En Hongrie, le

schéma de sélection Pannon comprend actuellement 3 lignées, deux lignées maternelles et une lignée paternelle. La Pannon White, qui fait l'objet de notre étude, est une lignée maternelle sélectionnée selon un processus en deux étapes. La lignée est sélectionnée dans un premier temps pour le poids de la portée à l'âge de 21 jours (LW21) avec une pression de sélection de 14%, puis sur le volume du

muscle de la cuisse (TMV), estimé par tomographie, avec une pression de sélection de 5,7%.

Le but de cette étude est de définir la meilleure façon de prendre en compte TMV dans la sélection. Pour cela, les paramètres génétiques de TMV et LW21 ont été estimés, et deux schémas de sélections intégrant ces caractères ont été comparés.

## 1. Matériel et méthode

### 1.1 Conduite et mesure des animaux

La présente étude porte sur 22 002 poids de portée et 8124 mesures de volume de cuisse de lapins en croissance enregistrés dans la lignée Pannon White entre 1992 et 2016. Les animaux évalués sont issus de 4178 portées. Le nombre total de lapins du fichier généalogique était de 14 124. La lignée est conduite avec un rythme de reproduction de 49 jours en générations chevauchantes. Le nombre moyen de femelles et de mâles était respectivement de 160 et de 60. La population est divisée en 4 groupes de reproduction. Les lapins en croissance sont élevés à l'unité expérimentale de l'université de Kaposvár dans des cages grillagées (30 x 48 x 31 cm). Ils sont nourris ad libitum avec un granulé commercial (16,3 % de protéines brutes, 17,7 % de fibres brutes, 10,6 MJ DE/ kg). Chacune des portées est pesée à l'âge de 21 jours. A chaque bande, un mâle et une femelle présentant la valeur génétique de LW21 la plus élevée sont choisis parmi les 12 portées de chaque groupe de reproduction. Ces animaux sont soumis à un examen de tomographie à l'âge de 11 semaines. Les examens d'imagerie ont été effectués au Centre de l'Institut de L'imagerie Diagnostique et de Radiothérapie Oncologique de l'université de Kaposvár. Les scans sont pris avec un appareil de type Siemens Somatom Definition avec les paramètres suivants : tension du tube : 120 kV, courant 140mAs, mode de collecte de données en spirale (Fedorov, 2012). L'examen est réalisé sur des groupes de 3 lapins, sanglés dans des compartiments plastiques, sans aucune anesthésie. Les mesures se composent de tranches de 2 mm d'épaisseur prises sur l'ensemble du corps. Les données ont été analysées par segmentation automatique de l'image avec la méthode 3D Slicer® entre la crête iliaque sur le bassin et la rotule. Le volume musculaire de la cuisse est ensuite estimé à partir de ces images.

### 1.2 Analyse génétique

Les paramètres et les valeurs génétiques des caractères LW21 et TMV ont été estimés par les méthodes du REML et du Blup appliquées à un modèle animal par caractère, en utilisant le logiciel ASReml (Gilmour *et al.*, 2009). Les effets du modèle pour chacun des caractères sont donnés

dans le Tableau 1. Les effets aléatoires sont la valeur génétique additive de l'animal, l'effet d'environnement permanent de la lapine pour LW21 et l'effet d'environnement commun de portée pour TMV.

**Tableau 1 : Effets du modèle d'analyse pour les caractères poids de portée à 21 jours (LW21) et volume du muscle de la cuisse (TMV)**

Effet <sup>1</sup>	T <sup>2</sup>	Niveau	Caractère	
			LW21	TMV
Parité	F	4	x	
Année-saison-P	F	261	x	
Age-PP	C	1	x	
Taille-portée-21J	C	1	x	
Environnement-P	R	11594	x	
Sexe	F	3		x
Poids-Tomo	C	1		x
Année-saison-T	F	94		x
Pixels	F	5		x
Environnement-C	R	4178		x
Génétique additif	R	14124	x	x

<sup>1</sup> Effets : Année-saison-P : année et mois de portée ; Age-PP : âge exact des lapereaux à la pesée de la portée ; Taille-portée-21J : taille de la portée à 21 jours ; Environnement-P : environnement permanent de la femelle ; Poids-Tomo : poids corporel à la mesure de tomographie ; Année-saison-T : année et mois de mesure de la tomographie ; Pixels : densité de muscle ; Environnement-C : Effet d'environnement commun de la portée ; <sup>2</sup> Type d'effet : F : effet fixe ; C : covariable ; R : effet aléatoire

### 1.3 Comparaison de la sélection par une méthode conventionnelle à seuil et par la méthode de l'objectif de sélection global.

La lignée Pannon White est sélectionnée avec une sélection « conventionnelle » en 2 étapes. Cette méthode est appliquée à chaque bande depuis 1992. A la première étape de sélection, 50 femelles et 50 mâles sont retenus selon leur valeur génétique de LW21, en respectant un équilibre entre familles. Ces animaux sont soumis à un examen de tomographie pour estimer leur volume de cuisse. A la deuxième étape de sélection, 3 mâles et 7 femelles sont choisis comme futurs reproducteurs dans chaque groupe de reproduction selon leur valeur génétique de TMV, indépendamment de leur valeur génétique LW21.

Une autre façon de sélectionner les animaux serait d'utiliser un objectif de sélection global et d'utiliser l'information de LW21 et TMV à la première étape. La méthode de l'objectif global permet de sélectionner les animaux selon la valeur d'un index de sélection global qui combine les valeurs génétiques des différents critères de sélection (Hazel, 1943 ; Eady et Garreau, 2008).

La méthode de sélection « conventionnelle » (sur valeur génétique de LW21 seule à la première étape) et la méthode de l'objectif global (selon valeur d'index global à la première étape) ont été comparées pour les 700 animaux de la bande dont la date d'insémination artificielle était le 29 janvier

2016. Pour les deux méthodes, les animaux sont choisis sur la valeur génétique de TMV seule à la seconde étape. L'index de sélection appliqué pour la première étape de la méthode conventionnelle a été calculé à l'aide du logiciel MIX selon l'équation suivante :

$244,458 + 522,523 * VGLW21 + 6,017 * VGTMV$  où VGLW21 et VGTMV sont les valeurs génétiques Blup respectives de LW21 et de TMV. Les pondérations appliquées à chaque caractère ainsi que la constante ajoutée à l'équation ont été obtenus pour satisfaire deux contraintes : 1) La même pondération de 50 % d'écart-type génétique a été attribuée à chacun des deux caractères dans l'index 2) L'index des animaux devait avoir une moyenne égale à 100 et un écart-type égal à 20.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1 Analyse génétique

Les statistiques descriptives des caractères analysés figurent dans le Tableau 2.

**Tableau 2: Statistiques descriptives du poids de portée à 21 jours (LW21) et du muscle de la cuisse estimée par tomographie (TMV)**

Caractère	Effectif	Moyenne	Ecart-type
LW21(kg)	22 002	2,64	0,65
TMV(cm <sup>3</sup> )	8 124	326	40,5

Les héritabilités estimées et la corrélation génétique de LW21 et TMV sont données dans le Tableau 3.

**Tableau 3: Héritabilités estimées (sur la diagonale) et corrélation génétique (au-dessus de la diagonale) ( $\pm$  erreur standard)**

Trait	LW21	TMV
LW21	0,10 $\pm$ 0,01	-0,24 $\pm$ 0,07
TMV	-	0,21 $\pm$ 0,07

L'héritabilité estimée pour LW21 était faible. Cette valeur est conforme à celles publiées antérieurement par l'Université de Kaposvár (Gyovai *et al.* 2012 ; Nagy *et al.*, 2013). TMV a une héritabilité plus élevée que LW21. Nagy *et al.* (2013) ont reportés des résultats similaires pour l'héritabilité du volume musculaire de la cuisse pour la lignée Pannon Large. Les estimations de l'effet d'environnement permanent et d'environnement commun de portée pour LW21 et TMV sont donnés dans le Tableau 4.

**Tableau 4: Estimations des effets aléatoires d'environnement permanent (EP) et d'environnement commun de portée (EC) ( $\pm$  erreur standard)**

Trait	LW21	TMV
EP	0,18 $\pm$ 0,01	-
EC	-	0,10 $\pm$ 0,01

La valeur estimée de l'effet d'environnement permanent pour LW21 est supérieure à celle de l'héritabilité. Au contraire, la valeur estimée de l'effet d'environnement commun pour TMV est du même ordre de grandeur que l'héritabilité.

Les coefficients de corrélation entre l'indice de sélection et les traits examinés ont été résumés dans le tableau 5. L'index était plus corrélé avec les valeurs génétiques de TMV (0,84) qu'avec les valeurs génétiques de LW21 (0,28).

**Tableau 5 : Les coefficients de corrélation entre l'indice de sélection et les traits examinés**

Trait	LW21	TMV	indice
LW21	1.00	-0.24	0.28
TMV		1.00	0.84
indice			1.00

### 2.2 Comparaison de la sélection par la méthode conventionnelle à seuil et par la méthode de l'objectif global de sélection

En se basant sur les performances enregistrées sur une bande de 700 lapins, les deux méthodes de sélection (celle conventionnelle en deux étapes et celle de l'objectif global) ont été appliquées. Cette simulation permet de comparer les valeurs génétiques de LW21 et TMV des reproducteurs sélectionnés selon chacune des méthodes.

Le Tableau 6 donne les résultats des valeurs génétiques de LW21 et TMV et de l'index global des animaux à l'issue de la première étape du processus de sélection en appliquant la méthode « conventionnelle » (sur valeur génétique de LW21 seule). Ces valeurs sont calculées à posteriori lorsque toutes les données de LW21 et de TMV sont connues.

Les valeurs génétiques des animaux à l'issue de la deuxième étape de sélection pour la méthode de sélection « conventionnelle » et pour la méthode de sélection par objectif global sont données respectivement dans les Tableaux 7 et 8.

**Tableau 6: Nombre total de portées (NP) et de portées sélectionnées (NPS), valeurs génétiques moyennes pour le poids de portée à 21 jours (VGLW21), le volume de la cuisse (VGTMV) et valeurs d'index global (MI) par groupe de reproduction (RG)**

RG	NP	NPS	VGLW21	VGTMV	MI
1	39	20	0,17	48,36	104,47
2	28	17	0,17	47,85	112,25
3	28	16	0,19	45,12	116,9
4	26	16	0,15	41,92	113,3
Total	121	69	0,17	45,99	111,32

**Tableau 7: Nombre d'individus tomographiés (NT) et retenus après sélection (NS) selon la méthode conventionnelle sur valeur génétique du volume de la cuisse et leurs valeurs génétiques moyennes pour le poids de portée à 21 jours (VGLW21), le volume de la cuisse (VGTMV) et valeurs d'index global (MI) par groupe de reproduction (RG)**

GM	NT	NS	VGLW21	VGTMV	MI
1	20	10	0,18	58,57	102,45
2	24	10	0,16	62,22	120,48
3	24	10	0,19	59,91	120,68
4	20	10	0,17	60,10	101,94
Total	88	40	0,18	60,20	111,38

**Tableau 8: Nombre d'individus tomographiés (NT) et retenus après sélection (NS) selon la méthode de l'index global et leurs valeurs génétiques moyennes pour le poids de portée à 21 jours (VGLW21), le volume de la cuisse (VGTMV) et valeurs d'index global (MI) par groupe de reproduction (RG)**

RG	NT	NS	VGLW21	VGTMV	MI
1	20	10	0,15	61,46	127,31
2	24	10	0,15	64,81	145,69
3	24	10	0,17	60,29	130,27
4	20	10	0,15	61,87	111,79
Total	88	40	0,16	62,11	128,76

Les animaux sélectionnés par la méthode de l'objectif global avaient en moyenne une valeur génétique plus élevée pour TMV (1,91 cm<sup>3</sup>, soit +3 %) mais une valeur génétique plus faible pour LW31 (-200 g, soit -11,3 %) que ceux sélectionnés par la méthode «conventionnelle». La diminution de LW21 et l'augmentation de TMV ont été représentées dans le tableau 9.

**Tableau 9 : Changement de progrès génétique obtenu avec la nouvelle méthode avec un objectif de sélection comparativement à la méthode conventionnelle en 2 étapes.**

LW21	TMV
-11%	+3%

\*Le pourcentage représente la moyenne de la réduction et ou augmentation des gains génétiques dans les quatre groupes de reproduction

Ce résultat démontre que la pondération de 50 % appliquée à TMV permet d'augmenter le progrès génétique de ce caractère au détriment de LW21. Compte tenu de l'importance économique plus grande de TMV, la méthode de sélection avec

l'objectif global sera donc retenu à l'avenir pour la sélection de la lignée White Pannon.

### Conclusion

La sélection de la lignée Pannon White pour le poids de portée à 21 jours permet d'améliorer ses aptitudes maternelles. L'amélioration du volume de la cuisse est toutefois considérée comme un objectif prioritaire car elle correspond à une attente forte des abattoirs. La méthode de l'objectif global permet de combiner la sélection pour les deux caractères avec des pondérations choisies selon l'importance donnée à chacun. En comparant avec la méthode conventionnelle utilisée jusqu'à présent, nous avons montré que la sélection avec un objectif global permettait d'améliorer davantage le volume de la cuisse avec un progrès plus faible pour le poids de portée à 21 jours. Cette nouvelle méthode de sélection est maintenant celle appliquée à la lignée Pannon White.

### Remerciements

La recherche a été financée par János Bolyai Research Scholarship (BO/01022/15).

### Références

- Eady, S.J., Garreau, H., 2008) An enterprise gross margin model to explore the influence of selection criteria for breeding programs and changes to management systems. Dans : *An enterprise gross margin model to explore the influence of selection criteria for breeding programs and changes to management systems* (p. 61-65 Genetics). Presented at 9th World Rabbit Congress, Vérone, ITA (2008-06-10 - 2008-06-13). Brescia, ITA : Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche. <http://prodirna.inra.fr/record/22804>.
- Fedorov A., 2012. 3D Slicer as an Image Computing Platform for the Quantitative Imaging Network. *Magnetic Resonance Imaging* 2012; July PMID: 22770690 (2012).
- Gyovai P., Nagy I., Gerencser Zs., Matics Zs., Radnai I., Donko T., Bokor A., Farkas J., Szendrő Zs. 2012. Genetic parameters for litter weight, average daily gain and thigh muscle volume measured by in vivo Computer Tomography technique in Pannon White rabbits. *Livest. Sci.*, 144, 119–123.
- Hazel L. N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics.*, 28 (6), 476-490.
- Henderson C. R. 1975. Best Linear Unbiased Estimation and Prediction under a Selection Model. *Biometrics*, 31 (2), 423-447
- Nagy I., Gyovai P., Radnai I., Nagyné Kiszlinger H., Farkas J., Szendrő Zs. 2013. Genetic parameters, genetic trends and inbreeding depression of growth and carcass traits in Pannon terminal line rabbits. *Archiv Tierzucht* 56 (18), 191-199. .
- Gilmour, A. R., Gogel B. J., Cullis B. R., Thompson R., 2009. *ASReml User Guide* VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 ES, UK.

# **ALIMENTATION**





## DIGESTIBILITÉ COMPARÉE CHEZ LE LAPIN : EFFETS DE L'ÂGE, DE L'ÉTAT ET DU STADE PHYSIOLOGIQUES

Read T.<sup>1,2</sup>, Gidenne T.<sup>1</sup>, Combes S.<sup>1</sup>, Labatut D.<sup>3</sup>, Bricard D.<sup>2</sup>,  
Bébin K.<sup>4</sup>, Fortun-Lamothe L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, INP-ENVIT, F-31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>2</sup> Terrena, La Noëlle - BP 20199, F-44150 Ancenis, France

<sup>3</sup> UE PECTOUL, INRA, F-31326 Castanet-Tolosan, France

<sup>4</sup> CCPA, ZA du Bois de Teillay, F-35150 Janzé, France.

Correspondant : Laurence.Lamothe@inra.fr

**Résumé** – Cette étude avait pour objectif de déterminer l'influence de l'âge, de l'état et du stade physiologiques des animaux sur la digestibilité des nutriments d'un aliment. Nous avons utilisé un seul aliment expérimental distribué à volonté à 18 lapins en croissance et 26 femelles reproductrices réparties en 3 groupes : gestantes et allaitantes (groupe GA, n = 8), gestantes non-allaitantes (groupe GnA, n = 10), non gestantes et allaitantes (groupe nGA, n = 8). Chez les femelles gestantes la digestibilité a été mesurée durant la 1<sup>ère</sup> période : P1) et la 3<sup>ème</sup> (2<sup>ème</sup> période : P2) semaine de gestation, qu'elles soient allaitantes ou non. Chez les femelles allaitantes mais non gestantes la digestibilité a été mesurée pendant la 3<sup>ème</sup> semaine de lactation (contemporaine à P1). La digestibilité de la matière organique (+10,0 pts), de l'énergie brute (+10,6 pts), de l'NDF (+18,7 pts), de l'ADF (+22,3 pts) a été plus élevée chez les lapines GA comparées aux lapines nGA, GnA et aux lapins en croissance (P < 0,001). La teneur en énergie digestible était la plus faible dans le groupe GnA par rapport aux trois autres groupes (10,4 contre 12,4, 12,9 et 13,4 MJ / kg pour les lapins en croissance, nGA et GA, respectivement, P < 0,001). La gestation augmente la digestibilité de tous les éléments nutritifs de la ration (+3,7 à +9,5 pts chez les femelles GA comparativement aux femelles nGA, en fonction des éléments nutritifs, P < 0,05). Nos résultats suggèrent que l'extrapolation des mesures de digestibilité obtenues chez les lapins en croissance sous-estime les valeurs nutritionnelles des aliments pour femelles reproductrices, en particulier dans le cas des femelles allaitantes. Le stade de lactation s'est avéré avoir un effet plus prononcé sur la digestibilité des nutriments que le stade de la gestation.

**Abstract – Nutrient digestibility in growing rabbits and reproductive does: comparing physiological state and stage.** This study aimed determine the influence of age, condition and physiological stage on nutrient digestibility. One experimental diet was offered ad libitum to 18 growing rabbits and 26 breeding females divided in 3 groups: lactating and pregnant does (LP group, n=8), non-lactating and pregnant does (NLP group, n=10) and lactating non-pregnant does (LNP group, n=8), reared in individual cages. Pregnant does were studied during the 1st week (1st period: P1) and the 3rd week (2nd period: P2) of pregnancy, whether lactating or not. The females that were lactating, but not pregnant were studied during the 3rd week of lactation (contemporary with P1). The apparent digestibility of organic matter (+10.0 pts), gross energy (+10.6 pts), NDF (+18.7 pts) and ADF (+22.3 pts) was higher in LP rabbits compared to LNP, PNL and growing rabbits (P < 0.001). The digestible energy content was lowest in the NLP group compared with the other three groups (10.4 versus 12.4, 12.9 and 13.4 MJ / kg for growing rabbits, LNP and LP, respectively, P < 0.001). Gestation increased the digestibility of all nutrients in the diet (+3.7 to +9.5 pts in LP compared to NPL, depending on nutrient, P < 0.05). Our results suggested that the extrapolation of the digestibility measurements obtained in growing rabbits underestimated the nutritional values of diet for reproductive females, especially in lactating ones. The lactation stage was found to have a more pronounced effect on nutrient digestibility than the stage of gestation.

### Introduction

Avec un rythme de reproduction semi-intensif, dans lequel l'insémination a lieu 11 jours après la mise bas, les femelles sont simultanément gestantes et allaitantes durant la majeure partie du cycle reproductif. Afin d'assurer ces deux fonctions physiologiques, les animaux doivent avoir un niveau d'ingestion et accès à un aliment qui permettent de couvrir leurs besoins nutritionnels très élevés. La formulation des aliments est généralement basée sur

une programmation linéaire et considère certaines hypothèses sous-jacentes telles que l'additivité, c'est-à-dire que la valeur nutritionnelle d'un aliment composé est la somme des contributions nutritives de chaque ingrédient. En formulation cunicole, les valeurs des tables ont généralement été obtenues en utilisant la méthode standardisée européenne de mesure de digestibilité adaptée au lapin en croissance (Perez et al., 1995). Ces valeurs nutritives sont utilisées pour formuler des aliments pour des lapins de différents états physiologiques (croissance,

lactation, périsévrage...). Mais cette extrapolation n'a pas toujours été validée et reste une question débattue. En effet, la digestibilité des éléments nutritifs d'un aliment peut être influencée par de nombreux facteurs, tels que la composition chimique de l'alimentation ou la stratégie d'alimentation, mais aussi par des facteurs liés aux animaux eux-mêmes, notamment leur poids, leur génotype et leur statut physiologique (Le Goff et Noblet, 2001).

