

ASSOCIATION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE DE CUNICULTURE

Branche française de la *World Rabbit Science Association*

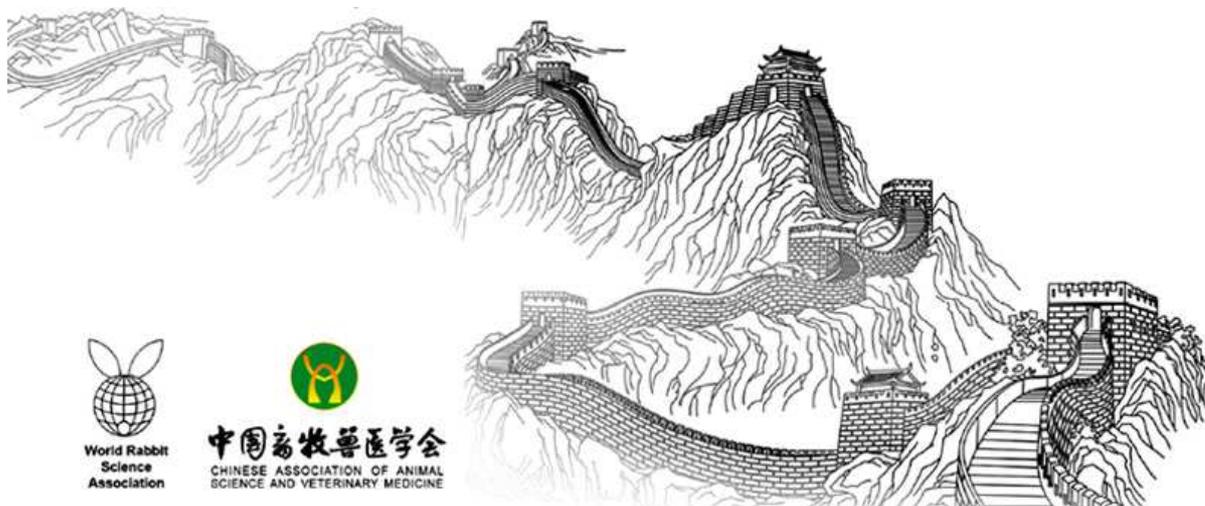


Journée d'étude

Nantes 31 janvier 2017



Ombres & Lumières





ASSOCIATION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE DE CUNICULTURE
Branche Française de la World Rabbit Science Association

- **JOURNÉE "OMBRES & LUMIÈRES" :**
- **Analyse du 11^{ème} congrès mondial de Cuniculture**

Mardi 31 janvier 2017 de 8h30 à 16h00 à l'Amphithéâtre d'Honneur
ONIRIS

Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes-Atlantique
Atlanpôle - La Chantrerie - Route de Cachet, BP 40706 44307 Nantes Cedex

L'objectif de cette journée est de faire présenter par des spécialistes français du lapin une analyse critique des communications du 11^{ème} Congrès mondial de cuniculture qui a eu lieu à Qingdao (Chine) en juin 2016, en soulignant les éventuelles avancées intéressantes pour la Cuniculture française.

Plan

Pages

- 1 Bilan scientifique global *par C. Davoust*
- 9 Reproduction *par R. Robert et D. Savietto*
- 17 Génétique *par M. Gunia et J. Hurtaud*
- 25 Comportement et bien-être des lapins *par L. Bignon, C. Davoust et L. Maertens*
- 37 Utilisation des matières premières et alimentation *par F. Lebas et F. Menini*
- 49 Nutrition et Physiologie digestive *par T. Gidenne et P. Vastel*
- 57 Techniques d'élevage et Economie *par G. Lenoir et M. Colin*
- 69 Poils et Fourrure *par D. Allain et J. Duperray*
- 75 Qualité de la viande et des produits *par M. Bourin et C. Davoust*
- 81 Pathologie *par S. Boucher, B. Le Normand, D. Licois et S. Combes*
- 91 *Liste des communications du congrès (titre original)*

Bilan scientifique global du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture

Chantal DAVOUST*
Présidente de l'ASFC

*INZO° - Rue de l'église – CS 90019 Chierry - 02402 CHÂTEAU THIERRY Cedex

1- INTRODUCTION

Le dernier congrès organisé par la World Rabbit Science Association, le 11^{ème}, s'est tenu pendant 3 jours en Chine à Qingdao (ville située sur le bord de mer entre Pékin et Sanghaï). L'ensemble des informations relatives à ce congrès est disponible sur le site WEB de la WRSA <http://www.wrc2016.cn>.