Les objectifs de cette étude étaient de déterminer l'influence i) du stade de développement des animaux en comparant les jeunes lapins et les femelles adultes, ii) de la gestation et / ou la lactation et iii) du stade de gestation chez des femelles allaitantes sur la digestibilité des nutriments.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Schéma expérimental

Un seul aliment a été utilisé pour l'expérimentation. Sa composition est décrite dans le tableau 1. Nous avons utilisé 18 lapins en croissance (LC ; poids vif moyen=1184±12g) sevrés à 35 jours d'âge et élevés en 6 cages de 3 animaux et 30 femelles (INRA 1777 x 2266; poids vif moyen=4597±31g) qui avaient eu au moins une portée précédente (parité moyenne: 1,6±0,1). Vingt femelles étaient allaitantes (10±1 nés vivants) au début de l'expérience (jour de la mise-bas = J0) et 10 n'étaient pas allaitantes. Les femelles ont été inséminées à J11. Les femelles non fertilisées ainsi que quelques femelles ayant eu des problèmes de santé ont été éliminées. Au final, nous avons pu comparer 3 groupes de femelles : gestantes et non allaitantes (GnA, n=10), gestantes et allaitantes (GA, n=8) et non gestantes et allaitantes (nGA, n=8).

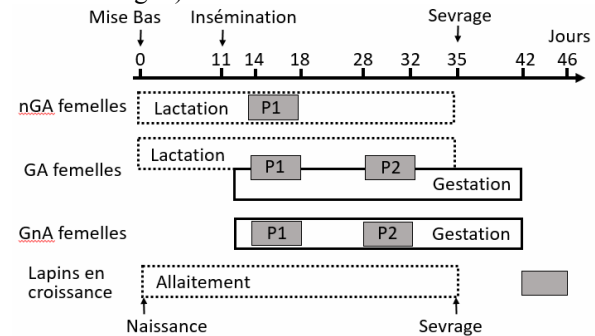
**Tableau 1: Composition chimique de l'aliment.**

	%
Blé	5
Orge	13
Son et remoulage de blé	25
Tourteau de colza	9
Tourteau de tournesol	23
Mélasse	2
Pulpe de fruits	6
Pulpe de betterave	10
Luzerne déshydratée	2
Coques de tournesol	3
Carbonate de calcium	1,5
Sel	0,2
Minéraux et vitamines	0,2
Acides aminés	0,1

Pour les lapins en croissance et les femelles, la digestibilité a été mesurée à l'aide de la méthode européenne standardisée décrite par Perez et al. (1995). Ainsi, les animaux ont été alimentés à volonté et, après une période d'adaptation de 7 jours au moins, la totalité des fèces excrétée a été collectée pendant 4 jours et conservée à -18°C jusqu'à analyse. La période de collecte a eu lieu entre 3 et 7 j (P1 :

période 1) ou entre 17 et 21 j (P2 : période 2) de gestation chez les femelles (pour nGA femelles, P1 correspond aux jours 14 à 18 de la lactation) et 42 et 46 j d'âge chez les lapereaux selon la méthode standardisée.

**Figure 1: Schéma expérimental (périodes de collecte en gris)**



### 1.2. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide de la version R 3.0.3 (R Development Core Team, 2013). Des analyses de variance ont été utilisées pour étudier l'effet i) du stade de développement (2 niveaux: lapins en croissance (LC) vs femelles adultes), ii) du statut physiologique des animaux (4 niveaux: LC, nGA, GnA, GA), iii) de la gestation (2 niveaux: nGA vs GA) chez les femelles allaitantes au cours de P1, iv) de la lactation (2 niveaux: GnA et GA) chez les femelles en gestation au cours de P1 et v) de la semaine de gestation (2 niveaux: 1<sup>ère</sup> ou 3<sup>ème</sup> semaine, c'est-à-dire P1 ou P2) chez les femelles allaitantes ou non (2 niveaux: GnA et GA) dans un schéma factoriel 2 x 2.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Effet du stade de développement : jeunes vs femelles adultes

Les femelles étaient plus lourdes que les lapins en croissance au début et à la fin de la période de collecte (Tableau 2;  $P < 0,001$ ). L'ingestion étant corrélée au poids vif (Xiccato and Trocino, 2010), celle-ci a été 58% plus faible chez les lapins en croissance que chez les femelles adultes ( $P < 0,001$ ).

Les résultats concernant les effets du stade de développement sur la digestibilité fécale des nutriments conduisent à des résultats contradictoires. Xiccato et al. (1992) et De Blas et al. (1995) n'ont observé aucune différence entre des jeunes lapins et des femelles adultes sur la digestibilité de la matière sèche et des protéines brutes. Cependant, Perez et al. (1996) ont rapporté une digestibilité inférieure chez les femelles reproductrices que chez les lapins en croissance principalement pour les protéines brutes (69,5% vs 72,4%, respectivement). Nos résultats montrent que la digestibilité fécale de tous les éléments nutritifs, à l'exception des hémicelluloses, était similaire chez les femelles et chez les LC (Tableau 2,  $P > 0,05$ ). Cependant, ce résultat global

cache une grande disparité au sein des groupes de femelles, pour lesquelles l'état physiologique, c'est-à-dire la gestation ou la lactation, influence grandement la consommation d'aliments et la digestibilité fécale

(voir ci-dessous). La digestibilité des hémicelluloses était de 34,0 points de pourcentage plus élevée chez les femelles adultes par rapport aux LC.

**Tableau 2: Effets du stade physiologique sur la digestibilité fécale et la valeur nutritive d'un aliment.**

	Groupes				s.e.m.	P value			
	LC <sup>1</sup>	nGA	GnA	GA		Etat physiol. <sup>2</sup>	Stade de développ. <sup>3</sup>	Gestation <sup>4</sup>	Lactation <sup>5</sup>
n	18	8	10	8					
Poids vif initial, g	1184 <sup>c</sup>	4804 <sup>a</sup>	4360 <sup>b</sup>	4667 <sup>a</sup>	262	<0,001	<0,001	0,168	0,004
Poids vif final, g	1408 <sup>c</sup>	4750 <sup>a</sup>	4460 <sup>b</sup>	4661 <sup>a</sup>	246	<0,001	<0,001	0,195	0,010
Ingestion, g/j	131 <sup>c</sup>	352 <sup>a</sup>	183 <sup>b</sup>	385 <sup>a</sup>	20	<0,001	<0,001	0,219	<0,001
Digestibilité fécale apparente (%)									
MO	68.2 <sup>c</sup>	76.5 <sup>b</sup>	65.8 <sup>c</sup>	80.2 <sup>a</sup>	1,2	<0,001	0,075	0,024	<0,001
PB	74.1 <sup>b</sup>	78.9 <sup>a</sup>	67.7 <sup>c</sup>	82.1 <sup>a</sup>	1,2	<0,001	0,618	0,037	<0,001
Energie	66.9 <sup>c</sup>	74.9 <sup>b</sup>	63.4 <sup>c</sup>	79.0 <sup>a</sup>	1,3	<0,001	0,132	0,025	<0,001
NDF	41.9 <sup>c</sup>	56.0 <sup>b</sup>	37.1 <sup>c</sup>	63.7 <sup>a</sup>	2,2	<0,001	0,091	0,015	<0,001
ADF	31.5 <sup>c</sup>	49.4 <sup>b</sup>	27.6 <sup>c</sup>	58.5 <sup>a</sup>	2,7	<0,001	0,052	0,021	<0,001
Hémicelluloses	27.8 <sup>c</sup>	65.0 <sup>a</sup>	49.9 <sup>b</sup>	70.7 <sup>a</sup>	3,1	<0,001	<0,001	0,019	<0,001
Valeurs nutritives									
PD, g/kg	143,0 <sup>a</sup>	143,4 <sup>a</sup>	117,4 <sup>b</sup>	146,7 <sup>a</sup>	2,5	<0,001	0,618	0,037	<0,001
ED, MJ/kg	12,4 <sup>a</sup>	12,9 <sup>a</sup>	10,4 <sup>b</sup>	13,4 <sup>a</sup>	0,2	<0,001	0,132	0,025	<0,001

a, b, c : les colonnes avec différentes lettres diffèrent au seuil de P<0,05; <sup>1</sup>LC : lapins en croissance, six cages collectives de 3 animaux/cage; <sup>2</sup> Comparaison de tous les groupes (période 1 pour les femelles); <sup>3</sup> Lapins en croissance vs femelles (nGA + GnA + GA) en période 1; <sup>4</sup>Femelles nGA vs femelles GA en période 1; <sup>5</sup>Femelles GnA vs femelles GA en période 1

**Tableau 3: Effets de la lactation et de la période de mesure pendant la gestation sur la digestibilité fécale et la valeur nutritive d'un aliment.**

Lactation <sup>1</sup>	GnA		GA		s.e.m.	P value		
	P1 <sup>2</sup>	P2 <sup>3</sup>	P1 <sup>2</sup>	P2 <sup>3</sup>		Lactation	Période	Lactation x période
n	10	10	8	8				
Poids vif initial, g	4360	4646	4667	4597	41	0,094	0,096	0,024
Poids vif final, g	4460	4697	4661	4395	34	0,386	0,817	<0,001
Ingestion, g/j	183 <sup>c</sup>	156 <sup>c</sup>	385 <sup>a</sup>	285 <sup>b</sup>	16	<0,001	<0,001	0,010
Digestibilité fécale apparente (%)								
MO	65.8 <sup>b</sup>	65.4 <sup>b</sup>	80.2 <sup>a</sup>	67.6 <sup>b</sup>	1,2	<0,001	<0,001	<0,001
PB	67.7 <sup>b</sup>	66.6 <sup>b</sup>	82.1 <sup>a</sup>	71.2 <sup>b</sup>	1,2	<0,001	<0,001	<0,001
Energie	63.4 <sup>b</sup>	62.2 <sup>b</sup>	79.0 <sup>a</sup>	65.6 <sup>b</sup>	1,3	<0,001	<0,001	<0,001
NDF	37.1 <sup>b</sup>	33.8 <sup>b</sup>	63.7 <sup>a</sup>	40.8 <sup>b</sup>	2,2	<0,001	<0,001	<0,001
ADF	27.6 <sup>b</sup>	23.9 <sup>b</sup>	58.5 <sup>a</sup>	31.0 <sup>b</sup>	2,6	<0,001	<0,001	<0,001
Hémicelluloses	49.9 <sup>b</sup>	47.5 <sup>b</sup>	70.7 <sup>a</sup>	54.2 <sup>b</sup>	1,8	<0,001	0,001	0,003
Valeurs nutritives								
ED, MJ/kg	10,4 <sup>b</sup>	10,2 <sup>b</sup>	13,4 <sup>a</sup>	10,8 <sup>b</sup>	0,2	<0,001	<0,001	<0,001
PD, g/kg	117,4 <sup>b</sup>	115,5 <sup>b</sup>	146,7 <sup>a</sup>	123,5 <sup>b</sup>	2,3	<0,001	<0,001	<0,001

a, b, c : les colonnes avec différentes lettres diffèrent au seuil de P<0,05; <sup>1</sup>GnA : femelles gestantes non allaitantes, GA : femelles gestantes et allaitantes; <sup>2</sup> P1 (période 1) : 3-7 jours de gestation pour les femelles GnA et GA qui est aussi 14-18 jours de lactation pour les femelles GA; <sup>3</sup> P2 (période 2) : 17-21 jours de gestation pour les femelles GnA et GA qui est aussi 28-32 jours de lactation pour les femelles GA

## 2.2. Effets de l'état physiologique des animaux

L'ingestion d'aliment a été 65% plus faible chez les lapins en croissance que chez les femelles allaitantes, qu'elles soient gestantes ou non, et 28% plus faible que chez les femelles non allaitantes (P<0,001), avec les données de P1.

La digestibilité de la matière organique (MO), de l'énergie brute (EB), du NDF et de l'ADF a été plus élevée dans le groupe GA que dans les 3 autres groupes (P<0,001; Tableau 2). La digestibilité des protéines brutes (PB) et des hémicelluloses (80,5 et 67,9%, respectivement) a été similaire chez les femelles nGA et GA. La digestibilité de MO, EB, NDF et ADF était similaire chez LC et GnA, ces deux groupes ayant eu une digestibilité significativement

inférieure à celle des groupes nGA et GA (P<0,001). Au contraire, la digestibilité fécale de PB était plus faible chez les femelles GnA que chez LC (P<0,05; Tableau 2). Enfin, nous avons estimé que la teneur en énergie digestible (10,4 vs 12,9 MJ ED / kg) et en protéines digestibles (117,4 vs 144,4 g PD / kg) était inférieure lorsque l'aliment est utilisé par des femelles GnA comparées aux autres groupes (P<0,001).

## 2.3. Effets de la gestation et/ou de la lactation

La gestation n'a pas affecté l'ingestion (P=0,219; Tableau 2) chez les femelles allaitantes. À l'inverse, la lactation a augmenté fortement la consommation d'aliments chez les femelles gestantes (+ 110% chez GA vs GnA; P<0,001).

La gestation ( $P < 0,05$ ) et la lactation ( $P < 0,001$ ) ont influencé la digestibilité fécale apparente des nutriments (Tableau 2), mais la lactation a eu un impact plus fort que la gestation. Les effets de la gestation et de l'allaitement semblent être partiellement additifs car le groupe GA présente la plus grande digestibilité fécale pour tous les éléments nutritifs, bien que dans le cas des hémicelluloses et des protéines brutes les différences ne sont pas significatives par rapport au groupe nGA. A l'inverse, Xiccato et al. (1992) n'ont observé aucune différence de digestion chez les lapines, gestantes ou non.

La valeur nutritive de l'aliment est également affectée par l'état physiologique des femelles ( $P < 0,001$ ). Les teneurs en énergie et en protéines digestibles ont été les plus faibles dans le groupe GnA par rapport aux deux autres groupes de femelles ( $P < 0,001$ ). La lactation a eu un effet important sur l'énergie et les protéines digestibles (+28% et +25% chez GA vs GnA ;  $P < 0,001$ ), alors que l'effet de la gestation est plus faible (+3,9% et +2,3% ;  $P < 0,05$ ).

Nos résultats montrent un effet marqué du stade physiologique des animaux sur la digestibilité des nutriments. Celui-ci peut être expliqué par une adaptation des animaux, qui développent une capacité digestive plus importante lorsque leurs besoins nutritionnels sont plus élevés. Mais ce résultat pourrait également résulter d'un biais dû à un déséquilibre entre l'ingestion et l'excrétion des animaux. Ainsi, on sait que la mesure de digestibilité est délicate chez les très jeunes lapereaux car leur réservoir digestif est en phase de remplissage (excrétion < ingestion), ce qui entraîne une surestimation de la digestibilité. Nos résultats montrent aussi que l'ingestion (voir précédemment) et l'excrétion (données non montrées) varient fortement au cours de la gestation mais surtout de la lactation. Un déséquilibre de dynamique entre ingestion et excrétion entraîne un biais, qui pourrait être compensé par une période de mesure plus longue.

### 2.3. Effets du stade de gestation-lactation

L'ingestion d'aliment augmente au cours de la lactation ( $P < 0,001$ ; Tableau 3). Chez les femelles GA, celle-ci était plus élevée de 35% entre P1, qui correspond à la production laitière la plus élevée (14-18 jours de lactation) et P2, qui correspond à la fin de l'allaitement (28-32 jours de lactation). A l'inverse, chez les femelles non-allaitantes (GnA), l'ingestion était similaire lors de la troisième semaine (P2) et de la première semaine de la gestation (P1;  $P > 0,05$ ).

La digestibilité fécale des lapines gestantes a été fortement affectée par la lactation et le stade de gestation pour tous les constituants de la ration, et les

deux effets ont eu une forte interaction ( $P < 0,01$ ; Tableau 3). Les femelles du groupe GnA en P1 et P2 et les femelles GA en P2 ont une digestibilité plus faible pour tous les constituants de la ration que les femelles du groupe GA en P1 ( $P < 0,001$ ).

Les teneurs en énergie et en protéines digestibles sont plus élevées lorsque l'aliment est offert aux femelles GA en P1 comparativement aux femelles GA en P2 ou aux femelles GnA pendant les deux périodes (+28% et +23% ;  $P < 0,001$ ; Tableau 3).

### Conclusion

Nos résultats suggèrent que l'extrapolation, à des femelles reproductrices, de coefficients de digestibilité d'un aliment obtenus chez les lapins en croissance pourrait conduire à une sous-estimation, notamment pour les femelles allaitantes. Par conséquent, les études portant sur la stratégie d'alimentation des femelles reproductrices devraient inclure une valeur nutritive des aliments mesurée sur les femelles elles-mêmes. Mais une adaptation de la méthode de mesure pour les femelles, notamment la durée de collecte, est à envisager.

### Remerciements

Les auteurs remercient C. Bannelier, M. Segura et B. Santacruz (INRA, UMR 1388 GenPhySE) ainsi que le personnel de l'UE PECTOUL pour leur aide précieuse.

### Références

- De Blas, J.C., Taboada, E., Mateos, G.G., Nicodemus, N., Mendez, J., 1995. Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci.*, 73, 1131 – 1137
- Le Goff, G., Noblet, J., 2001. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. *J. Anim. Sci.*, 79, 2418 – 2427.
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernandez J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J., 1995. European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 3, 41-43.
- Perez, J.M., Fortun-Lamothe, L., Lebas, F., 1996. Comparative digestibility of nutrients in growing rabbits and breeding does. Proc.: 6th World Rabbit Congress, 9 – 12 July, 1996, Toulouse, France, 267 – 270.
- Xiccato, G., Trocino, A., 2010. Energy and protein metabolism and requirements, in: de Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the Rabbit*, CAB International, Oxfordshire, UK, 83-118.
- Xiccato, G., Cinetto, M., Dalle Zotte, A., 1992. Effect of feeding level and rabbit class on digestibility and nitrogen balance. *Zoot. Nutr. Anim.*, 18, 35 – 43.

## EFFETS DE DIFFÉRENTS NIVEAUX DE LYSINE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE À L'ENGRAISSEMENT.

Grand E.<sup>1</sup>, Davoust C.<sup>2</sup>, Picard E.<sup>1</sup>, Troislouches G.<sup>1</sup>, Launay C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NEOVIA, Rue de l'Eglise - Chierry - CS 90019 - 02402 CHATEAU-THIERRY

<sup>2</sup> INZO, Rue de l'Eglise - Chierry - CS 90019 - 02402 CHATEAU-THIERRY

Correspondant : egrand@neovia-group.com

### Résumé –

L'objectif de cette étude est d'examiner les effets d'une supplémentation en lysine lors des périodes périsévrage et finition sur les performances des lapereaux Hyplus issus de croisement lapines PS19 x mâles PS59. En maternité, 2 lots de lapines et leurs lapereaux sont constitués, le premier reçoit un aliment contenant 0,84% de lysine totale, et le second un aliment contenant 0,58%. Au sevrage (36j), 120 lapereaux issus de ces 2 lots sont à nouveau divisés en 2 : entre 36 & 49j puis entre 49 & 70j, l'aliment contient 0,74% puis 0,72% de lysine totale, ou 0,84% puis 0,69%. A 29 jours d'âge, le poids des lapereaux était identique entre les lots (717±75g et 721g ±85g, p=NS). A 35 jours, les lapereaux nourris avec l'aliment 0,84% de lysine étaient plus lourds (1011±103g et 952g ±112g, p<0,005). Le GMQ sur cette période était plus élevé (+29%, p<0,0001) pour les lapereaux de ce même lot. En engraissement, il n'y avait pas d'interaction entre l'effet de l'aliment distribué en maternité et de celui distribué en engraissement. À 49 jours, le poids des lapins n'était pas impacté par le régime reçu en engraissement, mais les lapereaux ayant reçu l'aliment à 0,84% de 29 à 35 jours sont plus lourds (1628 ±106g vs 1565± 118g, p=0,017). En fin d'engraissement, le poids des lapereaux n'était plus différent selon les régimes. Le GMQ 35-49 jours est plus élevé de 2% pour le lot 0,84 - 0,69%, (p=0,038). Une supplémentation en lysine (+45% par rapport à 0,58%) la semaine précédant le sevrage permettrait d'obtenir des lapins plus lourds (+59g) au sevrage. Il n'y a pas d'effet sur le poids des lapins à l'abattage.

### Abstract – Effects of different lysine levels on growth performance of fattening rabbits.

Nutritional requirements in rabbits are the subject of numerous studies, given the economic issue. These trials have been carried out under conditions which may be particular and with various genetic strains. The objective of this study is to investigate the effects of lysine supplementation around weaning and during finishing period on growth performance of rabbits from PS19 x male PS59. In maternity, 2 groups of rabbits does and their young rabbits were created, the first one received a feed containing 0.84% of total lysine, and the second a feed containing 0.58%. At weaning, 120 rabbits from these two groups were again divided into 2 groups, according to periods 36-49d and 49-70d respectively, 0.74% and 0.72% of total lysine, or 0.84% and then 0.69%. At 29 days of age, the weight of young rabbits was similar between the groups, but at 35 days, the rabbits receiving the feed 0.84% were heavier (1011±103g et 952g ±112g, p<0.005). The ADG over this period was also better (+29%) for the young rabbits of this same group. In fattening, there was no interaction between maternity and fattening factors. At 49 days, the weight of the rabbits was not impacted by the diet received in fattening, but the 0.84% feed received between 29 and 35d allowed heavier rabbits (1628 ±106g vs 1565± 118g, p=0.017). At the end of fattening, the weight of the young rabbits was no longer different according to the diets. The 35-49 day ADG was 2% higher for the group 0.84-0.69%, (p=0.038). This study showed the interest of a lysine supplementation in the week before weaning in order to obtain heavier rabbits at weaning and slightly more homogeneous. There was no effect on the weight of rabbits at slaughter.

### Introduction

Dans les années 1990, les besoins du lapin en croissance, en lysine, méthionine et thréonine ont été souvent étudiés (Maertens and de Groot, 1988 ; Taboada et al., 1994, 1996 ; de Blas et al., 1998) et les recommandations ont fortement évolué dans les années 2000 (Lebas, 2004), ces variations pourraient s'expliquer par la progression du potentiel génétique des animaux (Carabaño et al., 2008). Mais, peu d'études récentes avec des souches commerciales

fréquemment utilisées en France ont pu être trouvées lors de la recherche bibliographique. Une étude menée en 2012, sur la lysine a été réalisée en Chine par Jing et Li, sur une souche de lapin Néo-Zélandais. Différents taux d'incorporation de lysine ont été étudiés, mais uniquement sur la période d'engraissement (30 à 70 jours d'âge), avec un sevrage précoce et dans le cadre d'une alimentation à volonté. Or en France et en Europe, cette souche est peu répandue, et le rationnement alimentaire est très

fréquemment pratiqué pour éviter tout problème sanitaire. Les conclusions de cette étude ne sont donc pas facilement extrapolables aux élevages européens actuels.

Dans une autre étude conduite en 2005, Dalle Zotte et al., ont étudié l'effet d'une supplémentation en lysine chez la lapine pendant les périodes de gestation et lactation, sur les performances des lapereaux issus de ces lapines. L'aliment engraissement ne variait pas entre le sevrage et l'abattage, contrairement à ce qui se fait régulièrement aujourd'hui (aliment périsévrage puis finition). De plus, la souche étudiée n'était pas précisée, ni le type d'alimentation des lapereaux (ad libitum ou rationné).

Ces essais ne représentent donc pas les pratiques observées aujourd'hui sur le terrain. De plus, lors de ces dernières années, il a été mis en évidence des liens entre la nutrition et la génétique chez l'Homme, mais également en nutrition animale. C'est-à-dire que selon le génome de l'organisme étudié, les effets de l'alimentation ne sont pas les mêmes (nutrigénétique et nutriginomique). Tous ces arguments soulignent donc l'importance de caractériser les besoins en lysine sur les souches commerciales utilisées aujourd'hui, tout en appliquant les pratiques actuelles d'élevage.

L'objectif de cette étude est donc d'examiner les effets d'une supplémentation en lysine lors des périodes périsévrage et finition (29-35j ; 35-49j et 49-70j) sur les performances des lapereaux Hyplus issus de croisements lapines PS19 x mâles PS59.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

L'essai est mené au CRZA (Centre de Recherche Zootechniques Appliquées), centre de recherche NEOVIA situé à Montfaucon (02). Il est réalisé sur une bande et dure 41 jours ; 6 jours avant et 35 jours après sevrage.

Les formules et caractéristiques des aliments contenant les niveaux bas en lysine sont décrites dans les tableaux 1 et 2. Les aliments avec un niveau de lysine supérieur sont tous obtenus via ajout de lysine de synthèse uniquement.

**Tableau 1 : Ingrédients des formules périsévrage et finition à bas niveau de lysine.**

Ingrédients, kg/tonne	Périsévrage (35-49j)	Finition (50-70j)
Tourteaux et graines	413.8	328.2
Céréales et issues	214.9	300.0
Pulpe de betterave	200.0	70.0
Luzerne	90.4	216.4
Huile, Mélasse	60.0	72.0
Minéraux, Acides aminés, Premix	20.95	13.40

9 et 10 lapines Hyplus PS19, ainsi que leurs portées (issues de l'insémination avec le mâle PS59), sont

suivies en maternité, de 29 à 35j. Le premier lot reçoit un aliment contenant 0,84% de lysine totale – 0,73% de lysine digestible – et le second lot reçoit un aliment contenant 0,58% de lysine totale – 0,47% de lysine digestible – (correspondant aux valeurs analysées chimiquement). Cet aliment est distribué à volonté.

Au moment du sevrage à 36 jours d'âge, 120 lapereaux issus de ces 2 lots sont mis en lot en logement individuel (cage californienne de 0,153m<sup>2</sup>), permettant un suivi précis des performances de croissance. Ces lapereaux sont choisis pour avoir un poids moyen égal au poids moyen observé à la fin de la période étudiée précédemment. Ces 2 lots de lapereaux sont à nouveau divisés en 2 : un lot recevant un aliment contenant respectivement 0,74% de lysine totale (0,63% digestible) sur 36-49j puis 0,72% (0,61% digestible) de 50 à 70j, le second lot recevant un aliment contenant 0,84% (0,73% digestible) puis 0,69% (0,58% digestible) sur les mêmes périodes (les taux de lysine mentionnés sont les valeurs analysées chimiquement). Au sevrage, si un écart de poids de lapereaux entre les 2 lots est relevé, il est conservé lors de la mise en lot : 4 lots de lapins sont ainsi créés. La première semaine, les lapins reçoivent 88g/j d'aliment, puis la ration est augmentée de 14g à chaque semaine d'engraissement, pour finir à 144 g/j/lapin en dernière semaine. Ce plan de rationnement représente 80% d'une consommation à volonté mesurée dans de précédents essais.

**Tableau 2 : Caractéristiques nutritionnelles théoriques des aliments bas en lysine.**

% brut	Périsévrage	Finition
ED (kcal/kg)	2350	2440
Humidité	12,2	12,3
Matière Grasse	2,0	3,1
Protéine digestible	11,1	12,2
Lysine digestible	0,47	0,58
Amidon	13,0	15,1
Cendres brutes	6,7	6,8

### 1.2. Mesures

Le poids des lapines est relevé à 29 et 35 jours d'âge des lapereaux. Les lapereaux sont pesés en même temps que les lapines, ainsi qu'à 49 et 70 jours. La consommation d'aliment est relevée en même temps que les pesées d'engraissement. La morbidité est contrôlée lors des pesées et la mortalité est contrôlée quotidiennement.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées avec le logiciel R (version 3.3.2).

Les données de poids, de GMQ, de consommation et d'IC sont analysées par analyse de variance (ANOVA). Les données de mortalité et de morbidité sont comparées par un test de comparaison de fréquence (Chi<sup>2</sup>). Les effets retenus dans le modèle étaient notamment le régime reçu en maternité, celui

reçu en engraissement et l'interaction entre ces 2 facteurs.

Les valeurs de P supérieures à 0,05 sont considérées comme non significatives (NS).

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Période avant sevrage, 29-35j

Au cours de la période 29-35 jours, une seule lapine est morte, elle était dans le lot 0,84% de lysine et un seul lapereau est mort (lot 0,58% de lysine).

A 29 jours d'âge, le poids des lapereaux était identique entre les lots (717±75g vs 722±85g, p=NS). A 35 jours, les lapereaux ayant accès à l'aliment contenant 0,84% de lysine étaient plus lourds que les lapereaux ayant reçu l'aliment avec 0,58% de lysine ; 59 g d'écart, p<0,005 (tableau 3).

**Tableau 3 : Poids moyen individuel et croissance des lapereaux entre 29 et 35 jours d'âge.**

	Lot		Prob.
	0,84 % de lysine	0,58% de lysine	
<i>Poids de lapereau (g)</i>			
MB+29J	717 (± 75)	722 (± 85)	NS
MB+35J	1011 (± 103)	952 (± 112)	<0,005
<i>GMQ (g/j)</i>			
De J29 à J35	49,0 (± 7,2)	38,2 (± 10,2)	<0,0001

MB : mise-bas, sevrage à 36 jours d'âge. 87 individus à 29j dans chacun des lots.

Le GMQ 29-35 jours des lapereaux ayant consommé l'aliment à 0,84% de lysine était meilleur (+29%, p<0,0001). Ce résultat est original car, jusque-là rien n'a été publié sur l'impact d'une supplémentation en lysine sur la période pré-sevrage concernant les performances de croissance des lapereaux.

### 2.2. Période 35-70 jours

En engraissement, la mortalité et la morbidité ne diffèrent pas selon les lots ni selon les facteurs régime maternité (pas de mort ni de morbide) et engraissement (au total ; 9 morbides et 9 morts dans le groupe 0,74-0,72% et 15 morbides et 7 morts dans le lot 0,84-0,69%, p=NS pour chacun des critères).

Concernant la croissance, il n'y a pas d'interaction entre les facteurs régime maternité et régime engraissement, et ce quel que soit le critère étudié (Tableau 4). La concentration en lysine n'a pas d'effet sur l'ingéré quotidien par lapin entre 35 et 70 jours. Les variations de croissance sont donc liées à la quantité de lysine ingérée, et pas à la quantité ingérée des autres nutriments.

À 35 jours d'âge, le poids des lapereaux ayant reçu l'aliment à 0,84% est supérieur de 6,2% à celui des lapereaux ayant reçu l'aliment à 0,58% de lysine (p<0,005). À 49 jours, le poids des lapins n'est pas

impacté par le régime reçu en engraissement entre 35 et 49 jours, soit 0,84% ou 0,74% de lysine. En revanche, l'aliment reçu entre 29 et 35 jours et contenant 0,84% de lysine permet un poids supérieur de 4% à 49 j, comparé au régime contenant 0,58% de lysine totale.

A 70 jours d'âge, le poids des lapereaux n'est plus différent selon les régimes (2602±169 vs 2533±177g pour les régimes 0,84 vs 0,58%, p=NS ; et 2557±167 vs 2581±179g pour les lots 0,74-0,72% vs 0,84-0,69%, p=NS). Cela contraste avec les études de Colin et Allain (1978) et de Taboada et al. (1994) indiquant un effet positif de la lysine sur la croissance, lorsque la supplémentation en lysine a lieu entre le sevrage et l'abattage.

Dalle Zotte et al. (2005) ont montré que les portées issues de femelles supplémentées en lysine pendant la gestation et la lactation n'ont pas une croissance supérieure. Nos résultats vont également dans ce sens ; la supplémentation en lysine des lapines pendant la semaine précédant le sevrage ne permet pas de faire varier le poids des lapins au moment de l'abattage.

Concernant la vitesse de croissance (GMQ), il n'y a pas d'arrière effet du régime maternité, quel que soit la période étudiée. Le GMQ entre 35 et 49 jours d'âge des lapins ayant reçu l'aliment avec 0,84% de lysine est supérieur de 2% à ceux nourris avec le régime à 0,74% de lysine. Le GMQ sur les périodes 49-70 et 35-70 n'est pas différent selon le régime reçu. Selon Jing et Li (2012) l'incorporation de lysine dans l'aliment (0,55-0,96%) d'engraissement (30-70j) permettait une amélioration du GMQ global de manière quadratique (+34,4% pour l'écart le plus important, p=0,013). Remarquons que les souches génétiques diffèrent de notre étude, de même que l'âge au sevrage (30 vs 36j pour notre étude) et le mode d'alimentation des lapins (ad libitum vs restreints dans notre étude). Ainsi, le GMQ sur la période totale d'engraissement est très différent : 30,5/j pour l'étude chinoise (0,75% de lysine) contre 45 g/j environ pour la nôtre. Tout comme dans l'essai de Jing et Li, la consommation alimentaire dans notre essai n'est pas impactée par le taux de lysine dans l'aliment.

L'IC sur la période 35-49 jours est amélioré de 2,3% (p=0,02) lorsque le taux de lysine est élevé, c'est à dire avec le régime 0,84% comparativement au régime 0,74%. L'étude de Jing et Li montre également une amélioration de l'IC avec l'augmentation de la lysine dans l'aliment engraissement, bien que l'effet soit là aussi quadratique (-22,7% pour l'écart le plus important, p=0,034).

## Conclusions

À notre connaissance, ces résultats qui combinent l'effet de la concentration en lysine en période de sevrage et en finition pour une souche commerciale récente

utilisée en France, sont originaux. Ils montrent l'effet positif d'une supplémentation en lysine la semaine précédant le sevrage sur le poids au sevrage et à l'abattage. En revanche, notre étude n'a pas permis de déterminer si l'addition de lysine en période de sevrage permettait d'améliorer le statut sanitaire des lapereaux

puisque l'état sanitaire de cet essai a été très bon. Une nouvelle étude avec des niveaux de lysine intermédiaires en période de sevrage et incluant des mesures de rendement à l'abattoir devrait être réalisée pour observer quels sont les effets de ces variations de lysine sur la qualité de la carcasse des lapereaux.

**Tableau 4 : Performances de croissance des lapereaux** (moyennes pondérées par facteur).

	Régime 29-35j		Régime 35/49j-49/70j		Prob. Régime 29-35j	Prob. Régime 35-70j	Prob. Régime 29-35j x Régime 35-70j
	0,84%	0,58%	0,74% / 0,72%	0,84% / 0,69%			
<i>Poids moyen en g</i>							
35 J	1019 ±85	955 ±88	987 ±93	987 ±92	0,005	NS	NS
49 J	1628 ±106	1565 ±118	1591 ±109	1605 ±124	0,017	NS	NS
70 J	2602 ±169	2533 ±170	2557 ±167	2581 ±179	NS	NS	NS
<i>Gain Moyen Quotidien en g/j</i>							
35 - 49 J	43,7 ±3,9	44,2 ±5,0	43,5 ±3,9	44,4 ±4,9	NS	0,038	NS
49 - 70 J	46,0 ±5,7	45,6 ±7,0	46,2 ±6,1	45,4 ±6,6	NS	NS	NS
35 - 70 J	45,1 ±3,7	45,2 ±4,6	45,0 ±3,9	45,3 ±4,4	NS	NS	NS
<i>Consommation en g/j/période</i>							
35 - 49 J	94,6 ±3,5	93,8 ±5,1	94,4 ±3,9	94,0 ±4,8	NS	NS	NS
49 - 70 J	126,9 ±10,6	125,5 ±12,1	126,4 ±11,4	126,1 ±11,3	NS	NS	NS
35 - 70 J	114,6 ±6,6	113,6 ±7,7	114,1 ±7,2	114,1 ±7,1	NS	NS	NS
<i>Indice de consommation</i>							
35 - 49 J	2,18 ±0,17	2,15 ±0,21	2,19 ±0,16	2,14 ±0,21	NS	0,020	NS
49 - 70 J	2,78 ±0,20	2,79 ±0,29	2,76 ±0,21	2,81 ±0,28	NS	NS	NS
35 - 70 J	2,55 ±0,12	2,52 ±0,14	2,54 ±0,12	2,53 ±0,14	NS	NS	NS

N = 120 lapins par facteur à 35 jours.

### Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement Georges Troislouches pour le travail effectué à la station du CRZA et pour son implication sans faille aux travaux de R&D.

### Références

- de Blas J.C., Taboada E., Nicodemus N., Campos R., Piquer J., Mendez J. 1998. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Anim Feed Sci. Technol.*, 70, 151-160.
- Carabaño R., Villamide MJ., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., de Blas J.C. 2008. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits. In: *WRSA, Proceedings 9 th World Rabbit Congress –Verona - Italy*, 477 – 490.
- Colin M., Allain D. 1978. Etude du besoin en lysine du lapin en croissance en relation avec la concentration énergétique de l'aliment. *Ann. Zootech.*, 27, 17-31

- Dalle Zotte A., Metzger SZ., Remignon H., Szendro ZS., 2015. Etude morphométrique et histochimique des fibres musculaires des lapereaux issus de mères nourries avec un aliment supplémenté en lysine. In: 11èmes J. Rech. Cunicoles Fr, Paris (INRA ed.), ITAVI publ., Paris. 151-154.
- Jing W. G., Li F. C., 2012. Effect of dietary lysine on production performance, insulin like growth factor-I (IGF-I) mRNA expression in growing rabbits. *Proceedings 10 th World Rabbit Congress – Sharm El- Sheikh –Egypt*, 617 – 620.
- Lebas, F., 2004. Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive. *Cuniculture Magazine* 31, 2
- Maertens L., de Groote G. 1988. The effect of the dietary protein-energy ratio and lysine content on the breeding results of does. *Archiv Fur Geflügelkunde*, 52, 89-95.
- Taboada E., Méndez J., Mateos G.G., de Blas J.C. 1994. The response of highly productive rabbits to dietary lysine content. *Liv. Prod. Sci.*, 40, 329-337.
- Taboada E., Méndez J., de Blas J.C. 1996. The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth. *Reprod. Nutr. Develop.*, 36, 191-203



## INCORPORATION D'UN EXTRAIT DE MENTHE POULIOT (*Mentha pulegium*) DANS L'ALIMENTATION DES LAPINS : EFFETS SUR LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION, DE CROISSANCE ET DE QUALITÉ DE VIANDE.

Bellec A.<sup>1</sup>, Colin M.<sup>1\*</sup>, Varella E.<sup>2</sup>, Prigent A.Y.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> COPRI sarl, Coat Izella n°2, 29830 Ploudalmezeau (France)

<sup>2</sup> TECNOVIT, pol ind les sorts, parcela 10, 43365 - alforja (Tarragona) (Espagne)

<sup>3</sup> EARL 3L, Coat Izella n°4, 29830 Ploudalmezeau (France)

\*Correspondant : copri@wanadoo.fr

**Résumé** – Trois essais ont étudié les effets d'un extrait de Menthe Pouliot sur la reproduction et la croissance des lapins. Les 2 premiers impliquant 2231 lapins en croissance ont recherché son action sur la mortalité et la croissance en engraissement entre 35 jours (sevrage) et 70 j. d'âge. Dans le troisième essai, 137 lapines étaient réparties entre 2 groupes nourris avec un aliment contenant ou non l'extrait de menthe, et leurs portées elles-mêmes divisées en 2 groupes (avec ou sans extrait de Menthe) constituant un schéma factoriel 2 x 2. Un test hédonique a été réalisé sur la viande. L'extrait de menthe améliore fortement la fertilité (+22%), tandis que la mortalité tend à diminuer de 1,5% entre 56 et 70 j. (P = 0,056), mais est globalement peu affectée. L'extrait de menthe augmente le poids à la vente de 90 grammes dans un essai (P = 0,003), mais pas dans les 2 autres. Enfin, un premier test hédonique semble indiquer un effet positif sur la qualité de la viande du rôle.

**Abstract** – **Incorporation of European pennyroyal mint extract (*Mentha pulegium*) into rabbits' diet: effects on reproduction, growth performance and meat quality.** Three trials studied the effects of a pennyroyal mint extract on the reproduction and growth of the rabbits. The first 2 trials involved 2231 fattening rabbits to measure mortality and growth from weaning (35d) to sale (70 d.). In the third one, 137 does were split between 2 groups receiving a feed containing or not the mint extract, and their offspring's were themselves split between 2 treatments (with and without mint extract) according to a 2 X 2 factorial design. An hedonic test was carried out on the meat of these rabbits. The European pennyroyal mint extract improves strongly the fertility (+22%). The mortality between 56 and 70d was slightly reduced (-1.5%, P = 0.056), but the global mortality was not affected. The mint extract increased by 90gr. the weight at sale time in one trial (P = 0.003) but not in the 2 others. Finally, a first hedonic test seemed to indicate a positive effect on the meat quality of the loin (rable).