L'organisation générale du congrès a été très bonne et mieux organisée qu'en Egypte, les congressistes se sont retrouvés dans un grand complexe hôtelier assez loin de la ville. L'objectif de cet article est de réaliser un bilan général de ce congrès, en détaillant d'abord le contenu des conférences invitées puis celui des tables rondes et enfin celui des communications courtes.

1/ Participation : nombre des congressistes

Au plan quantitatif, ce congrès a connu un succès plus important que le précédent au regard du nombre d'inscrits : 474 participants (24 inscrits sur place) contre 240 en Egypte, les conditions de sécurité étant très différents. Le record de participation n'est pas battue, en 2009, 550 personnes ont participé au Congrès de Vérone. Il a été remarqué une forte délégation chinoise (286) et 188 étrangers dont 23% d'espagnols et 16% de français (environ 30 personnes). Forte délégation pour le Nigéria : 14 personnes !

Les inscriptions se sont réparties ainsi : 111 étrangers et 131 chinois soit 242 inscriptions standards, 81 étudiants dont 78% de chinois, 10 orateurs invités. Onze jeunes chercheurs ont bénéficié d'une bourse pour assister au congrès. Il est à noter que 45 sponsors uniquement chinois ont participé au financement de cet évènement.

2 / Nombre de communications

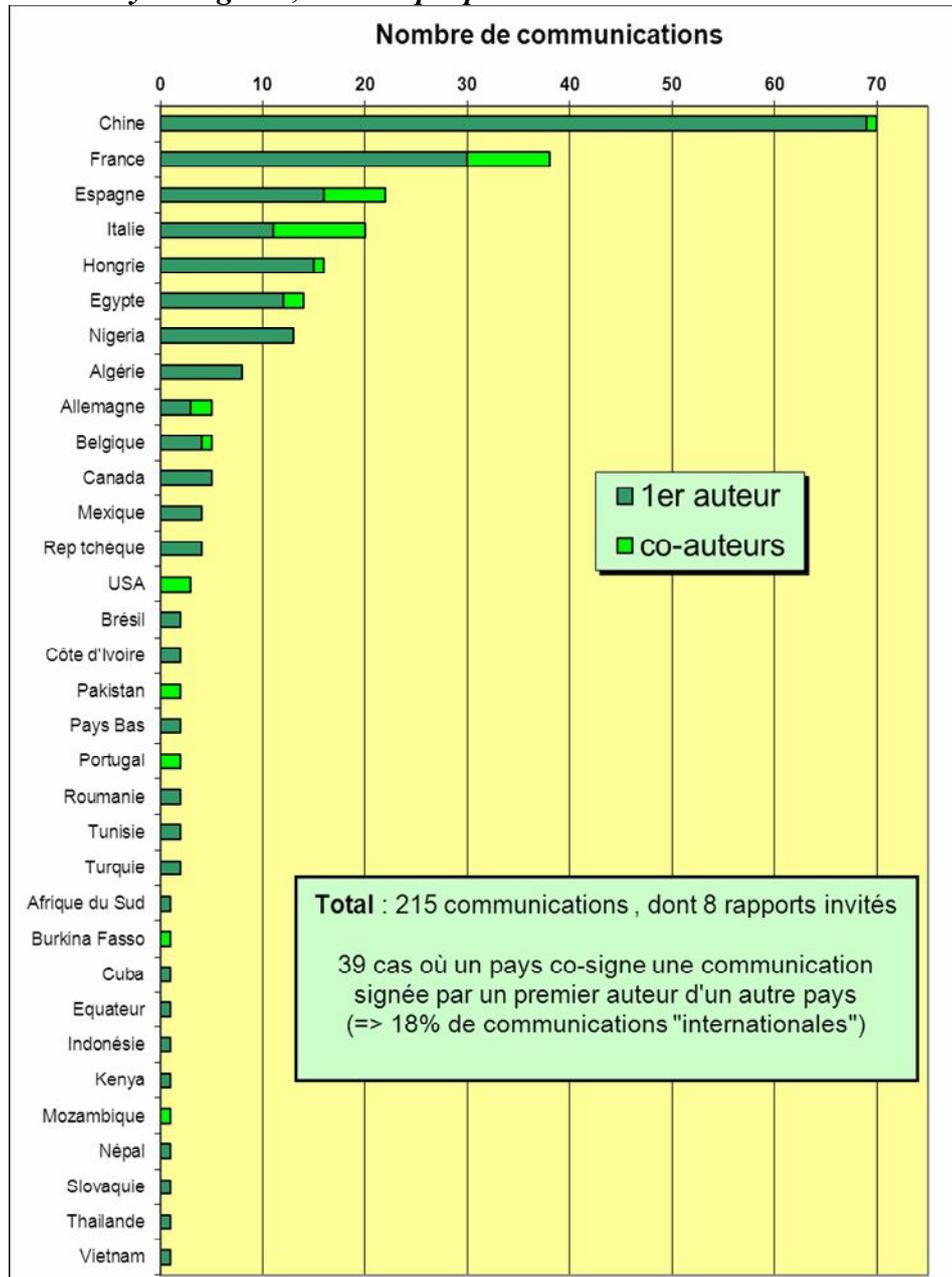
Dans l'ensemble, les communications ont été signées ou co signées par des chercheurs publics ou privés travaillant dans 33 pays différents (30 il y a 4 ans).