### Introduction

La nécessité d'utiliser des additifs naturels pour réduire l'usage des antibiotiques en production cunicole a fait l'objet de nombreuses revues (Maertens et al., 2006). Parmi ceux-ci, les extraits végétaux constituent des solutions dont l'intérêt est fréquemment souligné (Colin et Prigent., 2006 ; Colin et al., 2008). En particulier, la Menthe Pouliot (*Mentha pulegium*) contient de nombreux principes actifs (Bakkali et al., 2008) susceptibles d'avoir un effet positif sur la santé des animaux : actions immunomodulatrices (Orhan et al., 2016) ; analgésiques (Heshmati et al., 2016) ; antivirales (Schumacher et al., 2003), antioxydantes (Fatiha et al., 2015) ; antibactériennes (Singh et al., 2015) ; antifongiques (De Soussa Barros et al., 2015). Des essais chez la Caille japonaise ou le Poulet de chair ont confirmé ces actions bénéfiques (Ghazaghi et al., 2014 ; Erhan et al., 2012). Pour le lapin, une publication a montré les effets positifs d'un mélange d'extraits de plantes dont la Menthe des champs (*Mentha arvensis*) sur la viabilité des lapins à l'engraissement (Colin et al., 2008) ; mais aucun travail ne semble disponible sur les effets d'extraits uniquement de menthe et notamment de Menthe

Pouliot sur les performances du lapin. La présente étude a donc pour but de rechercher l'action éventuelle d'un extrait de Menthe Pouliot (EMP) sur la reproduction, la croissance, la viabilité et la qualité de viande des lapins.

### 1. Matériel et méthodes

#### 1.1. Protocole expérimental

Au total, 3 expérimentations ont été menées : deux en engraissement (mai-juin-2013, mars-avril 2014) et une troisième à la fois en maternité et en engraissement (mars à juin 2016).

#### 1.2. Animaux

Les 2 essais "engraissement" impliquaient 1088 et 1143 lapereaux Hyplus PS40 âgés de 36 jours en début d'essai (sevrage) et élevés dans les conditions précédemment décrites (Teillet et al., 2011). Dans le premier essai, les lapereaux étaient répartis entre 3 traitements correspondant à des aliments apportant 0, 1 et 2 kg/tonne d'EMP (Tableau 1) ; et dans le second les lapereaux sont répartis entre 2 traitements avec des aliments contenant 0 et 1 kg/tonne d'EMP. L'expérimentation concernant la maternité et

l'engraissement a porté sur 137 lapines dont 104 ont mis bas; elles recevaient un aliment soit témoin soit avec 1 kg / tonne d'EMP, et étaient logées dans des conditions publiées par Savietto et al. (2015). Pour chacun des 2 groupes en maternité, la majorité des lapins au sevrage étaient répartis entre 2 traitements correspondant à la distribution d'aliment avec 0 et 1,5 kg d'extrait de Menthe Pouliot.

**Tableau 1: Schéma expérimentaux**

Essais	1		2		3		Total			
Maternité										
Extrait de menthe Pouliot (Kg / tonne)			0		1					
Nombre d'inséminations	65		72		137					
Nombre de mise-bas	55		49		104					
Engraissement										
Extrait de menthe Pouliot (Kg / tonne)	0	1	2	0	1	0	1,5	0	1,5	
Nombre de lapereaux sevrés	523	284	281	570	573	285	285	270	285	3356

### 1.3. Aliments

Les formules des aliments maternité et engraissement correspondaient à celles utilisées à l'EARL 3L (Tableau 2). Aucun traitement d'antibiotiques ou d'anticoccidiens chimiques n'était réalisé ni dans l'aliment ni dans l'eau de boisson ni par Injection.

**Tableau 2: Régimes expérimentaux**

	Maternité	Engraissement
Tournesol 25/24	32,0	30,0
Avoine	15,0	5,5
Graine de colza	10,5	10,0
Maïs	10,0	8,0
Féverole	10,0	
Pulpe de betterave	8,0	30,0
Lin extrudé	1,5	2,0
Prémélange fibres, minéraux, vitamines	13,0	14,5
Caractéristiques nutritionnelles calculées		
Protéines (%)	18,7	14,7
Matières grasses (%)	4,7	4,2
Fibres brutes (%)	14,2	18,1
Cendres (%)	7,6	7,4
ADL (%)	5,4	5,7
Amidon (%)	13,7	4,2
Energie digestible (Kcal / kg)	2 650	2 467

Les aliments maternité étaient distribués à volonté aux lapines de 5 jours avant la mise-bas jusqu'au sevrage de leur portée à 35 jours. Les lapereaux recevaient l'aliment engraissement du sevrage à la vente selon le plan de rationnement présenté par Teillet et al. (2011). Le principe actif de l'EMP est obtenu par décoction selon un procédé mis au point par la société Tecnovit.

### 1.4. Critères mesurés

En maternité, le taux de fertilité de l'insémination ayant eu lieu pendant la distribution des aliments a été mesuré, ainsi que l'effectif des portées, à 8 jours après la mise-bas et au sevrage, d'où l'on déduit la mortalité avant sevrage. Les critères suivants ont été déterminés à l'engraissement: la mortalité est contrôlée quotidiennement; la croissance calculée d'après les pesées au sevrage, à 35 et à 70 jours.

De plus, dans le troisième essai, un test de dégustation a été réalisé en technique du test triangulaire selon la méthode précédemment décrite (Colin et al., 2005) sur les épaules, le râble et les cuisses.

### 1.5. Statistiques

Les effectifs de portée et les performances pondérales ont été analysés par analyse de variance. L'homogénéité des variances a été étudiée par un test de Levene. Les taux de mortalité avant et après sevrage ont été analysés selon la méthode décrite par Savietto et al. (2015).

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Maternité

La fertilité des inséminations tend à être supérieure (+ 22 %, P=0,052) pour le lot supplémenté avec l'EPM (Tableau 3). Cependant, la fertilité du lot témoin présente un niveau anormalement bas (62,2 %), correspondant à la situation de l'élevage à cette période.

**Tableau 3: Résultats en maternité**

	Témoin		Extrait de menthe Pouliot (1 kg / tonne)		F	P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type		
Fertilité (%)	62,2		84,2		3,92	0,052
Effectifs de portées à 8 jours	9,25	0,92	9,42	0,78		
Effectifs de portée au sevrage	9,01	0,99	8,88	0,93		
Mortalité 8 jours - sevrage (%) <sup>(1)</sup>	3,3		6,8		4,2	0,006
Poids au sevrage (Grammes)	1 097	102	1 094	99	0,11	0,9

<sup>(1)</sup> Effectif total de lapereaux de 8 jours: 633 pour le témoin - 580 pour le régime menthe.

La taille de portée à 8 jours et au sevrage ne diffère pas entre les 2 lots, (9,3 à 8j et 8,9 au sevrage, en moyenne), mais la variabilité est plus faible pour le groupe EPM (variance statistiquement non homogènes). La mortalité "8 jours - sevrage" est doublée pour le groupe avec le régime supplémenté en EPM (P= 0,006), mais reste modérée (3,3 % pour le témoin; 6,8 % pour le régime menthe). Cette observation peut être rapprochée de celles sur les dangers potentiels d'extraits de Menthe chez le nourrisson dans l'espèce humaine (Bakkali et al., 2008; Kolassa, 2013). Le poids au sevrage est identique entre les 2 groupes.

### 2.2. Engraissement

#### 2.2.1 Mortalité

Pour les essais 1 et 2, la mortalité sur la période totale d'engraissement ne diffère pas entre les groupes. Néanmoins, entre le sevrage, la mortalité tend à être plus élevée avec l'aliment EPM (P<0,01 pour l'essai 1; P=0,10 pour l'essai 2; tableau 4).

Entre 56 jours et l'abattage la mortalité tend à baisser de 1,5 % (Tableau 4; P=0,06; figure 1) pour l'essai 3 seulement. Pour l'essai 3, la mortalité semble plus basse si le programme alimentaire est « homogènes », c'est à dire, soit en n'utilisant pas l'extrait de menthe Pouliot, soit en l'incorporant à la fois en maternité et en engraissement: la mortalité est de 5,5 et 6,3 % avec les programmes « homogènes », contre respectivement 8,9 % et 9,9 % quand l'EPM est utilisé seulement en maternité ou en engraissement (Figure 2). On peut supposer que l'extrait de menthe

Pouliot agit sur le microbiote, et que le fait de l'ajouter ou de le retirer lors du sevrage entraîne des perturbations de ce dernier.

### 2.2.2 Performances pondérales

Dans l'essai 3, la croissance a été supérieure dans le groupe nourri avec l'aliment contenant l'EPM : +3,5% pour le poids à 70 jours ; + 7 % pour la croissance sevrage – vente). La croissance en engraissement n'est pas affectée par l'utilisation de l'extrait de Menthe Pouliot en maternité (Figure 3).

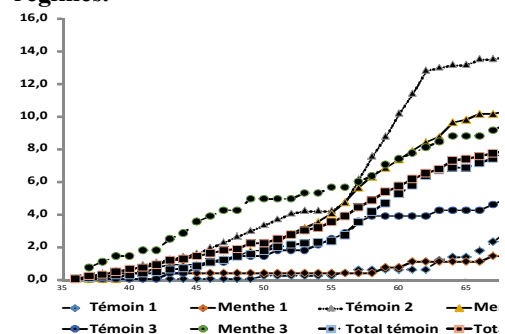
Le faible effet de l'incorporation d'EPM dans l'aliment, sur la croissance et la mortalité chez le lapin

sont ainsi en contradiction avec ceux obtenus sur la volaille par Ghazaghi et al. (2014) et Erhan et al. (2012). Ce point peut s'expliquer par le fait que les lapins à l'engraissement sont rationnés: en effet, pour Ghazaghi et al. (2014) la meilleure croissance de cailles japonaises proviendrait d'une augmentation de l'ingestion. Par ailleurs, Erhan et al. (2012) soulignent que l'effet des extraits de Menthe sur le microbiote digestif ne se produit qu'à des taux supérieurs à ceux étudiés ici.

**Tableau 4: Mortalité en engraissement**

Essai	1				2				3				Total				
	Témoin	1 kg / tonne	2 kg / tonne	Total	P	Témoin	1 kg / tonne	Total	P	Témoin	1,5 kg / tonne	Total	P	Témoin	Extrait de menthe Pouliot	Total	P
Nombre lapins sevrés	523	284	281	1 088		570	573	1 143		285	285	570		1 378	1 423	2 801	
Mortalité sevrage-56 jours (%)	0,4	0,4	2,5	0,9	0,006	4,7	4,7	4,7	1,0	2,8	5,6	4,2	0,10	2,7	3,6	3,1	0,18
Mortalité 56-70 jours (%)	4,4	2,1	2,5	3,3	0,16	9,1	6,6	7,9	0,13	2,8	4,2	3,5	0,4	6,0	4,4	5,2	0,06
Mortalité sevrage-70 jours (%)	4,8	2,5	5,0	4,2	0,2	13,9	11,3	12,6	0,2	5,6	9,8	7,7	0,07	8,7	8,0	8,4	0,5

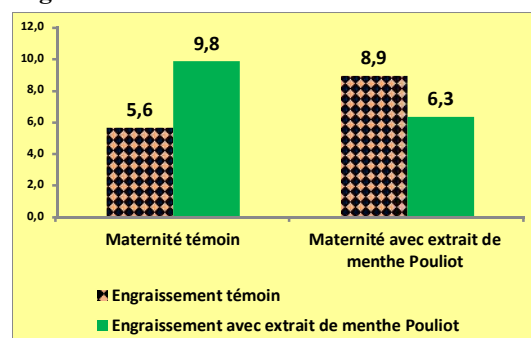
**Figure 1: Cinétiques de mortalité en engraissement dans les différents régimes.**



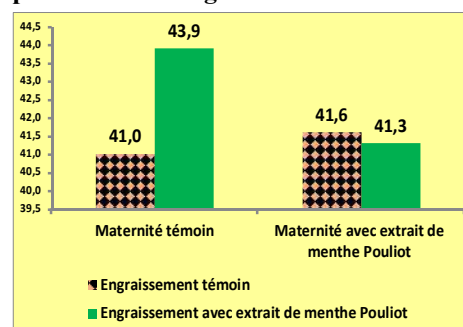
**Tableau 5: Performances pondérales en engraissement.**

Essai	1				2				3				Total				
	Témoin	1 kg / tonne	2 kg / tonne	Total	P	Témoin	1 kg / tonne	Total	P	Témoin	1,5 kg / tonne	Total	P	Témoin	Extrait de menthe Pouliot	Total	P
Nombre lapins sevrés	523	284	281	1 088		570	573	1 143		285	285	570		1 378	1 423	2 801	
Poids sevrage (kg)	0,991	0,985	0,981	0,986	0,9	0,916	0,913	0,915	0,8	1,101	1,095	1,098	2	0,982	0,978	0,980	0,640
Poids 56 jours (kg)	1,831	1,840	1,831	1,834	0,9	1,648	1,628	1,638	0,3	1,860	1,911	1,886	0,022	1,762	1,769	1,766	0,443
Poids 70 jours (kg)	2,250	2,248	2,261	2,252	0,9	2,222	2,187	2,205	0,11	2,455	2,542	2,499	0,003	2,281	2,287	2,284	0,637
GMQ sevrage-56 jours (kg)	44,2	45,0	44,7	44,6	0,5	38,5	37,6	38,1	0,2	40,0	43,0	41,5	0,001	41,0	41,6	41,3	0,116
GMQ 56 - 70 jours (kg)	29,9	29,1	30,7	29,9	0,5	41,0	39,3	40,1	0,2	42,5	45,1	43,8	0,09	37,1	36,7	36,9	0,580
GMQ sevrage-70 jours (kg)	38,1	38,1	38,7	38,2	0,5	39,6	38,9	39,3	0,2	41,1	43,9	42,5	0,000	39,3	39,7	39,5	0,220

**Figure 2 : Résultats de l'incorporation de l'extrait de Menthe Pouliot dans l'aliment en maternité et/ou en engraissement sur la mortalité en engraissement.**



**Figure 3 : Résultats de l'incorporation de l'extrait de Menthe Pouliot dans l'aliment en maternité et/ou en engraissement sur les performances pondérales en engraissement.**



### 2.2.3 Test hédonique

Les juges ont correctement identifié le double échantillon pour 3 critères dans le cas du râble et de la cuisse, mais seulement pour un critère dans le cas de l'épaule. Cette différence entre les morceaux est difficile à expliquer. Les notations ont été favorables aux râbles de lapins nourris avec des aliments contenant de la Menthe Pouliot pour la notation générale (9,25 *versus* 7,80 pour le témoin), l'odeur (9,58 *versus* 7,71) et la texture (9,25 *versus* 7,80) en accord avec l'amélioration de qualité de la viande de cailles japonaises signalée par Ghazaghi et al. (2014) lors de l'incorporation de Menthe verte (*Mentha spicata*) dans l'aliment. Les notations sont au contraire défavorables pour la cuisse : pour la notation générale (7,20 *versus* 8,20), le goût (6,50 *versus* 8,13) et la texture (7,20 *versus* 8,20). L'influence éventuelle de l'extrait de Menthe Pouliot sur les caractéristiques hédoniques devra faire l'objet d'études supplémentaires.

**Tableau 6: Résultats du test hédonique.**

	Epaule				Râble				Cuisse			
	Témoin	Extrait de menthe Pouliot	double échantillon	p	Témoin	Extrait de menthe Pouliot	on double échantillon	p	Témoin	Extrait de menthe Pouliot	on double échantillon	p
Notation générale (Note sur 10)	8,40	8,00	Non	(1)	7,80	9,25	Oui	0,10	8,20	7,20	oui	0,10
Aspect (Note sur 10)	8,96	6,67	Oui	0,02	8,13	8,75	Non	(1)	8,33	8,33	Non	(1)
Odeur (Note sur 10)	8,38	7,92	Non	(1)	7,71	9,58	Oui	0,03	8,13	7,50	Non	(1)
Goût (Note sur 10)	7,92	8,33	Non	(1)	7,71	9,17	Non	(1)	8,13	6,50	oui	0,10
Texture (Note sur 10)	8,40	7,92	Non	(1)	7,80	9,25	Oui	0,10	8,20	7,20	oui	0,10

(1) Les comparaisons pour lesquelles l'échantillon en double n'a pas été identifié n'ont pas fait l'objet d'étude statistique

### Conclusions

Les effets d'une supplémentation de l'aliment avec un extrait de Menthe Pouliot sur la croissance et la mortalité du lapin restent faibles. Nos essais suggèrent l'importance de programmes alimentaires "homogènes": il conviendrait d'éviter d'utiliser cet extrait uniquement en maternité ou seulement en engraissement. En maternité, un effet favorable sur la fertilité a été détecté, mais le faible niveau du témoin nécessite une vérification de ce résultat. Par ailleurs, l'extrait de menthe présenterait un effet positif sur les caractéristiques hédonique du râble.

### Références

Bakkali F., Averbeck S., D. Averbeck D., Idaomar M., 2008. Biological effects of essential oils. A review. Food and Chem. Toxic 46 : 446-75.

Colin M., Raguene N., Le Berre G., Charrier S., Prigent A.Y., Perrin G., 2005. Influence d'un enrichissement de l'aliment en oméga 3 provenant de graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) sur le profil d'acides gras de la graisse et sur les caractéristiques hédoniques de la viande de lapin. 11èmes J. Rech. Cunicole, Paris (France), 29-30 Nov., 163-166.

Colin M., Prigent A.Y., 2006. Influencia de distintas mezclas de aceites esenciales y de extractos vegetales incorporados en el alimento sobre el crecimiento y la

mortalidad de los conejos. XXXI Symp. de cunicultura, Lorca (Espagne), 24- 26 de Mayo, 111-116.

Colin M., Atkari T., Prigent. A.Y., 2008. Efectos de la incorporación de una mezcla de extractos vegetales en los piensos por engorde en granja experimental y en granjas comerciales. XXXIII Symp. Cunicultura, ASESCU, Calahorra (Espagne), 30-31 Oct., 62-65.

Colin M., Lebas F., Guttierrez G., Charrier S., Teillet B., Saliba C., Prigent A.Y., 2008. Influence of the distribution at birth of a Heat Shock Proteins booster isolated from the prickly pear epicarp on the growth and mortality of rabbits before and after weaning. Proc. 9th world rabbit congress, Vérone (Italie), 601-605.

De Sousa Barros A.I., Maia de Morais S., Travassos Ferreira P.A., Pinto Vieira I.G, Aragao Craveiro A., Oliveira dos Santos R., Fontenelle J., Silva Alencar de Menezes E., Ferreira da Silva F.W., Araujo de Sousa H., 2015. Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. Industrial Crops and Products :76 , 557-64.

Erhan, M. K., Bolukba Ş.C., UruşH., 2012. Biological activities of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) in broilers. Livest. Sci.: 146 , 189-92.

Fatiha B., Hauchard D., Guendouze N., Madani K., Kiendrebeogo., Kamagaju L., Stevigny C., Chibane M., Duez P., 2015. Phenolic composition, *in vitro* antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia*(L) Huds (Lamiaceae). Industrial Crops and Products: 74 , 722-730.

Ghazaghi Mahmoud., Mehri M., Bagherzadeh-Kasmani F., 2014. Effects of dietary *Mentha spicata* on performance, blood metabolites, meat quality and microbial ecosystem of small intestine in growing Japanese quail. Animal Feed Sci. Technol.: 194, 89-98.

Heshmati A., Dolatian M., Mojab F., Shakeri N., Nikkha S., 2016. The effect of peppermint (*Mentha piperita*) capsules on the severity of primary dysmenorrhea. Journal of Herbal Medicine. Consulté le 1er juin 2016.

Maertens L., Falcao-Cunha L., Marounek M., 2006. Feed additive to reduce the use of antibiotics. Recent advances in rabbit science, RTD Framework program, Piot it bvba éditeur, Merelbeke (Belgique), 259-265,

Kolassa N., 2013. Menthol differs from other terpenic essential oil constituents. Regulatory Toxicol. Pharmacol.: 65 , 115-18.

Orhan., Erdogan I., Mesaik A., Jabeen A., Kan., 2016. Immunomodulatory properties of various natural compounds and essential oils through modulation of human cellular immune response. Industrial Crops and Products: 81, 117-22.

Saviotto D., Prigent A.Y., Gidenne T., Combes S., Zemb O., Fortun Lamothe L. 2015. Intérêts et limites de fèces dures dans le nid sur la santé des lapins. 16ème J. rech. cunicole, Le Mans (France), 24-25 Nov. , 203-206.

Schuhmacher A., Reichling J., Schnitzler P., 2003. Virucidal effect of peppermint oil on the enveloped viruses herpes simplex virus type 1 and type 2 in vitro. Phytomedicine 10: 504-510.

Singh R., Muftah A., Shushni M., Belkheir A., 2015. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* (L). Arabian J. Chem. 8: 322-28.

Teillet B., Colin M., Armengol J., Prigent A.Y., 2011. Effet d'un extrait de graines de caroube partiellement décortiquées sur les performances de viabilité et de croissance chez le lapin. 14<sup>èmes</sup> J. rech. cunicole, Le Mans (France), 22-23 Nov., 5-8

## VALEUR NUTRITIVE DU SAINFOIN DÉSHYDRATÉ, LORS D'UNE FORTE SUBSTITUTION DANS UN RÉGIME A BASE DE LUZERNE, DANS L'ALIMENTATION DU LAPIN EN CROISSANCE.