Les communications cunicoles chinoises étaient les plus nombreuses avec 32%, puis en seconde position, la France avec 17.6% , puis l'Espagne avec 10% et l'Italie avec 9.3%. L'Espagne passe en 3ème pays alors qu'elle était en première position il y a 4 ans. La France conserve sa 2ème position mais a publié 6 communications de plus en tant que 1er auteur (30 contre 24). Au total 33 pays étaient représentés y compris le Népal.

L'ensemble pays signataires des communications est résumé sur la figure 1. Il convient de souligner que 18% des communications ont été signées par des équipes appartenant à plus d'un pays. Si la Chine a présenté le plus grand nombre de communications, celles-ci sont

quasi exclusivement chino-chinoises. Les pays "champions" de la coopération internationale sont l'Italie, la France et l'Espagne.

Figure 1 Répartition des communications en fonction de la nationalité des équipes les ayant signées, en tant que premier auteur ou co-auteurs



Sur 226 communications soumises au comité de lecture, 215 communications ont été retenus, dont 8 rapports invités, 39 cas où un pays co-signe une communication signée par un premier auteur d'un autre pays => 18% de communications "internationales".

207 communications courtes ont été retenues ce qui est dans la moyenne (194 il y a 4 ans) une hausse (+ 6%) contrairement aux autres années qui en comptaient en général autour de 210 à 220 par congrès. 10% des papiers proposés ont été éliminées par le comité afin d'obtenir un congrès de meilleure qualité. Pour animer ces journées, 8 rapports généraux invités et 5 tables rondes ont été organisées.

2 - CONFERENCES INVITEES (rapports de synthèse) et TABLES RONDES

Un total de 8 conférences a été présenté dans les diverses disciplines (tableau 1), soit un nombre identique au précédent congrès. Le nombre de tables rondes a été encore légèrement réduit à 5 au lieu de 6 au congrès précédent. (tableau 2)