Legendre H.<sup>1</sup>, Hoste H.<sup>4</sup>, Gombault P.<sup>2</sup>, Routier M.<sup>3</sup>, Bannelier C.<sup>1</sup>, Gidenne T.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France

<sup>2</sup>MULTIFOLIA, 1bis grande rue, 10380 Viâpre Le Petit, France

<sup>3</sup>MG2MIX - La basse haie 35220 Chateaubourg, France

<sup>4</sup>INRA ENV de Toulouse, IHAP, 31076 Toulouse, France

Correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

**Résumé** – Le sainfoin (*Onobrychis viciifolia*, variété PERLY) déshydraté en bouchons "Sdb" contient des niveaux élevés d'ADF et d'ADL associés à un niveau élevé de protéines. Il pourrait donc, comme la luzerne, être une source intéressante de fibres et de protéines végétales en alimentation cunicole, mais sa valeur nutritive pour le lapin est méconnue. L'effet de l'incorporation de 40% de Sdb (aliment SD), dans un aliment témoin granulé à base de luzerne déshydratée (TL) a été étudié sur la digestion, et les performances de 2 groupes de 16 lapins logés dans des cages à métabolisme (8 cages de 2 par groupe), et nourris à volonté avec le régime TL ou SD, depuis le sevrage (32j) jusqu'à 74j. d'âge. La composition chimique de Sdb est : protéine brute "PB" = 17,3%; ADF = 30,4%; ADL = 12,0%. Les 2 aliments ne sont pas iso-nutritifs, leur analyse chimique est : PB = 15,9 et 16,7% resp. pour TL et SD; ADF = 19,9 et 23,4%. De plus, SD diffère de TL par sa teneur en tanins (1,8% vs 1,0% resp.) et en ADL (8,4 vs 4,3%). Une collecte fécale totale (57 à 61 j.) a permis de mesurer la digestibilité. La croissance (32-74d) des lapins du groupe SD est 5% plus faible que celle de TL (38,2 vs 40,2 g/j; P < 0,05), tandis que l'ingestion du groupe SD est 3% supérieure à celle de TL (121,5 vs 116,5 g/j; P < 0,05), ainsi que l'indice de consommation (3,18 vs 2,90; P < 0,01), probablement en relation avec le niveau plus élevé de lignines dans l'aliment SD. La digestibilité des protéines est réduite de 5 unités pour le groupe SD (69,6 vs 75,3%, P < 0,01), lien avec la forte concentration en tanins. La digestibilité de l'énergie est similaire entre les régimes SD et TL (moyenne = 65,4%). L'écart de digestibilité entre SD et TL permet de calculer (par différence) la concentration en énergie digestible "ED" du sainfoin déshydraté (Sdb): 2680 kcal d'ED/kg (11,21MJ/kg), et sa teneur en protéines digestibles: 110 g/kg. La valeur énergétique est plus élevée qu'attendu et doit être confirmée. Le sainfoin apparait comme une alternative à la luzerne, comme source d'énergie, de protéines, et de fibres, notamment de lignines.

**Abstract – Nutritive value of dehydrated sainfoin when highly incorporated (40%) in a alfalfa based diet, for the growing rabbit.** The dehydrated sainfoin (Sdb, *Onobrychis viciifolia*, PERLY cultivar) contains high ADF and ADL levels associated with a high level of protein, and could be an alternative to alfalfa for rabbit feeding. Thus we studied the effect of 40% incorporation of Sdb (diet SD) in a control diet (TL, alfalfa based), on digestion and performances of two groups of 16 rabbits housed in metabolic cages (8 cages of 2 per group), and fed freely TL or SD diets from weaning (32d) to 74d old. Sdb chemical composition was: crude protein "CP"=17.3%, ADF=30.4%, ADL=12.0%. Chemical composition of TL and SD diets were: CP=15.9 & 16.7% resp., ADF=19.9 & 23.4%. The SD diet also differed from C diet by its tannin (1.8% vs. 1.0%) and its ADL concentration (8.4 vs. 4.3%). A four days fecal total collection period (57-61d old) allowed to calculate the feeds digestibility. Growth rate (32-74d) was 5% lower in SD than in TL group (38.2 vs 40.2 g/d; P < 0.05), while feed intake was 3% higher for SD than for TL group (121.5 vs 116.5 g/d, P < 0.05), as was the feed conversion ratio (3.18 vs 2.90; P < 0.01), probably in relation to the higher ADL level for S diet. Protein digestibility was 5 units lower in SD compared to TL groups (69.6 vs 75.3%; P < 0.01), probably associated with the high tannin concentration. Energy digestibility did not differ between SD and TL diets (mean= 65.4%). Using the substitution method, the digestible energy "DE" content of dehydrated sainfoin pellets, as a raw material, was calculated at 11.21 MJ DE/kg (2680 kcal/kg), and digestible proteins content at 110 g/kg. The energetic value was higher than expected and must be confirmed. In conclusion, dehydrated sainfoin constituted an alternative to alfalfa, since it supplies energy and protein as well fibres, and particularly lignins essential for the growing rabbit.

## Introduction

L'usage de Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), en tant que fourrage de base pour le lapin, a été recommandé depuis fort longtemps, du fait de sa concentration relativement élevée en protéines et en calcium (Heuzé *et al.*, 2015). Cette légumineuse était d'ailleurs historiquement utilisée pour nourrir spécifiquement les chevaux, et les lapins. En tant que source de fibres, le foin de sainfoin était même ajouté au régime de base de la lapine reproductrice, en tant qu'ingrédient de "sécurité" (Hammond, 1965).

Plus récemment, le sainfoin a connu un regain d'intérêt comme légumineuse contenant des tanins condensés. Le sainfoin est ainsi utilisé comme alicament chez les petits ruminants en lutte préventive contre les helminthoses (Hoste *et al.*, 2015). Chez le lapin en croissance, Legendre *et al.* (2016) ont montré récemment un effet antihelminthique du sainfoin.

La composition chimique du sainfoin classe cette plante comme une bonne source de protéines et de fibres, et aussi de lignines (INRA, 2010; Heuzé *et al.*, 2015). C'est donc un bon candidat pour constituer une alternative à la luzerne déshydratée. Actuellement, le sainfoin de variété PERLY est disponible sous forme déshydratée en bouchons (coopérative Multifolia: <http://www.multifolia.fr/>), et est utilisé pour plusieurs espèces de rente (chèvre, mouton, vache, ...), mais sa valeur nutritive pour le lapin n'est pas connue.

Cette étude est donc une première approche pour estimer la valeur nutritive du sainfoin déshydraté de variété PERLY, lors d'une forte incorporation (à 40%, et sans compensation nutritive) dans un régime témoin à base de luzerne déshydratée.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Conditions expérimentales

Trente deux lapins (souche INRA 1777, hybrides NZW x Cal) exempts de coccidies et de principaux pathogènes du lapin (EOPS) ont été fournis par l'unité PECTOUL au sevrage (32 jours). Puis ils ont été logés jusqu'à 74 jours d'âge, à raison de 2 lapins par cage, dans un bâtiment clos (ENV Toulouse). Les cages, d'une surface de 4192 cm<sup>2</sup> (97,5 x 43 cm) et permettaient une collecte fécale à l'aide d'un plateau-tamis positionné sous la cage. Au sevrage, les lapins ont été répartis en deux groupes équilibrés en fonction du poids vif et de la portée d'origine: le groupe TL a été nourri avec l'aliment témoin contenant 40% de luzerne déshydratée (tableau 1); le groupe SD a été nourri avec l'aliment SD contenant 40% de sainfoin déshydraté de variété PERLY (Sdb). Les animaux ont été nourris et abreuvés à volonté durant toute l'étude.

L'incorporation de Sdb dans le régime témoin est réalisée par substitution complète à l'ensemble des ingrédients présents dans le régime témoin (TL). Ainsi, les 2 aliments ne sont pas isonutritifs, ce qui permet de calculer par différence, la valeur nutritive de Sdb (*e. g.* concentration en énergie et protéine digestible).

Les aliments étaient exempts d'antibiotique, d'anthelminthique ou de coccidiostatique. Le poids vif et la consommation alimentaire ont été contrôlés chaque semaine, tandis que le contrôle de mortalité et de morbidité était quotidien.

Les fèces ont été collectés, en totalité pour chaque cage, quotidiennement, sur une période de 4 jours, entre 57 et 61 jours d'âge, puis conservés à -18°C, avant séchage (60°C, 48h) puis analyse chimique.

**Tableau 1: Ingrédients et composition chimique des aliments expérimentaux**

Aliments:	Témoin luzerne "TL"	Sainfoin "SD"	
<i>Ingrédients (%)</i>			
Sainfoin déshydraté	-	39,6	
Luzerne déshydratée	40,0	24,0	
Blé tendre	16,0	9,6	
Son de blé	7,0	4,2	
Pulpe de betterave déshydr.	10,0	6,0	
Tourteau de soja	6,0	3,6	
Tourteau de tournesol	11,9	7,1	
Paille de blé	8,0	4,8	
Minéraux & vitamines	1,1	1,1	
<i>Composition chimique, g/kg</i>			
Cendres brutes	104	110	<u>79</u>
Protéines brutes (N*6,25)	159	167	173
NDF	364	371	371
ADF	199	234	304
ADL	43	84	120
Energie brute, kcal/kg	3849	3922	3937
Tanins			
Tanins totaux, % <sup>1</sup>	1,03	1,82	4,92
Activité biologique <sup>2</sup>	NA	10,6	33,8

<sup>1</sup> % équivalent acide tannique ; pour le sainfoin, les tanins totaux sont des tanins condensés.

<sup>2</sup> activité de précipitation des protéines (PPA, cm<sup>2</sup>/g)

### 1.2. Analyses statistiques

Les paramètres de poids vif, d'ingestion et de digestion ont été analysés intra-essai par analyse de variance à un facteur (l'aliment).

## 2. Résultats et discussion

Durant les 6 semaines de l'étude, aucune mortalité n'a été enregistrée, ni aucun signe de morbidité.

La composition chimique de Sdb (tableau 1) est similaire aux valeurs des tables pour un foin de sainfoin au stade bourgeonnement (INRA, 2010), et était : protéine brute "PB" = 17,3%; ADF = 30,4%; ADL = 12,0%. Les 2 aliments granulés ne sont pas isonutritifs, leur analyse chimique comparée est : PB = 15,9 et 16,7% respectivement pour TL et SD; ADF = 19,9 et 23,4%. De plus, les deux aliments diffèrent par leur teneur en tanins (1,8% vs 1,0% respectivement pour SD et TL) et en ADL (8,4 vs 4,3%).

**Tableau 2 : Croissance et ingestion selon les aliments**

Aliments :	TL	SD	CVr, %	Sign. stat.
Poids vif à 32 j. *, g	624	635	10,9	NS
Poids vif à 74 j. *, g	2312	2239	6,1	0,10
Gain de poids 32-74j *, g/j	40,2	38,2	5,1	0,065
Consommation d'aliment 32-74j. g/j	116,5	121,5	7,1	<0,01
Indice consommation	2,90	3,18	6,7	<0,01

\*: mesure sur 16 lapins par groupe

CVr% : Coefficient de variation résiduel moyen

La croissance (32-74d) des lapins du groupe SD est 5% plus faible que celle de TL (38,2 vs 40,2 g/j;  $P < 0,05$ , tableau 2), tandis que l'ingestion du groupe SD est 3% supérieure à celle de TL (121,5 vs 116,5 g/j;  $P < 0,05$ ), ainsi que l'indice de consommation (3,18 vs 2,90;  $P < 0,01$ ). Ces performances légèrement moindre avec l'aliment SD étaient attendues, étant donné son niveau plus élevé de lignocellulose (+3,5pts d'ADF), et surtout le quasi-doublement de la concentration en lignines (+ 4,1pt) aliment SD.

La digestibilité globale des 2 aliments est similaire (tableau 3), et ainsi la digestion de l'énergie est en moyenne de 65,4%. En revanche, la digestibilité des protéines est réduite de 5 unités pour le groupe SD (69,6 vs 75,3%,  $P < 0,01$ ), ce qui semble logique compte tenu de la plus forte concentration en tanins (+80%) de cet aliment.

L'écart de digestibilité entre SD et TL permet de calculer par différence la concentration en énergie digestible "ED" et en protéines digestibles (PD) du sainfoin déshydraté (Sdb). Ainsi, la concentration en ED de Sdb atteint une valeur relativement élevée de 2680 kcal d'ED/kg. La teneur en protéines digestibles de Sdb atteint 110 g/kg.

Il est pertinent de comparer la valeur nutritive de Sdb avec celle de la luzerne déshydratée étant donné la

proximité de composition de ces 2 ingrédients. Ainsi, la concentration en ED du sainfoin déshydraté serait environ 40% supérieure à celle de la luzerne. Ce fort écart en faveur du sainfoin est néanmoins surprenant, alors que la composition chimique de ces 2 ingrédients est proche. De plus, nous constatons bien une dégradation d'IC pour le lot SD. Cette valeur énergétique élevée du Sainfoin pourrait s'expliquer, en partie, par la concentration relativement élevée en sucres solubles totaux de Sdb (8,9%) ainsi que par sa concentration en lipides (2,2%). Néanmoins, notre calcul présente 2 limites : une mesure unique par différence, et une forte incorporation de Sdb (40%) dans le régime de base, ce qui peut accroître le risque d'erreur sur la valeur absolue de concentration en ED. D'autre part, les animaux utilisés (type EOPS) dans notre étude ont été élevés dans des conditions d'hygiène excellente et ont montré des performances d'un niveau élevé pour ce génotype. Ceci pourrait accroître la valeur de l'efficacité de digestion énergétique, et expliquer en partie la valeur mesurée du régime témoin "TL" qui est environ 20% supérieure à celle attendue par formulation.

Concernant la digestion des protéines, malgré la forte inhibition de leur digestion liées à la présence de tanins, la concentration en protéines digestibles reste très comparable à celle de la luzerne déshydratée. Comme, la valeur mesurée sur le régime témoin est seulement de 3% supérieure à celle calculée par formulation, on peut donc attribuer un degré de confiance élevé à la valeur mesurée pour SD et par conséquent pour Sdb.

La littérature ne fournit que très peu d'information sur la valeur nutritive du sainfoin pour le lapin. On peut cependant citer l'étude Fernandez-Carmona et al. (1996) portant sur un foin de sainfoin bien plus fibreux que le produit testé ici (+40% de NDF et ADF) et qui bien sûr a une valeur énergétique moindre.

Ces premiers résultats de valeur nutritive doivent donc être confirmés, pour des taux d'incorporation plus faibles (10 à 20%) avec une méthode de calcul par régression (plus précise) et avec des lapins de génotypes commerciaux.

Même si ces premiers chiffres de valeur nutritive du sainfoin sont vraisemblablement surestimés, on peut néanmoins retenir que le sainfoin est valorisé de manière similaire à la luzerne déshydratée, compte tenu des performances de croissance observées.

Par ailleurs, comme pour la luzerne déshydratée, il ne semble pas nécessaire de fixer une limite d'incorporation du sainfoin (Sdb) en alimentation cunicole, puisque des lapins nourris avec 100% de bouchons de sainfoin (Sdb) ne présente aucun problème de santé, même si leur croissance est modérée (19g/j; Tudela *et al.*, 2017).

**Tableau 3 : Digestibilité fécale\* des nutriments, et valeur nutritive des aliments**

	Aliments: TL	SD	CVr%	Sign. stat. P
<b>Digestibilité fécale, %</b>				
Matière sèche	66,3	67,6	2,7	0,11
Matière organique	66,3	66,3	2,8	NS
Protéines brutes	75,3	69,6	4,3	<0,001
Energie	65,2	65,7	3,2	NS
NDF	43,0	42,3	8,6	NS
ADF	35,4	36,6	12,5	NS
Hémicelluloses (NDF-ADF)	52,6	52,8	8,9	NS
Energie digestible, kcal/kg	2508	2575	3,3	0,07
Protéines digestibles, g/kg	120	116	4,2	0,07

\*: mesure sur 8 cages de 2 lapins, par aliment, entre 57 et 61j. d'âge;

CVr%: Coefficient de variation résiduel moyen

### Conclusions

Le sainfoin déshydraté (variété PERLY) présente une valeur énergétique élevée pour le lapin, qu'il convient de confirmer pour des taux d'incorporation plus faibles (10 à 20%) et avec une méthode de calcul par régression (plus précise). Le sainfoin est également une bonne source de protéines digestibles (comparable à la luzerne) malgré la présence de tanins. De plus, l'apport de fibres peu digestes et surtout de lignines permet de classer cette matière première comme un compromis intéressant pour formuler un aliment pour lapin en croissance.

En perspectives, il conviendra de réaliser des études de performances (croissance et santé digestive) chez le lapin, et également de confirmer le rôle potentiel du sainfoin comme anthelminthique voire comme coccidiostatique.

### Remerciements

Ce travail a été financé par le métaprogramme GISA de l'INRA (projet PROF) et le département PHASE (projet MarkPast). Les auteurs remercient la société Multifolia (Viapres Le Petit, France) pour la fourniture des granulés de sainfoin déshydratés, l'UE INRA PECTOUL pour la fourniture de lapins (E. Balmisse et V. Helies) et des régimes expérimentaux (M. Moulis).

Les auteurs remercient tous les collègues impliqués dans la collecte et l'analyse de données, notamment C.

Lacassagne (INRA, ToxAlim) et C. Bannelier (INRA, GenPhySE).

### Références

- Fernandez-Carmona J.; Cervera C.; Blas E., 1996. Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64, 61-75
- Hammond J., 1965. The effects of high and low planes of nutrition on reproduction in rabbits. *New Zealand J. Agric. Res.* 8, 708-717.
- Heuzé V., Tran G., Lebas F., 2015. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/703> Last updated on October 6, 2015, 11:29
- Hoste, H., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Mueller-Harvey, I., Sotiraki, S., Louvandini, H., Thamsborg, S.M., Terrill, T.H., 2015. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. *Vet. Parasit.* 212, 5-17.
- INRA, 2010. Alimentations des bovins, ovins, caprins. Besoins des animaux, valeur des aliments. Tables INRA 2007, mise à jour 2010. QUAE éditions, Versailles, Paris, France.
- Legendre, H., Hoste, H., Gidenne, T., 2016. Sainfoin in rabbit diet: impact on performances and on a nematode challenge. In: Qin, Y., Li, F., Gidenne, T. (Eds.), 11th World Rabbit Congress. Chinese Association of Animal Science and Veterinary Medicine, Qingdao, China, pp. 549-552.
- Tudela F., Laurent M., Hoste H., Routier M., Gombault P., Gidenne T., 2017. Dehydrated pelleted sainfoin for the growing rabbit: first results from intake and growth test. In: EAAP annual congress, Tallin, Estonia, 28-31 August.2017



## QUELLE EST LA QUANTITÉ D'HERBE INGÉRÉE PAR UN LAPIN "AB" PATURANT DE LA FÊTUQUE OU DU SAINFOIN ?

Legendre H.<sup>1</sup>, Goby J.P.<sup>3</sup>, Le Stum J.<sup>3</sup>, Martin G.<sup>2</sup>, Gidenne T.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, 31326 Castanet Tolosan, France.

<sup>2</sup> Université de Perpignan, IUT, 66962 Perpignan, France

<sup>3</sup> INRA, UMR 1248 AGIR, 31326 Castanet Tolosan, France

\* correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

**Résumé** – Dans un essai conduit à l'université de Perpignan au printemps 2016, 2 groupes de 15 lapins sevrés (43 j.) ont été logés en cages-mobiles (3 par cage, 0,4 m<sup>2</sup> pâturage/lapin) pendant 9 semaines. 5 cages ont été placées sur une prairie de fêtuque élevée (*Festuca arundinacea*, F), 5 autres sur une prairie majoritairement composée de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*, S). Chaque jour, les cages ont été déplacées et 60 g/lapin d'aliment complet granulé distribués (absence de refus). L'ingestion d'herbe a été estimée comme la différence entre l'offre et le refus mesurés hebdomadairement et par cage, et exprimée en g MS/kg de poids métabolique (kg<sup>0,75</sup>). Durant tout l'essai, l'offre de biomasse herbacée était plus élevée pour le groupe S que pour le groupe F (4,5 t MS/ha ou 107,8 g MS/kg<sup>0,75</sup> vs 2,2 t MS/ha ou 58,4 g MS/kg<sup>0,75</sup>, P<0,01), ainsi que l'ingestion d'herbe (55,3 vs 38,4 g MS/kg<sup>0,75</sup>, correspondant à 52 et 68% de l'offre, P<0,01). Durant la première semaine, les lapins ont ingéré une quantité limitée d'herbe (13,5 g MS/kg<sup>0,75</sup>). Par la suite, l'ingestion augmente pour atteindre un maximum en dernière semaine pour S (74,7 g MS/kg<sup>0,75</sup> soit 693 g herbe fraîche/lapin de 2,5 kg et 59% de l'offre), et en semaine 5 pour F (56,4 g MS/kg<sup>0,75</sup>, 66% de l'offre). Cependant, l'offre étant limitée sur la prairie F les 4 dernières semaines (46,8 g MS/kg<sup>0,75</sup>), l'ingestion est réduite (35,3 g MS/kg<sup>0,75</sup>), et atteint jusqu'à 93% de l'offre en semaine 6. Les lapins développent une capacité d'ingestion d'herbe importante (jusqu'à 40% de leur poids) au cours de l'engraissement. Par conséquent, lorsque la quantité offerte est faible (≤ 85 g MS/kg<sup>0,75</sup>), il est recommandé de réduire la densité animale pour couvrir la capacité d'ingestion d'herbe du lapin.