Tableau 1: Liste des conférences invitées

Auteurs (appartenance)	Disciplines	Titre
Luca Fontanesi (Italie)	Génétique	Ere de la génomique chez le lapin : applications et perspectives sur la biologie et l'élevage de lapin.
Luc Maertens (Belgique) Thierry Gidenne (France)	Aliment et Nutrition	Efficacité alimentaire sur la production du lapin : aspects nutritionnel, technico-économique et environnementaux
Xun Suo (Chine) Fang Wang (Chine)	Pathologie et Hygiène	Maîtrise de la coccidiose du lapin et de la maladie virale hémorragique : impact de la technologie recombinante ADN
Ignacio Badiola (Espagne)	Pathologie et physiologie digestive	Récents travaux sur l'entéropathie (EEL) du lapin en phase de croissance
Steffen Hoy (Allemagne) Zsolt Matics (Hongrie)	Ethologie et bien-être	Système de logements alternatifs pour les lapines reproductrices.
Ruoying Zhu (Chine) Hong Dai (Chine)	Qualité produit et process	Innovation technologique sur la production de la peau et de la laine
Ahmed Daader (Egypte)	Reproduction	Travaux récents sur la conduite des lapines reproductrices : spécifique aux Pays chauds
Yono Raharjo (Indonésie)	Système d'élevage et économie	Elevage des lapines et recherche en Asie : Problèmes et perspectives

Tableau 2: Liste des tables rondes

Animateurs (appartenance)	Thème	Titre
Pilar Garcia Rebollar (Espagne)	Reproduction	Nouvelles approches sur l'induction de l'ovulation des lapines : alternatives des injections intramusculaires par l'utilisation du plasma séminal et des analogues de GnRh par voie vaginale
Antonio Camardai (Italie) Zhifei He (Chine)	Pathologie et Hygiène Qualité produit et process	Diffusion et contrôle de la nouvelle forme de la VHD Consommation et nutrition de la viande de lapin.
Hervé Garreau (France) Luca Fontanesi (Italie)	Génétique	Perspectives de la biologie et de la génétique dans le cadre d'actions européennes : COST sur le génome du lapin
Ujjwal Chapagain (Népal) Steven Lukefahr (USA)	Economie et système d'élevage	Stratégie de développement dans des pays défavorisés : importance d'une ferme témoin cunicole, d'un réseau d'agriculteurs

3- COMMUNICATIONS COURTES

3.1- Aspects quantitatifs et impact scientifique de chaque nation.

Au plan quantitatif, le congrès de 2016 a été plus productif en travaux pour le lapin que le précédent, en effet, 207 communications courtes ont été écrites contre 194 lors du précédent congrès. Pour comparaison, en 1996 et en 2000 le nombre de communications courtes était

supérieur (217 à Toulouse en 1996 à Valence) et plus faible encore en 1992 aux USA (n=182).

La répartition des communication entre les présentations orales et les présentation sous forme de poster a été décidée par le comité d'organisation. 57 communications ont été effectivement présentées oralement (63 prévues initialement par le comité d'organisation), les autres sous forme de poster (112 affiches accrochées dans la salle pour 142 prévues) avec 2 à 3 sessions quotidiennes par discipline par la présentation des poster. Le temps consacré à chaque poster a été bien respecté avec 2 minutes de présentation + 2 minutes de questions pour chaque poster.

3.2- Répartition entre les différentes disciplines

Pour juger de l'impact des différentes disciplines présentées à ce congrès, nous avons effectué un décompte en reprenant les décomptes de l'index du rapport des résumés (cf. tableau 3).

On peut remarquer un intérêt croissant sur l'ensemble des thèmes, hormis la génétique, la reproduction et la qualité de la viande qui ont tendance à diminuer en nombre de communications. Ainsi, l'ensemble des thèmes Nutrition et Alimentation et Physiologie générale et digestive ont été regroupés en une seule discipline Nutrition et Physiologie digestive. De même, pour l'Élevage en zone tropicale et systèmes alternatifs qui a fusionné avec Technique d'élevage et Economie il y déjà quatre ans. On note la réapparition du thème lié à la production de fourrure et de poil, la Chine étant le premier voire le seul pays dans ces 2 productions.

Tableau 3: Répartition des communications par disciplines

	Nombre total de communications courtes*	Nombre de communication** sur 3 derniers congrès 2012 -2008 -2004
Génétique	30	N= 40, 44, 25
Reproduction	20	N= 32, 36,29
Pathologie et hygiène	31	N= 19, 45, 38
Aliments et alimentation	30	N= 42, 66, 66
Nutrition et physiologie digestive	26	N= 21, 28, 18
Technique d'élevage et économie	23	N= 21, 31, 18
Qualité de la viande et des produits	16	N= 20, 25, 12
Ethologie et bien-être	21	N= 0, 0, 9
Production de fourrure et de poil	17	

*: décompte des communications d'après leur contenu (et non d'après l'index du recueil des résumés, excepté 2008).

**:: chiffres pour les 3 précédents congrès mondiaux (Sharm el Sheikh 2012, Vérone 2008, Mexico2004).

L'impact quantitatif des différents pays est très variable selon les disciplines. Ainsi, la Chine domine nettement les études sur la génétique (N= 10 sur 30 soit 33%) suivis par la France, la Hongrie et l'Espagne (N= 2). On constate la même tendance pour la session Nutrition et physiologie digestive avec une domination de la Chine (N= 9 soit 40%) puis par la France (N= 3), idem pour la session pathologie et hygiène Chine = 40% des communications suivis par la France (19%). Les communications concernant la reproduction sont réparties avec une participation majoritaire des pays d'Afrique (Algérie, Egypte et Nigeria ; 8 papiers publiés), suivi par l'Europe (Espagne, France et Hongrie ; 7 papiers), puis l'Asie (Chine, Turquie et Pakistan ; 5 papiers) et l'Amérique (Mexique, 1 papier). Les études concernant les travaux en qualité de la viande sont dominées par les équipes chinoises puis se répartissent entre

l'Algérie, le Nigéria, l'Italie et la Hongrie. Par ailleurs, la majorité des études en conduite d'élevage et économie sont dominées par le Nigéria (n= 7 soit 25%) suivi par la Hongrie et le vénézuéla (n= 3 com. chacun). Seuls la session sur le comportement et le bien être dénote avec une majorité des travaux réalisées par la Hongrie (N=5 soit 25%), puis la Belgique et le Canada (N= 3 pour chacune).

3.3- Résumé des principaux thèmes traités dans les différentes disciplines

Comme par le passé, l'originalité et la qualité scientifique des travaux sont très variables. Pour chaque section disciplinaire, nous nous intéresserons succinctement aux principaux thèmes traités, ou marquants par leur apport de connaissances originales.

3.3.1- Génétique

De nouvelles connaissances ont été apportées sur trois thèmes concernant la génétique :

- *des communications portants sur la génétique quantitative* : Résistance aux maladie et longévité ou encore sur l'amélioration de l'efficacité alimentaire. Des travaux ont porté sur la qualité de la carcasse : rendement, les taux de muscle ou de gras. Des travaux génétiques se sont centrés sur les caractères de reproduction.
- *des travaux visant l'amélioration de la connaissance moléculaire* : étude de gènes ou meilleurs connaissance du microbiome intestinal, peu de solutions applicables pour l'instant.
- *la caractérisation des races en souches pures ou hybrides* sur les géotypes ou sur les populations localement disponibles (en Chine, Nigéria, Egypte, Espagne) permettant ainsi de choisir les animaux en fonction des besoins de production et de leur environnement.

3.3.2- Reproduction

Au total, 21 communications (dont une synthèse) ont été présentés avec une dominante de travaux pour l'Afrique, l'Europe et l'Asie et l'Amérique. Les thématiques concernent la reproduction des mâles (test de dilueurs, additifs nutritionnels...) ou avec un objectif de conservation des semences à basse température, ainsi que la reproduction des femelles. Les travaux autour de la lapine étaient très variés (méthode de diagnostic de gestation, utilisation de différents matériaux pour la préparation des nids, cause d'infertilité des lapines...). Des travaux ont porté sur des aspects génétiques. La synthèse en contexte pays chaud a permis d'avoir une revue bibliographique complète sur les conséquences d'un stress thermique sur la reproduction.