**Abstract** – **How high is herbage intake of organic rabbits grazing tall fescue or sainfoin?** During spring 2016, at Perpignan University, two groups of 15 rabbits were raised for 9 weeks in moving cages (3 rabbits per cage with 0.4m<sup>2</sup> of grazing area per rabbit) from weaning (43 d. old): 5 cages were on a pure stand of tall fescue (*Festuca arundinacea*, F), and 5 cages on a pasture dominated by sainfoin (*Onobrychis viciifolia*, S). Cages were moved every day, and rabbits were supplemented with 60g/d/rabbit (52.5g dry matter, "DM") of a pelleted feed (no refusals). Herbage intake was estimated as the difference between herbage allowance and refusals, and expressed as g DM/ kg of metabolic weight (kg<sup>0.75</sup>). Over the whole grazing period, herbage allowance was higher in S than in F (4.5 ton DM/ha or 107.8 g DM/kg<sup>0.75</sup> vs 2.2 ton DM/ha or 58.4 g DM/kg<sup>0.75</sup>, P<0.01), and herbage intake (55.3 g DM/kg<sup>0.75</sup> vs 38.4 g DM/kg<sup>0.75</sup>, P<0.01) accounted for respectively 52% and 68% of the allowance. During the first grazing week, rabbits displayed limited herbage intake (13.5 g DM/kg<sup>0.75</sup>, P=0.39). Thereafter, herbage intake increased and the maximum was reached on week 9 for S rabbits (74.7 g DM/kg<sup>0.75</sup> or 693 g of fresh matter/2.5 kg rabbit, 59% of the allowance), and on week 5 for F rabbits (56.4 g DM/kg<sup>0.75</sup>, 66% of the allowance). Herbage allowance in F dropped during the last 4 weeks (46.8 g DM/kg<sup>0.75</sup>) yielding lower intake (35.3 g DM/kg<sup>0.75</sup>), but enhanced herbage use efficiency up to 93% in week 6. In conclusion, rabbits develop a high herbage intake capacity during fattening (up to 40% of their bodyweight). When herbage biomass is low (≤ 85 g DM/kg<sup>0.75</sup>), stocking rate per cage must be reduced to cover herbage intake capacity of the rabbit.

### Introduction

L'un des principaux freins au développement de la cuniculture biologique est le manque de références techniques, notamment sur l'ingestion au pâturage de lapins en croissance (Roinsard *et al.*, 2013). La majorité des éleveurs biologiques ont fait le choix de conduire les lapins en cages-mobiles, avec une surface pâturable de taille fixe. Par conséquent, la quantité d'herbe offerte est directement reliée à la biomasse

d'herbe. D'après le cahier des charges pour la cuniculture biologique (MAAP, 2010), la surface pâturable doit être d'au moins 0,4 m<sup>2</sup> pour des lapins en croissance. Dans la pratique, cette surface minimale est souvent adoptée comme référence en l'absence de données sur l'ingestion d'herbe. Martin *et al.* (2016) ont montré que l'ingestion au pâturage était principalement liée à la quantité d'herbe offerte, comme pour d'autres herbivores, et que l'ingestion

était maximale lorsque la biomasse d'herbe atteignait 3,5 t MS/ha. De fait, la capacité d'ingestion du lapin au pâturage, lorsque la quantité offerte d'herbe est maximale est encore mal définie. Par conséquent, notre essai a pour objectif de quantifier l'ingestion au pâturage de lapins à l'engraissement au printemps, lorsque les quantités d'herbe offertes sont les plus importantes.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Protocole expérimental

L'essai a été conduit sur le domaine expérimental de l'Université de Perpignan, et en respect du cahier des charges pour la cuniculture biologique (MAAP 2010), au cours du printemps 2016. 30 lapins ont été répartis (selon leur poids, et leur portée) au sevrage (à 43 j. d'âge) en 2 groupes de 15. Un groupe a été placé sur une prairie de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*, F), l'autre groupe sur une prairie majoritairement composée de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*, S, voir Figure 1). Les lapins ont été produits sur le domaine expérimental, mais n'ont pas eu accès au pâturage avant le sevrage. Ils sont logés en cage-mobile de petite taille accueillant 3 lapins par cage à partir du sevrage et pendant 64 jours (9 points de mesures). Les cages-mobiles sont constituées d'un abri en bois, ainsi que d'une aire d'accès au pâturage de 1,2 m<sup>2</sup> (soit 0,4 m<sup>2</sup>/lapin). Les principales caractéristiques des prairies sont présentées dans le Tableau 1. Les cages-mobiles ont été déplacées quotidiennement, et une ration de 60 g/lapin d'aliment complet granulé a été distribuée au même moment (aucun refus des granulés n'a jamais été constaté). Les lapins ont été pesés hebdomadairement. A l'abattage (100 j. d'âge), le poids du tractus digestif a été relevé.



**Figure 1 : Cages-mobiles sur une prairie majoritairement composée de sainfoin, mars 2016**

### 1.2. Mesures de l'ingestion au pâturage

Une fois par semaine, et pour les 10 cages, 2 échantillons d'herbe ont été constitués : l'un aux abords de la cage correspondant à l'herbe offerte, l'autre au niveau de l'emplacement de la cage et juste après son déplacement correspondant à l'herbe refusée. Les échantillons sont prélevés à l'aide d'une

mini-tondeuse manuelle sur une surface de 0.25 m<sup>2</sup>, jusqu'à une hauteur de 3 cm. Les échantillons ont été pesés (quantité d'herbe en matière fraîche – MF), puis séchés 48h à 60% et repesés (quantité d'herbe en matière sèche – MS). La quantité ingérée par les lapins correspond à la différence entre la quantité offerte et la quantité refusée, et peut être exprimée par kg de poids vif (kg) ou par kg de poids métabolique (kg<sup>0,75</sup>).

**Tableau 1 : Principales caractéristiques des prairies (moyenne des 9 semaines d'essai)**

Pâturage	F	S
Quantité d'herbe offerte		
t MS/ha	2,2±1,0	4,5±1,5
g MS/kg <sup>0,75</sup> <sup>1</sup>	58,4±27,8	107,8±23,0
NDF (g/kg MS)	628	429
ADF (g/kg MS)	307	317
Protéines brutes (g/kg MS)	98	171

F = Fétuque élevée, S= majoritairement Sainfoin

<sup>1</sup> calculée avec le poids moyen par cage\*j. de mesure

### 1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R. Les données d'ingestion jugées irréalistes ont été retirées (22% des données) ; le principal critère retenu étant une ingestion d'herbe comprise entre 0 et 90 g MS/kg<sup>0,75</sup>. Cette sélection s'est basée sur une analyse de fréquence, et par adaptation de référence sur lapins d'élevage conventionnel et sur lapins sauvages (Cooke, 2014). Ces valeurs correspondent le plus probablement à des erreurs de mesures lorsque l'herbe est très dense et difficile à couper (F), ou lorsque la différence entre quantité offerte et refusée est trop faible par rapport à une offre très importante (S). Les données zootechniques ont été analysées par analyse de variance en prenant en compte la prairie comme effet fixe.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Chiffres clés sur l'ensemble de l'essai

Tout au long de l'essai, la quantité d'herbe offerte a été environ deux fois plus élevée pour le groupe S que pour le groupe F (108 MS/kg<sup>0,75</sup> vs 58 g MS/kg<sup>0,75</sup>, P<0,01). L'ingestion d'herbe par les lapins du groupe S était également plus élevée que par ceux du groupe F (55 vs 38 g MS/kg<sup>0,75</sup>). L'ingestion d'herbe correspond respectivement à 52 et 68 % de l'offre d'herbe sur S et sur F. La vitesse de croissance (GMQ sevrage à 100 jours d'âge) était de 21,3 et de 12,3 g/j (P<0,05) respectivement pour les lapins du groupe S et F (tableau 2).

**Tableau 2 : Résultats zootechniques et ingérés**

	Pâture :	Fétuque	Sainfoin	RMSE	P value
Poids vif sevrage (g)		1365	1368	262	0,95
Poids vif 100 j. d'âge (g)		2067	2576	285	<0,01
GMQ (sevrage-100 jours)		12,3	21,3	3,2	<0,01
Poids carcasse chaude (g)		1237	1467	191	<0,01
Rendement carcasse (%)		59,8	56,9		
Poids tube digestif (g)		409	587	83	<0,01
PTD/PV (%)		19,8	22,8		
Ingestion (g MS/kg <sup>0,75</sup> ) <sup>1</sup>		73	87	18	<0,05
dont granulés (%)		51	37		
Ingestion de protéines brutes (g PB/kg <sup>0,75</sup> ) <sup>1</sup>		10,7	16,8	2,3	<0,01

<sup>1</sup> calculée avec le poids moyen par cage\*j. de mesure

### 2.2. Une semaine d'adaptation à la mise à l'herbe

Les quantités ingérées en début d'essai, quand les lapins viennent seulement d'être placés dans les cages-mobiles au pâturage, n'étaient pas différentes entre les deux groupes (14 g MS/kg<sup>0,75</sup>, P=0,39). Ces quantités ne correspondent qu'à 20% en moyenne de l'offre en herbe. Néanmoins, l'ingestion d'herbe a augmenté dès la semaine suivante, et a été ensuite supérieure à 50% de l'offre en herbe, jusqu'à la fin de l'essai.

### 2.3. Après une semaine au pâturage

La quantité offerte de fétuque a augmenté de 60% entre la mise à l'herbe et les semaines 4 et 5 (22 et 30 jours après le sevrage), au moment où la quantité d'herbe ingérée était la plus élevée pour le groupe F (56 g MS/kg<sup>0,75</sup>). Les quantités offertes au cours des dernières semaines étaient néanmoins inférieures (47 g MS/kg<sup>0,75</sup>), tout comme l'ingestion d'herbe (35 g MS/kg<sup>0,75</sup>). Durant la semaine 6, les quantités d'herbe ingérée représentaient 93% des quantités d'herbe offerte (voir Figure 2). De plus, le taux de matière sèche de l'herbe a augmenté (+20 pts) entre la semaine 5 et la fin de l'essai, ce qui a pu limiter l'ingestion des lapins qui préfèrent les plantes plus jeunes (Nagy, 1987, Gidenne, 2015).

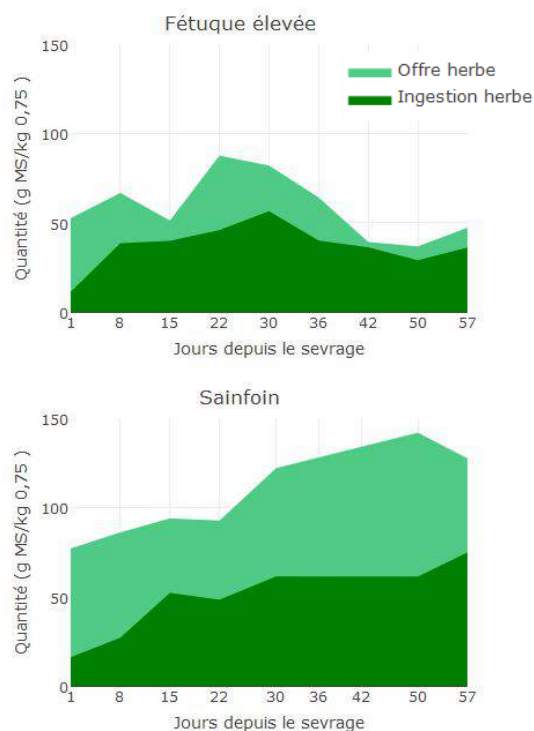
En ce qui concerne, le groupe S, l'ingestion a augmenté au cours de l'essai. Le maximum d'ingestion est de 75 g MS/kg<sup>0,75</sup> soit 693 g d'herbe fraîche ingéré pour un lapin de 2,5 kg (soit 28% du poids vif). Comme cette quantité ne correspond qu'à 59% de l'offre, il ne semble pas que la capacité d'ingestion des lapins soit limitée par la biomasse disponible. En revanche, lorsque la biomasse en sainfoin est très importante, l'herbe a tendance à être écrasée sous le grillage de la cage, ce qui pourrait limiter la quantité d'herbe ingérée.

Les lapins pâturant une prairie majoritairement composé de sainfoin ont ingérée une quantité supérieure de protéines (+60%) que ceux ayant pâturés de la fétuque élevée.

### 2.4. Ingestion maximale au pâturage

A l'herbe ingérée, il ne faut pas oublier de rajouter l'aliment complet ingéré, qui correspondait en moyenne à 48% de l'ingestion totale de MS. Ainsi l'ingestion totale était en moyenne de 87 g MS/kg<sup>0,75</sup> pour le groupe S, et de 73 g MS/kg<sup>0,75</sup> pour le groupe F. L'ingestion la plus élevée a été observée dans le groupe S, à la fin de l'essai, et était de 101 g MS/kg<sup>0,75</sup>. Gidenne and Lebas (2006) indiquent une ingestion entre 150-170 g MS pour un lapin de 2kg en élevage conventionnel avec une alimentation *ad libitum*, ou 89-101 g MS/kg<sup>0,75</sup>. Il semblerait donc que la régulation de l'ingestion soit similaire pour un lapin au pâturage que sous alimentation "conventionnelle" (hors sol et 100% granulés).

**Figure 2 : Évolution des quantités offertes (vert clair) et ingérées (vert foncé) au cours de l'essai, sur la prairie de fétuque élevée et de sainfoin**



En terme d'ingestion en herbe fraîche, l'ingestion maximale a été relevée 30 j. après le sevrage (groupe S), elle était de 790 g pour un lapin de 2 kg, soit 470 g/kg<sup>0,75</sup>, ou 40% du poids vif. Goby *et al.* (2013) ont relevé également des ingestions importantes : un lapin de 1,64 kg ingérait 642 g de matière fraîche (MF), soit 443 g MF/kg<sup>0,75</sup> ou 40% du poids vif (carotte fraîche entière, 15% MS). Gidenne et Lebas (2006) précisent que cette capacité élevée d'ingestion de fourrages frais par rapport à un aliment complet sous forme de granulés, serait en lien avec un transit plus rapide lorsque le taux de fibres augmente. De plus, Mugnai *et al.* (2014) ont reporté que le tractus intestinal de lapins à 90j était plus conséquent pour les lapins ayant accès à une zone pâturable, comparé à des lapins sans accès (18,8 et 18,0% respectivement du poids vif). Le poids du tractus digestif représentait 21,3% du poids vif des lapins suivis au cours de notre essai (tableau 2). Une ingestion importante au pâturage peut donc être attendue.

### 2.5. Adaptation de la surface pâturable à l'offre

En faisant l'hypothèse qu'un lapin peut utiliser jusqu'à 90% de l'herbe qui lui est offerte sur une prairie, il faudrait, pour qu'il ingère 75 g MS/kg<sup>0,75</sup> d'herbe, que la quantité offerte corresponde à 85 g MS/kg<sup>0,75</sup> (soit en moyenne 3,4 t MS/ha). La quantité offerte en moyenne sur la prairie de fétuque élevée n'étant que de 58 g MS/kg<sup>0,75</sup>, la surface pâturable aurait dû être augmentée de 150% pour y parvenir. Il faudrait donc proposer un accès à 0,6 m<sup>2</sup>/lapin de surface pâturable, alors que le cahier des charges AB propose une limite minimale de 0,4m<sup>2</sup>/lapin. Dans notre dispositif, cela reviendrait à placer deux lapins par cage, au lieu de trois. En doublant la surface pâturable, ou en déplaçant la cage deux fois par jour, les ingestions de fétuque sont également potentiellement maximisées, mais avec une efficacité d'utilisation de l'herbe offerte réduite (64%).

### Conclusions

Si la quantité offerte d'herbe par la prairie est inférieure à 85 g MS/kg<sup>0,75</sup>, il conviendrait d'augmenter la surface de pâturage offerte ou de réduire la charge animale par cage, afin d'augmenter l'offre en herbe et couvrir la capacité d'ingestion du lapin. Les lapins développent une capacité d'ingestion d'herbe fraîche importante au cours de l'engraissement au pâturage, puisque celle-ci peut représenter jusqu'à 40% de leur poids.

Les lapins pâturant une prairie majoritairement composée de sainfoin, dont l'ingestion d'herbe non seulement n'a pas été limitée par l'offre d'herbe, mais a permis une fourniture très supérieure de protéines (+60%), ont eu une vitesse de croissance supérieure de 70% (+9 g/j) par rapport aux lapins du groupe pâturant une prairie de fétuque élevée.

### Remerciements

Ces travaux de recherche ont été soutenus par le département Phase de l'INRA (projet MarkPast), le comité INRA AgriBio4 (projet Cunipat) et le métaprogramme Gestion Intégrée de la Santé des Animaux de l'INRA "GISA-PROF". Les auteurs remercient l'association AVEM pour la fourniture de graines de sainfoin AB, C. Bannelier et A. Meynard pour la réalisation des analyses chimiques, A. Somaglino, E. Lesmond ainsi que les étudiants de l'IUT de Perpignan pour leur participation aux mesures.

### Références

- Cooke BD 2014. Daily food intake of free-ranging wild rabbits in semiarid South Australia. *Wildlife Research* 41, 8.
- Gidenne T., 2015. Le lapin. De la biologie à l'élevage. Quae, Versailles, France., 288 pp
- Gidenne T., Lebas F., 2006. Feeding behaviour in rabbits. In *Feeding in domestic vertebrates. From structure to behaviour* (ed. V Bels), pp. 179-209, CABI publishing, Wallingford, UK.
- Goby J-P., Huck C., Fortun-Lamothe L. and Gidenne T., 2013. Intake growth and digestion of the growing rabbit fed alfalfa hay or green whole carrot: first results. In 3rd ARPA Conference, Denpasar, Bali, Indonesia, p. 76.
- Martin G., Duprat A., Goby J-P., Theau J-P., Roinsard A., Descombes M., Legendre H., Gidenne T., 2016. Herbage intake regulation and growth of rabbits raised on grasslands: back to basics and looking forward. *Animal* 10, 1609-1618.
- Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP), 2010. Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n° 834/2007 du Conseil et (CE) n° 889/2008 de la Commission.
- Mugnai C., Dal Bosco A. Cardinali R., Rebollar P. G., Moscati L., Castellini C., 2014. Effect of pasture availability and genotype on welfare, immune function, performance and meat characteristics of growing rabbits. *World Rabbit Science* 22: 29-39.
- Nagy, K. A., 1987. Field metabolic rate and food requirement scaling in mammals and birds. *Ecological monographs* 57: 111-128.
- Roinsard, A., Lamothe L., Gidenne T., Cabaret J., Van der Host F., 2013. Etat des lieux des pratiques et des besoins de recherche en élevage cunicole biologique Colloque DinABio 2013. p 155-156. ITAB, Tours (France).

## INGESTION ET DIGESTION DE FOURRAGES SECS ET VERTS POUR LE LAPIN: PREMIÈRE APPROCHE POUR LA LUZERNE ET LA CAROTTE ENTIÈRE

Goby J.P.<sup>1</sup>, Coulet S.<sup>1</sup>, Huck C.<sup>1</sup>, Bannelier C.<sup>2</sup>, Gidenne T.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Université de Perpignan, IUT Biologie Appliquée, F-66025, Perpignan

<sup>2</sup>GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet-Tolosan, France

\*Correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

**Résumé** – Cette étude a pour objectif d'estimer le niveau d'ingestion et la digestion pour 2 plantes entières, distribuées seules ou en association : des carottes fraîches entières (fanes incluses), ou de la luzerne soit fraîche "Luzerne" ou sous forme de foin "Foin". Trois essais ont été conduits sur des lapins, entre 7 et 10 semaines d'âge (essai 1) et entre 5 et 7 sem. d'âge (essais 2 & 3), logés en cage individuelle à métabolisme et nourris à volonté en ration simple ou mixte avec ces 3 aliments. Chez des lapins de 8 semaines (essai 1) l'ingéré sec de foin est de 50 g/j par kg de poids métabolique (PM = poids vif<sup>0.75</sup>). Chez des lapins âgés de 6 semaines, la consommation de carotte atteint 401 g/j (40% du poids vif), et celle de luzerne fraîche 224g/j, soit un ingéré sec de 73 et 59 g/j respectivement. L'ingéré sec de carotte est similaire à celle du foin de luzerne (70g/j/kg PM). La distribution du foin associé à la carotte (ration mixte) permet de stimuler l'ingestion de foin. La digestibilité de la MS de la carotte et de la luzerne fraîche est de 78% et 72% chez des lapins de 6 semaines, 61% seulement pour le foin. En ration mixte, on n'observe pas d'interaction pour la digestibilité de la MS entre la carotte fraîche et le foin de luzerne.