3.3.3- Pathologie et hygiène

32 communications (dont une synthèse) composait cette session, la majorité des travaux ont porté sur le parasitisme notamment la coccidie et la coccidiose (intérêt de la vaccination ? actions thérapeutiques...), impact du sainfoin sur les nématodes ou encore des kits rapides sur les oxyures ou des travaux sur la teigne. Le deuxième grand sujet a porté sur la maladie virale hémorragique (VHD) : travaux sur les vaccins, étendue géographique du virus variant.... Enfin, l'EEL a été également au cœur de certains travaux et des communications ont porté sur l'antibiorésistance sur deux agents pathogènes: colibacille et staphylocoque. Enfin d'autres travaux originaux ont été présenté : désinfection de l'ombilic des lapereaux, l'ajout de crottes dans les nids La Chine a fourni 42% des publications ; le deuxième contributeur est la France (19%).

3.3.4- Nutrition et Physiologie digestive

La majorité des communications était consacré à la physiologie digestive (enzymes, profils sanguins) avec beaucoup de travaux venant de Chine. 18 communications ont été classées selon les facteurs de contrôle sur la physiologie : effets d'additifs (racines de chicorée, probiotique...), effets de la conduite d'élevage (rationnement, lumière...), effets de la structure physique de l'aliment, effets de nutriments,. Une part des travaux a porté sur l'étude des matières premières potentiellement utilisables (Tx de noix de karité, pulpe de citrus) en lapin dans différents pays. Trois études ont porté sur l'analyse de l'immunité en lien avec des apports en fibres digestibles, en arginine ou en vitamine B6. Il apparait une recrudescence de communications autour d'outils moléculaires et en particulier pour analyser l'expression de gènes en lien avec diverses fonctions physiologiques, l'immunité ayant la priorité. Ces travaux ne permettent pas d'avoir pour l'instant d'applications pratiques

3.3.5- Aliments et alimentation

30 communications était consacré à la nutrition, la connaissance nouvelle ou non de matières premières (utilisables dans l'alimentation des lapins : exotiques ou des MP disponibles ou non en Europe) et sur les techniques d'alimentation (maîtrise des ingérés). Une synthèse a été réalisée sur l'utilisation de matières premières utilisées dans différents dispositifs expérimentaux. Une part importante des travaux a porté sur la nutrition : source et différents niveaux d'énergie, niveaux de fibre, impact nutritionnel d'un aliment sur le microbiote. D'autres communications ont relaté des travaux sur les manques ou les excès de certains paramètres nutritionnels (zinc, vitamine E, mycotoxine, protéines, matières grasses....)

3.3.6- Technique élevage et économie

Sur 24 communications, la majorité des travaux a porté sur la description macro-économique de la cuniculture de plusieurs pays émergents. Cette thématique a été marquée par des communications sur la consommation de la viande selon différents continents (Asie, Afrique, Europe). Différents aspects ont été abordés : habitudes de consommation et freins des consommateurs chinois, menaces et opportunité pour le consommation de viande nigériane, typologie des consommateurs espagnols. Seuls 4 communications a concerné les aspects techniques d'élevages (allaitement contrôlé, effet de l'âge au sevrage, étude des différents postes de dépenses énergétiques d'un bâtiment rationnel) puis des communications européennes se sont centrées sur des cunicultures alternatives (bio, parc, colonie...) sur la phase maternité et de croissance. Enfin la rentabilité économique a surtout été abordée par des communications chinoises.

3.3.7- Qualité et hygiène de la viande

La plupart des communications (16 au total) se sont intéressées aux différents apports alimentaires et leurs impacts sur la composition corporelle. La chine a publié 4 communications puis vient à part égale (2 communications par pays) pour l'Italie, l'Algérie, le Nigéria et la Hongrie. L'enrichissement de matières premières ou d'additifs nutritionnels ont été étudiés soit pour améliorer la qualité des carcasse ou leur conservation. Quelques unes traitaient de la qualité organoleptique, nutritionnelle et technologique de la viande. Une étude consommateur a été réalisée et une analyse sur les composés volatiles de la viande a enrichie cette session.