**Abstract – Intake and digestion of hay or green forage for the rabbit - first results for alfalfa and whole carrot.** This study aims to estimate the intake level and digestion for 2 whole plants, distributed alone or in combination: fresh whole carrots (leaves included), or alfalfa either fresh or as hay. Three trials were conducted on rabbits, between 7 and 10 weeks of age (trial 1) and between 5 and 7 weeks of age (trials 2 & 3), housed in individual metabolic cages and fed *ad libitum* with these 3 feeds. In 8-week-old rabbits (trial 1) the dry matter (DM) intake of hay reached 50 g/d per kg of metabolic weight (MW= live weight<sup>0.75</sup>). In 6-week-old rabbits, carrot consumption was 401 g/d (40% of live weight) and that of fresh alfalfa was 224g/d, *i.e.* a dry matter intake of 73 and 59 g/d respectively. DM intake of carrot was similar to that of alfalfa hay (70g/d/kg MW). The distribution of the hay associated with the carrot (mixed ration) stimulated the intake of hay. The DM digestibility of carrot and fresh alfalfa is 78% and 72% in 6-week-old rabbits and only 61% for alfalfa hay. No interaction was observed for the DM digestibility of carrot and alfalfa hay when given associated in a mixed ration.

### Introduction

En cuniculture fermière ou sous cahier des charges AB, les professionnels recherchent une forte autonomie pour l'alimentation des animaux, avec si possible l'emploi de fourrages grossiers ou de plantes entières en l'état ou séchées (Rochon et Goby, 1986). Dans ce cadre, il est utile de connaître pour le lapin, l'appétence, le niveau d'ingestion et la digestion de fourrages secs ou verts, qui pourront alors être apportés seuls ou en complément d'un aliment complet granulé.

S'il existe des études sur l'ingestion de plantes fourragères (Lebas, 2004), ou la valeur nutritive de plantes déshydratées incorporées dans un aliment complet (Goby *et al.*, 2001; Goby et Gidenne, 2008), en revanche, il existe peu de données sur la réponse digestive du lapin face à une ration constituée seulement de fourrages (Lebas et Goby, 2005; Kadi *et al.*, 2012).

Cette étude est une première approche pour estimer l'appétence, le niveau d'ingestion et la digestion de la luzerne, sous forme de foin ou en plante entière fraîche, ainsi que de carottes en plante entière fraîche. Il s'agissait aussi d'analyser si le mélange d'un fourrage avec une plante entière verte modifiait les paramètres de l'ingestion et de la digestion (additivité vérifiée?), et si cela interagissait avec l'âge de l'animal (adaptation aux fourrages grossiers).

### 1. Matériel et méthodes

#### 1.1. Description des aliments et des 3 essais

Trois essais ont été menés à l'IUT de Perpignan pour estimer l'appétence, le niveau d'ingestion et la digestion pour 2 plantes: la carotte fraîche entière, fane incluse (écart de tri d'exploitation maraîchère à Sales) désignée dans le reste du texte par le terme "Carotte"; la luzerne, soit fraîche et fauchée quotidiennement au stade début floraison sur une parcelle semée du domaine agronomique de l'IUT de Perpignan (désignée ensuite

par le terme "Luzerne"), soit sous forme de foin de première coupe (provenant du Gers) et désigné ensuite par le terme "Foin". La composition des aliments est donnée dans le tableau 1.

Ces trois essais ont été conduits avec des lapins en croissance de souche croisée (NZW x Cal), et en cage individuelle à métabolisme, en semi plein-air (tunnel sous filet brise vent).

**Tableau 1: Composition chimique des aliments.**

% MS	Foin de luzerne	Carotte entière fraîche	Luzerne fraîche
Humidité, %	13,1	88,7	73,7
Cendres brutes	11,5	20,0	10,2
NDF	47,2	29,3	45,6
ADF	28,5	19,7	25,6
Protéine brute	15,5	14,4	18,1

L'essai n°1 a pour but de connaître la capacité d'ingestion et de digestion de lapins de 7 semaines pour la carotte fraîche entière (groupe "carotte") et pour le foin de luzerne (groupe "foin") distribués en ration unique, et comparés avec la digestion d'un aliment complet granulé du commerce (désigné ensuite par "granulé"; MAT= 18,4%, ADF = 18,2%). Cet essai a débuté avec des lapins âgés de 49j afin de tester la faisabilité d'une mesure de digestion pour des animaux ayant déjà une capacité d'ingestion *a priori* suffisante pour un foin ou une plante entière. Trois groupes de 5 lapins ont reçu ces rations à volonté, de 49 à 67 jours d'âge, et la digestibilité de la MS des aliments a été calculée à partir des collectes fécales réalisées pendant 11 jours consécutifs (56 à 67 j d'âge) pour s'assurer d'un bilan ingestion/excrétion stable. Les rations ont été distribuées quotidiennement, en deux fois pour des raisons d'encombrement du fourrage dans les mangeoires et pour réduire le gaspillage, soit: une distribution de 100g de foin le matin et 100g le soir, et une distribution de 700 g/j de carotte divisé en 300 g le matin et 400 g le soir.

L'essai n°2 a la même structure que l'essai 1, mais cette fois en débutant l'essai avec des lapins de 5 semaines venant d'être sevrés. Il a pour but de connaître la capacité d'ingestion et de digestion pour la luzerne fraîche et la carotte fraîche entière, distribuée en ration unique, et comparée avec la digestion du même aliment complet granulé que dans l'essai 1. Trois groupes de 5 lapins ont reçu les rations à volonté, dès le sevrage à 35j et pendant 2 semaines. La digestibilité de la MS et de la MO (matière organique) des aliments a été calculée à partir des collectes fécales réalisées pendant 4 jours consécutifs (42 à 45j d'âge).

L'essai n°3 comme l'essai 2, a été conduit avec des lapins de 5 semaines (âge au sevrage). Le but était d'estimer le niveau d'ingestion et la digestion d'un foin de luzerne, comparé à celui de carotte fraîche entière, distribués en ration unique (Carotte=C, Foin=F), et en mélange à raison d'un ratio C70/F30 et F30/C70. Les

féces ont été collectés sur une période de 4 jours. Quatre groupes de 7 lapins ont reçu les rations à volonté, dès le sevrage à 35j et pendant 2 semaines. La digestibilité de la MS des aliments a été calculée à partir des collectes fécales réalisées pendant 4 jours consécutifs (42 à 45j d'âge).

### 1.3. Analyses statistiques

Les paramètres de poids vif, d'ingestion et de digestion ont été analysés intra-essai par analyse de variance à un facteur (le type d'aliment).

## 2. Résultats et discussion

Rappelons tout d'abord que le but de notre étude est de fournir des premiers résultats de capacité d'ingestion et de digestion. Le modèle d'étude utilisé est donc pertinent pour les mesures de digestion; en revanche les valeurs de croissance et d'ingestion doivent être confirmées sur de plus grands nombres d'animaux élevés sur une période complète de croissance, en groupes ou en cages collectives conventionnelles.

### 2.1. Ingestion et digestion de carotte entière ou de foin chez des lapins de 7 semaines (essai 1).

L'ingestion et la croissance du lot "granulé" permet de vérifier que les conditions expérimentales sont conformes aux normes habituelles (tableau 2): en termes de vitesse de croissance, d'ingestion et de digestion. Les lapereaux âgés de 7 à 10 semaines atteignent un niveau de consommation de carotte entière de 642 g/j, ce qui équivaut à 40% du poids vif. Cela représente un ingéré de 93 g de matière sèche par jour. Le niveau de consommation du foin de luzerne est inférieur (84 g/j soit 73 g MS/j) soit 22% de moins que l'ingéré sec du groupe carotte. Ainsi, avec un foin de luzerne, l'ingéré sec relatif est de 50 g/j/kg de poids métabolique ( $PM = P^{0,75}$ ), soit 25% en dessous de la capacité maximale d'ingestion du lapin, qui se situe entre 70 et 80 g/j MS/kg PM (Martin et al., 2016). Ce plus faible ingéré sec pourrait être lié, soit à la forte valeur d'encombrement du foin, soit à une faible appétence.

La digestion de la MS du foin de luzerne est en moyenne de 56%, alors que celle de la carotte dépasse 85%. La forte digestion de la carotte entière fraîche est ainsi similaire à celle du produit déshydraté (Goby et Gidenne, 2008). Néanmoins, malgré une digestion élevée et une ingestion raisonnable de carotte (presque 100g/j de MS par jour), la croissance des lapins demeure faible (<10/j). Ceci peut s'expliquer en partie par un apport insuffisant en acides aminés soufrés (AAS) de la carotte: 2,5% des protéines pour un apport souhaitable de 3,7%. De même, le foin de luzerne apporte trop peu d'AAS (2,9% des protéines), ce qui combiné à une ingestion faible de MS produit une croissance très faible. En comparaison, une luzerne déshydratée broyée et distribuée sous forme de granulé (98% luzerne) produit une croissance de

plus de 40g/j (Lebas et Goby, 2005), sachant que les granulés étaient équilibrés en AAS et chlorure de sodium. Par ailleurs, la teneur en lysine des protéines

de la carotte et de la luzerne est suffisante pour le lapin en croissance.

**Tableau 2: Poids, ingestion et digestion de lapins de 8 semaines, nourris avec une ration unique de Carotte entière ou de foin de luzerne (essai 1).**

Groupes :	Granulé* (n=5)	Carotte entière* (n=5)	Foin de luzerne (n=5)	CVr %	Effet Aliment
Poids vif à 49 jours g	1528	1556	1550	7,1	ns
Poids vif à 67 jours g	2461 a	1719 b	1665 b	8,5	<0,01
Gain de poids 49-67j, g/j	51,8 a	9,1 b	6,4 b	17,5	<0,01
Ingéré brut**, g/j	171 a	642 b	84 c	17,3	<0,01
Ingéré sec**, g/j	154 a	93 b	73 c	14,3	<0,01
Digestibilité de la MS, %**	65,9 b	85,9 b	56,0 c	5,9	<0,01

\*: Granulé= aliment complet granulé du commerce, Carotte= carotte entière fraîche (avec fane).

\*\* mesure de 56 à 67 jours ; CVr%: Coefficient de variation résiduel moyen ;

## 2.2. Ingestion et digestion de plante entière fraîche en ration unique distribuée dès 5 semaines d'âge (essai 2).

Avec des lapins plus jeunes (début d'essai au sevrage à 35j), nous constatons que les performances du groupe "granulé" sont conformes aux normes habituelles (tableau 3). Après une semaine d'adaptation, les lapereaux présentent une forte consommation de carotte (400 g/j) de l'ordre de 40% du poids vif, comme pour des lapins plus âgés de 2 semaines (essai 1). L'ingestion de luzerne fraîche est moitié moindre (224 g/j) de celle de la carotte.

Exprimé en matière sèche par animal et par jour, l'ingéré est de 73 g pour le groupe "carotte" significativement plus faible (59 g) pour le groupe "luzerne". Cet ingéré sec est similaire au seuil d'ingestion maximum observé chez des lapins au pâturage, soit entre 70 et 80g MS/kg poids métabolique (Martin *et al.*, 2016). Cette valeur d'ingestion relative de MS est également similaire pour des lapins nourris avec des aliments complets granulés (Gidenne et Lebas, 2005).

La distribution dès le sevrage (35j) d'une ration basée seulement sur un fourrage vert grossier produit une faible croissance des lapins. De plus, durant la première semaine d'adaptation au fourrage vert, la croissance du groupe Luzerne est inférieure à 5 g/j. Sachant que les lapereaux étaient nourris jusqu'au sevrage avec un aliment granulé commercial, nous pensons qu'un temps d'adaptation de plus d'une semaine est nécessaire pour développer la capacité d'ingestion et produire ainsi une meilleure croissance. Signalons une assez forte variabilité de l'ingestion de carotte, de 30 à 40%. Ainsi, certains sujets atteignent une ingestion quotidienne de 600 g/j pour un poids vif de seulement 1,1 kg. L'ingestion de luzerne fraîche semble moins sujette à variation (environ 20%).

La croissance des lapins reste néanmoins très modeste durant la seconde semaine d'essai, malgré une forte digestibilité de la carotte (80% pour la MO). Les raisons évoquées lors de l'analyse de l'essai 1 impliquant la qualité des protéines restent valables. La digestibilité de la MS de la luzerne fraîche est élevée (72%, tableau 3), et elle est similaire à la valeur trouvée par Lebas et Goby (2005) pour une luzerne déshydratée à froid.

**Tableau 3: Poids, ingestion et digestion de lapins de 6 semaines, nourris avec une ration unique de Carotte entière ou de luzerne fraîche (essai 2).**

Groupes :	Granulé* (n=5)	Carotte entière* (n=5)	Luzerne fraîche (n=4)	CVr %	Effet aliment
Poids vif à 35 jours, g	848	836	855	11,7	ns
Poids vif à 42 jours, g	938 a	890 b	880 b	11,8	0,040
Poids vif à 49 jours, g	1372 a	974 b	1037 b	8,7	<0,01
Gain de poids (35-49j) g/j	37,4 a	9,9 b	13,0 b	19,6	<0,01
Ingéré brut, g/j**	128a	401c	224b	18,2	<0,001
Ingéré sec g/j **	111c	73b	59a	14,0	<0,01
Digestibilité de la MS, %**	61,0a	77,6b	72,1b	4,0	<0,010
Digestibilité de la MO, %**	60,8a	79,9c	71,4b	3,4	<0,010

CVr%: Coefficient de variation résiduel moyen ; \*: Granulé= aliment complet granulé du commerce, Carotte= carotte entière fraîche (avec fane). \*\* mesure de 42 à 45 jours

### 2.3. Ingestion et digestion de plante entière dans une ration mixte "carotte+foin", distribuée dès 5 semaines d'âge(essai 3).

L'ingestion et la digestion de carotte entière est similaire à celle observée dans l'essai 2. La capacité d'ingestion d'un lapin de 6 semaines pour un fourrage sec est modérée, et atteint 70g/j d'ingéré sec une semaine après le sevrage (groupe Foin), comme pour une plante entière fraîche (carotte ou luzerne). La digestibilité de la MS du foin de luzerne est de 61% soit 5 points supérieure à la valeur observée avec des lapins plus âgés de 2 semaines (essai 1). Cet écart pourrait provenir de la faible ingestion relative (en % du poids vif) du foin chez les lapins plus âgés. A l'inverse, la digestion de la carotte entière est plus forte (+8 points) pour des lapins plus âgés (essai 1), ce qui pourrait provenir d'un développement de la capacité digestive en lien avec l'âge des animaux.

L'addition de 30% de carotte sur la ration à base de foin (C30+F70) semble produire une élévation de l'ingéré sec (78g/j, tableau 4). Ceci suggère que la forte appétence du fourrage vert permettrait de stimuler l'ingestion du foin. Cette stimulation de l'ingéré sec semble moindre pour une ration à base de carotte à laquelle on ajoute du foin (C70F30). La capacité d'ingestion du lapin n'est donc pas saturée avec la seule distribution d'un foin.

La digestion de la ration mixte "C30+F70" est proche de la digestion théorique (68%) calculée à partir des rations à 100% (carotte et foin, tableau 4). Il en est de même pour la digestion de la ration C70+F30. Ainsi, les lois de l'additivité pourraient donc s'appliquer pour estimer la digestion d'une ration "mixte" basée sur le mélange d'un foin et d'une plante entière fraîche.

**Tableau 4: Ingestion et digestion de Carotte ou de foin de luzerne, chez des lapins de 6 semaines, nourris en ration unique ou mixte (essai 3).**

Groupes:	Carotte (n=6)	Foin (n=7)	C30+F70 (n=7)	C70+F30 (n=7)	CVr %	Effet Aliment
Poids vif à 35 jours (en g)	898	888	951	894	1,5	ns
Poids vif à 49 jours (en g)	943	1012	1173	956	6,6	ns
Gain de poids (35-42j) g/j	3,2 a	8,8 ab	15,8 b	4,4 a	18,5	0,025
Ingéré brut, g/j/*	357	82	66 / 116	265 / 29		
Ingéré sec, g/j/*	65 a	71 ab	78 b	73 ab	9,4	0,031
Ratio "foin/carotte", % sec	0 / 100	100 / 0	73 / 27	66 / 34		
Digestibilité de la MS, %*	79,7 a	61,4 b	66,9 ab	73,9 ab	6,7	<0,010
Digestibilité "théorique", %			69,6	74,5		

CVr%: Coefficient de variation résiduel moyen ; \* mesure de 42 à 45 jours; C30+F70: ration mixte à 30% de carotte et 70% de foin; C70+F30: ration mixte à 70% de carotte et 30% de foin.

### Conclusions

La capacité d'ingestion "brute" du lapin pour des plantes vertes entières est donc élevée, jusqu'à 40% de son poids vif. En revanche, la régulation de l'ingéré de matière sèche est relativement constante et s'établit entre 70 et 80 g/j/kg de poids métabolique. La capacité d'ingestion du lapin pour le foin (sec) distribué seul ne semble pas couverte, puisqu'en ration mixte (foin + carotte) l'ingéré sec est stimulé. La digestion de plantes entières fraîches, tel que la luzerne ou la carotte, est relativement élevée (>70%), et ne présente pas d'interaction digestive lors d'une distribution en rations mixtes. Ces premiers résultats devront être validés sur un plus grand nombre d'animaux et pour diverses plantes ou fourrages avant leur mise en application sur le terrain

### Remerciements

Cette étude a été financée par France AgriMer (CASDAR, projet LapinBio) et le département INRA-PHASE.

### Références

Gidenne T., Lebas F., 2005. Le comportement alimentaire du lapin. 11ème J. Rech. Cunicoles, Paris, 183-196.

- Goby J.P., Gidenne T., Ségura M., Rochon J.J., Marafico E., 2001. Utilisation de la salade déshydratée à froid dans l'alimentation du lapin: Valeur nutritive et intérêt économique. 9ème J. Rech. Cunicoles Fr., Paris, 73-76.
- Goby J.P., Gidenne T., 2008. Nutritive value of carrot (whole plant), dried at low temperature, for the growing rabbit. Proceedings 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 677-681
- Kadi, S.A., Belaidi-Gater, N., Oudai, H., Bannelier, C., Berchiche, M., Gidenne, T., 2012. Nutritive value of fresh sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. Proceedings 10th World Rabbit Congress., Sharm El Sheik, Egypt, 507-511.
- Lebas F., 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. Proceedings 8th World Rabbit Congress, Puebla MexiqueParis, , 686-736.
- Lebas F., Goby J.P., 2005. Valeur nutritive de la luzerne déshydratée à basse température chez le lapin en croissance. Première approche.: 11ème J. Rech. Cunicoles, Paris, 201-204.
- Martin G., Duprat A., Goby J.P., Theau J.P., Roinsard A., Descombes M., Legendre H., Gidenne T., 2016. Herbage intake regulation and growth of rabbits raised on grasslands: back to basics and looking forward. Animal 10, 1609-1618.
- Rochon J.J., Goby J.P., 1986. Utilisation d'aliments fermiers pour l'engraissement de lapins. 4ème J. Rech. Cunicoles Fr., Paris, Paris, Communication N°12, 11pp.



## COMPARAISON DE DEUX MÉTHODES DE DOSAGE DE LA FRACTION LIGNEUSE SUR DES MATIÈRES PREMIÈRES FIBREUSES : IMPACT SUR LE RISQUE DE TROUBLES DIGESTIFS CHEZ LE LAPIN EN CROISSANCE

Rebours G. \*, Vastel P., Bouchier M., Faussier G., Reys S.

*Techna France Nutrition, B.P 10, 44220 Couëron, France*

\*Correspondant : gwenael\_rebours@techna.fr

**Résumé** – Les fibres, notamment la fraction ligneuse, sont un facteur clé de la santé digestive du lapin en croissance. Plusieurs méthodes de dosage de la lignine existent. Les méthodes normalisées, utilisées en routine dans les laboratoires de contrôle, sont la mesure de l'ADL par la méthode de Van Soest (non corrigée pour les tannins), et la méthode directe de la Lignine Sulfurique. Cette étude compare ces deux méthodes afin de déterminer la plus pertinente pour améliorer la précision des apports en lignines et, mieux prédire les risques de troubles digestifs. Des écarts importants entre les 2 méthodes ont été observés sur les matières premières issues du raisin. L'analyse des composés phénoliques confirme que la méthode de Van Soest (sans correction au sulfite de sodium en cas de tannins) induit pour les matières premières à base de raisin, une surestimation de la fraction ligneuse (jusqu'à +8 points), expliquée par la formation de complexes avec les polyphénols (tannins). La meilleure additivité des valeurs unitaires des matières premières est obtenue par la méthode de la Lignine Sulfurique. Une méta-analyse à partir d'études antérieures (13 régimes) met en évidence une meilleure réponse du risque sanitaire des lapins (via l'Indice de Risque Sanitaire Digestif « IRSD ») à la fraction ligneuse évaluée par la méthode directe de la Lignine Sulfurique, dans le cas de régimes contenant des produits du raisin. En effet, l'ingéré ADL centré intra essai n'a pas d'effet significatif sur l'IRSD ( $P=0,93$ ), alors que l'ingéré Lignine a un effet significatif ( $p=0,011$ ). Ainsi, au sein d'un essai, on peut prédire que l'IRSD diminue de 13,3 points ( $r^2=0,98$ ) par gramme de lignine ingéré. Il convient donc d'analyser les matières premières riches en tannins, avec la méthode de la Lignine Sulfurique (Norme NF EN ISO 13906, 2008), pour mieux prévoir l'IRSD.

**Abstract – Comparison of two methods related to the ligneous fraction analysis, on fibrous raw materials: impact on the risk of digestive disorders in growing rabbits.** Fibres, especially the ligneous fraction, are a key factor for ensuring rabbits' digestive health. Several methods are designed to analyse the lignin content. The standard methods used routinely in laboratories are the measurement of ADL by the Van Soest method (uncorrected for tannin) and the direct method of Sulfuric Lignin. This study aimed to compare these two methods to determine the most relevant to improve the precision of the fibre intake and to better predict the risks of digestive disorders. Significant differences between the two methods were observed on raw materials derived from grape. The analysis of phenolic compounds confirmed that the method of Van Soest (without correction with sodium sulfite in case of tannins) induced, for raw materials based on grapes, an overestimation of the ligneous fraction (up to 8 points), explained by the formation of complexes with polyphenols (tannins). The best additivity of the unit values of the raw materials was obtained by the lignin sulfuric method. A meta-analysis from previous studies (13 diets) revealed a better response on the health risk of rabbits (via Digestive Health Risk Index "IRSD") to the ligneous fraction evaluated by the direct method of Sulfuric Lignin, in the case of diets containing grape products. Indeed, ADL intake (intra-test centered) did not have a significant effect on the IRSD ( $p=0.93$ ), whereas Lignin intake had a significant effect ( $p=0.011$ ). Thus, within a trial, it can be predicted that the IRSD decreases by 13.3 points ( $r^2 = 0.98$ ) per gram of lignin ingested. It is therefore necessary to analyze the raw materials rich in tannins with the Lignin Sulfuric method (NF EN ISO 13906, 2008) to better predict the IRSD.

### Introduction

Les fibres sont un constituant important des aliments pour lapins car, outre leur rôle de nutriments, elles ont un effet sur le niveau d'ingestion, la vitesse de transit des aliments et elles constituent le substrat majeur du microbiote caecal (Combes *et al.*, 2013). Leur rôle dans la gestion du risque sanitaire digestif a été démontré, sachant qu'il diffère selon les fractions

considérées : lignines, cellulose, hémicelluloses, pectines (Gidenne, 2015). Plusieurs études ont déjà montré l'impact positif d'une concentration en lignine de l'aliment sur la mortalité par troubles digestifs (Perez *et al.*, 1994 ; Colin *et al.*, 2007). Il est donc primordial de bien évaluer les composants des matières premières, notamment les lignines, afin d'améliorer la précision des apports nutritionnels et de

mieux prévenir les risques de diarrhée (Gidenne, 2015). Pour cela, plusieurs méthodes de dosage de la fraction ligneuse existent. Seules deux méthodes sont normalisées selon les normes AFNOR françaises et européennes, et utilisées en routine dans les laboratoires en vue d'une exploitation en nutrition animale : la méthode de la Lignine Sulfurique, et la méthode de Van Soest (procédure séquentielle). Pour cette dernière, un correctif est recommandé pour des échantillons riches en tannins ou polyphénols, consistant à ajouter du sulfite de sodium lors de l'extraction du résidu NDF (Giger, 1985; Hintz *et al.*, 1996).

Dans un premier temps, l'étude vise d'une part à comparer ces deux méthodes sur plusieurs matières premières et sur un mélange fibreux, le Lapilest®, utilisés en alimentation cunicole ; et d'autre part à valider l'additivité des valeurs lors de formulation alimentaire, pour juger la pertinence de chaque méthode. Dans un second temps, en relation avec les travaux de Terrill *et al.* (1994), sur l'interférence des tannins dans la méthode de Van Soest, des analyses des composés phénoliques ont été réalisées afin de justifier les différences constatées sur les matières premières analysées. Enfin, dans un troisième temps, une méta-analyse a été réalisée pour déterminer la meilleure réponse en relation avec l'état sanitaire du lapin en croissance, dans le cas d'une alimentation contenant des produits du raisin.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Analyses de la fraction ligneuse de matières premières

184 échantillons de 10 matières premières utilisées en alimentation cunicole, ont été analysés sur les critères ADL (Acid Detergent Lignin) Van Soest (AFNOR, NF V 18-122, 2013 prétraité à l' $\alpha$ -amylase et une protéase) et Lignine Sulfurique (NF EN ISO 13906, 2008) au laboratoire de Techna France Nutrition.

### 1.2. Analyses de la fraction ligneuse d'un mélange fibreux et étude d'additivité des méthodes d'analyses

37 échantillons provenant de 37 fabrications de Lapilest® (aliment fibreux spécialement conçu pour la nutrition cunicole, composé de cinq matières premières, dont des produits du raisin) ont été analysés sur les critères ADL et Lignine Sulfurique, au laboratoire de Techna France Nutrition.

Ces 2 critères ont également été analysés sur un échantillon de 5 matières premières constitutives d'un lot de Lapilest®, lui-même analysé, afin de comparer la somme pondérée des résultats sur matières premières aux valeurs analytiques du mélange.

### 1.3. Analyses des composés phénoliques de matières premières

Les composés phénoliques des matières premières constitutives du Lapilest® ont été quantifiés par

chromatographie liquide haute performance couplée à la spectrométrie de masse (UPLC-DAD-MS), au laboratoire Polyphénols Biotech de Villenave d'Ornon (France) (Granica S., *et al.*, 2013).

### 1.4. Méta-analyse à partir d'essais zootechniques en engraissement

Une méta-analyse a été réalisée, à partir de 13 régimes (représentant 2184 lapins) issus de 4 essais distincts conduits sur des lapins d'engraissement, en station expérimentale. Les essais ont été sélectionnés sur les thématiques suivantes : niveaux ou sources de lignines (régimes intégrant des produits du raisin), afin de déterminer, dans ce cadre, la méthode de caractérisation de la lignine qui offre la meilleure prédiction intra essai de l'indice de risque sanitaire digestif (IRSD : cumul de la mortalité et morbidité digestives). Le modèle de covariance utilisé habituellement en méta-analyse (réponse de la répétition  $k$  pour un ingéré  $i$  au sein de l'essai  $j$  :  $Y_{ijk} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 \times \text{ing.ijk} + \beta_3 \times \text{inj.ijk} + \epsilon_{ijk}$ ) ne peut s'appliquer ici sur les données brutes du fait des plages de variations des variables explicatives "ingérés Lignine" et "ingérés ADL" ; en effet, les effets inter et intra essai sont confondus. C'est pourquoi ce modèle a été ajusté après avoir centré les variables explicatives "ingérés Lignine" et "ingérés ADL" intra essai (Sauvant *et al.* 2005) sous le logiciel R version 3.1.1®.

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Comparaison des résultats d'analyses des deux méthodes sur un panel de matières premières

On constate en Tableau 1 que les écarts entre les deux méthodes d'analyses du résidu ligneux sont très variables selon les matières premières. Sur la plupart d'entre elles, l'écart entre les deux méthodes est nul ou faible (entre -0,7 et +0,7 point), à l'exception des produits du raisin pour lesquels la méthode d'ADL de Van Soest révèle des niveaux supérieurs à la méthode de la Lignine Sulfurique (entre +4,4 et +8,0 points).

**Tableau 1 : Teneurs en fraction ligneuse de matières premières pour l'alimentation cunicole.**

	ADL %		Lignine sulfurique %		ADL-Lignine sulfurique
	moy	e-t	moy	e-t	
Pulpe de betterave ( $n=19$ )	2,2	1,2	2,3	1,6	-0,1
Son de blé ( $n=9$ )	3,9	1,2	3,2	0,6	+0,7
Luzerne déshydratée ( $n=21$ )	7,2	0,9	6,6	0,9	+0,6
Tourteau de tournesol ( $n=14$ )	8,4	1,5	7,7	1,7	+0,7
Tourteau de colza ( $n=9$ )	9,4	1,0	9,0	0,7	+0,4
Coque de tournesol ( $n=17$ )	19,1	1,0	19,2	1,3	-0,1
Marc de pomme ( $n=18$ )	21,6	2,2	22,3	2,5	-0,7
Pulpe de raisin ( $n=42$ )	32,8	4,4	24,8	4,4	+8,0
Pépin de raisin ( $n=23$ )	43,5	3,1	38,0	5,1	+5,5
Tourteau de pépin de raisin ( $n=12$ )	52,5	2,9	48,1	3,8	+4,4

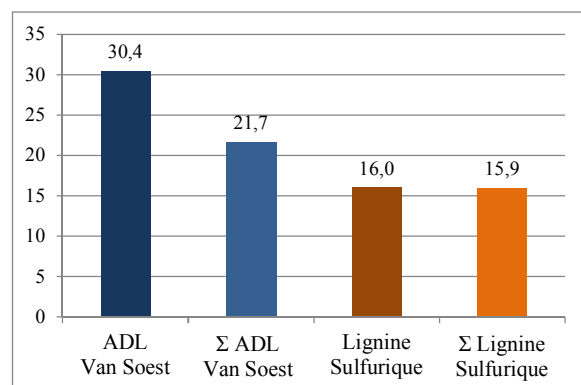
### 2.2. Analyses d'un mélange fibreux et étude d'additivité des méthodes d'analyses

En Tableau 2, les 37 analyses de Lapilest® révèlent des écarts importants entre les 2 méthodes (en moyenne +6,9 points via la méthode de Van Soest). Au niveau des matières premières qui composent le Lapilest®, on retrouve, comme en paragraphe précédent, des valeurs ADL supérieures à celles de Lignine Sulfurique, pour les produits issus du raisin (Pulpe et Pépins). D'autre part, d'après la Figure 1, on constate que la somme pondérée des valeurs de Lignine Sulfurique des matières premières est identique à la valeur de Lignine Sulfurique mesurée sur le lot correspondant de Lapilest® (respectivement 15,9% et 16,0%), ce qui n'est pas le cas via la méthode Van Soest (respectivement 21,7% et 30,4%). Cet écart provient des produits du raisin et suggère une surestimation de la méthode de Van Soest, alors que la méthode de la Lignine Sulfurique restitue les valeurs unitaires des matières premières. Ce constat d'additivité des résultats analytiques, respectée uniquement dans le cas de la méthode de la Lignine Sulfurique, donne plus de pertinence à cette approche pour caractériser la fraction fibreuse des matières premières et produits finis intégrant des produits du raisin.

**Tableau 2 : Mesures comparées des niveaux d'ADL et Lignine Sulfurique sur le LAPILEST® et ses matières premières constitutives**

	ADL	Lignine Sulfurique	Δ ADL-Lignine Sulfurique
LAPILEST® (n=37)	25,7	18,8	6,9
LAPILEST® (n=1)	30,4	16,0	14,4
Pulpe de betterave	1,3	1,0	0,3
Coque de tournesol	20,6	19,1	1,5
Marc de pomme	20,0	18,7	1,3
Pulpe de raisin	33,0	20,6	12,4
Pépin de raisin	44,3	33,8	10,5

**Figure 1 : Pourcentage de Lignines dans le Lapilest® (mesure directe et somme des mesures effectuées sur les éléments constitutifs)**



### 2.3. Analyse des composés phénoliques des matières premières

Dans cette étude, l'analyse des composés phénoliques réalisée sur une sélection de quelques matières

premières montre que les produits du raisin sont les plus riches en polyphénols (3380 µg/g d'extrait brut pour la pulpe de raisin et 5208 µg/g d'extrait brut pour le pépin de raisin) avec une proportion importante de flavonoïdes (respectivement 87,6% et 92,9%), sous-famille qui contient notamment les tannins (Tableau 3). Les coques de tournesol présentent un niveau intermédiaire en polyphénols (1042 µg/g d'extrait brut) mais qui n'appartiennent pas à la classe des flavonoïdes. Le marc de pomme contient également des polyphénols, en quantité moindre (602 µg/g d'extrait brut) alors que la pulpe de betterave en est dépourvue.

**Tableau 3 : Quantification des composés phénoliques des matières premières (µg/g d'extrait brut)**

	Acides phénoliques	Flavonoïdes	Total
Pulpe de betterave	0	0	0
Coque de tournesol	1042	0	1042
Marc de pomme	105	497	602
Pulpe de raisin	420	2960	3380
Pépin de raisin	370	4838	5208

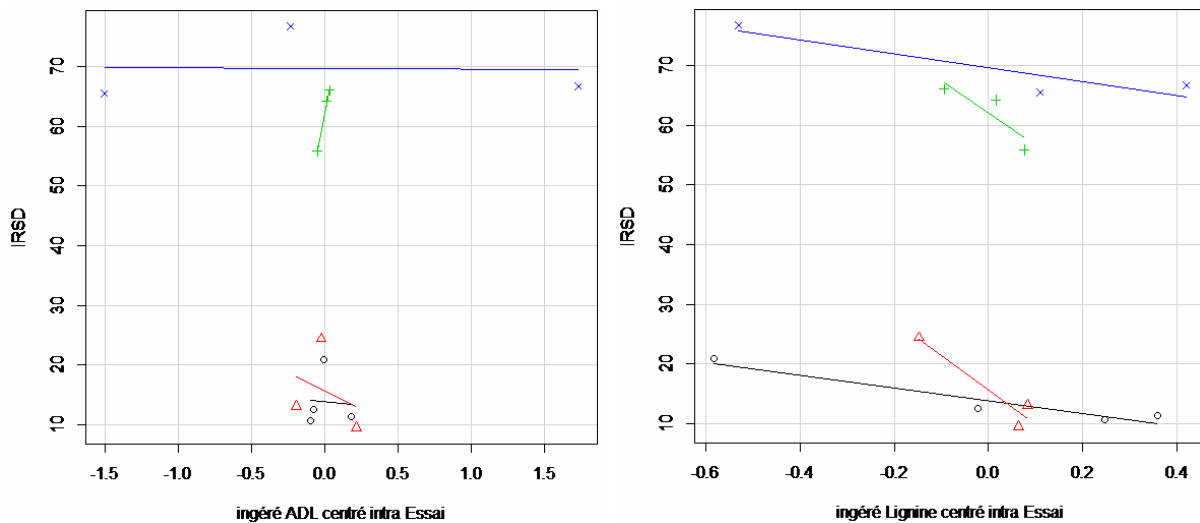
La pulpe de raisin et le pépin de raisin, qui présentent le plus d'écart entre la valeur ADL Van Soest et la valeur Lignine Sulfurique, contiennent le plus de flavonoïdes. Cela corrobore les travaux de Terrill *et al.* (1994), qui ont établi qu'en présence de tannins (composés phénoliques), l'étape d'attaque au détergent neutre de la méthode Van Soest engendre des complexes avec les protéines. Le résidu ADL obtenu par la méthode de Van Soest contiendrait donc des tannins polymérisés (Godin, 2011) qui surestimeraient le niveau de lignine mesuré. Hintz *et al.* (1996) ont montré l'intérêt d'utiliser du sulfite de sodium lors de l'extraction du résidu NDF pour hydrolyser au préalable ces protéines d'échantillons riches en tannins ou polyphénols. Toutefois cette méthode corrective n'est pas normalisée et donc peu utilisée dans les laboratoires de contrôle.

### 2.4. Méta-analyse à partir d'essais zootechniques en engraissement

L'ajustement du modèle de covariance sur les données centrées intra-essai (figure 2) nous permet de montrer que l'interaction entre les effets essai et l'ingéré Lignine est non significative ( $p=0,102$ ) : la pente estimée est donc généralisable à l'ensemble des essais. Cette pente est significativement non nulle ( $p=0,011$ ) : au sein d'un essai, on prédit que l'IRSD diminue de 13,3 points par gramme de lignine ingéré. En revanche, l'ingéré ADL centré intra essai n'a pas d'effet significatif sur l'IRSD ( $p=0,93$ ).

Cette méta-analyse montre, dans le cas de régimes contenant des produits du raisin, une meilleure relation entre l'ingéré de Lignine Sulfurique et l'IRSD, comparé à l'ingéré d'ADL.

**Figure 2 : IRSD en fonction de l'ingéré ADL (à gauche) ou de l'ingéré Lignine Sulfurique (à droite) - Données centrées intra-essai**



### Conclusions

Cette étude confirme les différences importantes entre les deux méthodes d'analyses des lignines (ADL de Van Soest non corrigée au sulfite de sodium et Lignine Sulfurique), pour des matières premières riches en polyphénols de type tannins. Cela induit, pour les aliments contenant des produits du raisin, une mauvaise prédiction de la fraction ligneuse par cette méthode. La caractérisation de la fraction ligneuse de matières premières riches en tannins, avec une méthode normalisée, devrait suivre la technique de la Lignine Sulfurique, pour mieux prédire le niveau de risque digestif chez le lapin en croissance.

### Références

AFNOR, 2008. Aliments des animaux. Détermination des teneurs en fibres au détergent acide (ADF) et en Lignine Sulfurique (ADL). NF EN ISO 13906

AFNOR, 2013. Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. NFV 18-122

Colin M., Binet E., Prigent A.Y., 2007. Influence de l'incorporation d'un concentré fibreux riche en lignine sur la mortalité, la croissance et le rendement à l'abattage du lapin, 12<sup>èmes</sup> J. Rech. Cunicole, Le Mans, 113-116

Combes S., Fortun-Lamothe L., Cauquil L., Gidenne T., 2013. Engineering the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy. *Animal* 7, 1429-1439

Gidenne T., 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal* 9, 227-242

Giger S., 1985. Revue sur les méthodes de dosage de la lignine utilisées en alimentation animale. *Ann. Zootech.*, 34, 85-118.

Giger S., Pochet S., 1987. Méthodes d'estimation des constituants pariétaux dans les aliments destinés aux ruminants. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA*, 70, 49-60.

Godin B., 2011. Revue bibliographique sur les méthodes d'analyse des polysaccharides structuraux des biomasses lignocellulosiques. *Biotech. Agr. Soc. Environ.* 15, 165-182.

Granica S., Krupa K., Klebowska A., Kiss A., 2013. Development and validation of HPLC-DAD-CAD-MS3 method for qualitative and quantitative standardization of polyphenols in *Agrimoniae eupatoriae herba*. *J. Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 86, 112-122.

Hintz R.W., Mertens D.R., Albrecht K.A., 1996. Effects of sodium sulfite on recovery and composition of detergent fiber and lignin. *J.A.O.A.C Int.* 79, 16-22

Koné A.R., Guérin H., Richard D., 1987. Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude de la valeur nutritive des fourrages ligneux, Shinaire régional sur les fourrages et l'alimentation des Ruminants

Perez JM., Gidenne T., Lebas F., Caudron I., Arveux P., et al., 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Annales de zootechnie*, 43, 323-332

Sauvant D., Schmidely P., Daudin J.J., 2005. Les méta-analyses des données expérimentales : applications en nutrition animale, *INRA Prod. Anim.* 18, 63-73

Terrill T.H., Windham W.R., Evans J.J., Hovelannd C.S., 1994. Effect of drying Method and condensed Tannin on Detergent Fiber Analysis of *Sericea lespedeza*, *J. Sci. Food Agric* 1994, 66, 337-343.

avec le partenariat privilégié de :

GROUPE **TECHNA**



**Hypharm**



EUROLAP



FUELUS

**INZO**



**MSD**

Santé Animale



**SANDERS**

*Nourrir nous engage*