3.3.8- Production de poils et de fourrures

Sur les 17 communications, la majorité des travaux sont chinois. Trois grands thèmes se sont dégagés sur les différentes technologies de transformation des produits (tannage des peaux Rex, filature et transformation du poil Angora), sur la génomique et transcriptomique des gènes modificateurs de la structure (développement, longueur du poil...) ou de la couleur du pelage et sur la maîtrise de production de poils et de fourrures. Sur cette dernière partie, des

travaux se focalisent sur l'effet de différents additifs ou suppléments nutritionnels (cystine, mélatonine...) dans le cadre de la production du Rex ou encore l'impact de conditions climatiques sur la qualité des peaux.

3.3.9- Ethologie et bien-être

Sur les 22 communications, un grand nombre de travaux ont porté sur le développement de logement alternatif en maternité et en engraissement. La majorité des communications de cette session a été assurée par la Hongrie (5), puis par la Belgique (3) et le Canada (3). L'Espagne, l'Italie, l'Allemagne mais aussi le Brésil et la Chine ont présenté 2 communications et la France une seule. Des partenariats ont été rendus possible grâce à un projet ERA-Net européen (Projet RABHO : Rabbit Housing). Quelques communication ont été centrées sur l'ambiance des bâtiments, sur l'enrichissement des cages (plateforme, type de sols) mais également sur la densité ou les différents matériaux préférés par les lapines pour la préparation de leur mise-bas. Enfin, une étude a porté sur le transport des animaux et les indicateurs de stress et 2 communications sur la mise à mort dont une communication française qui met en évidence les indicateurs pertinents de l'inconscience des lapins à l'abattoir.

4 - CONCLUSIONS

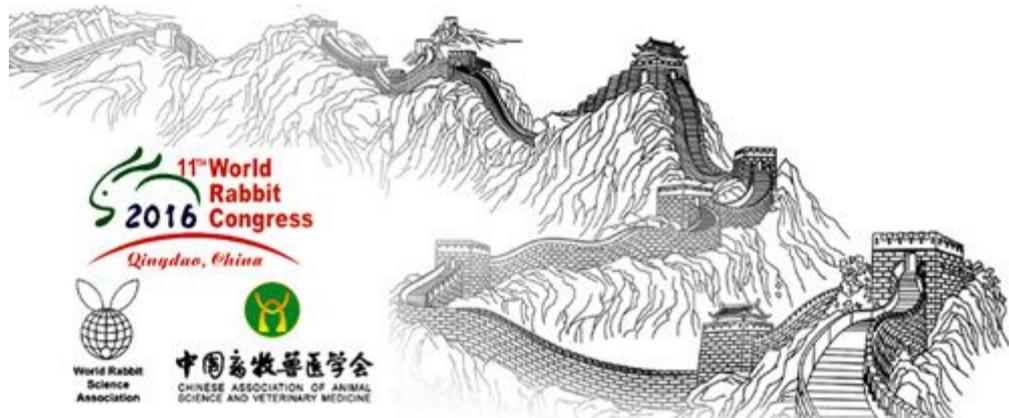
Globalement, le 11ème congrès mondial de cuniculture a été d'un meilleur cru comparé au précédent congrès : une bonne organisation et de l'excellent accueil général. Le nombre de travaux est en très légère progression (+ 6%) et des pays émergents prennent une place non négligeable comme le Nigéria aux travers des universités ou des laboratoires qui s'intéressent de plus en plus au lapin.

La Chine a démontré son importante cuniculture et la diversité dans sa production de viande, fourrure et poil angora avec des travaux de qualité variable et des échanges pas toujours très faciles en anglais. L'implication de jeunes étudiants chinois a permis de faciliter nos échanges. La Chine devient leader en matière de publications sur ce congrès avec 32% des papiers, suivis de la France avec 17,7% et l'Espagne et l'Italie.

Une grande partie des communications était centré sur la pathologie et hygiène, les aliments et l'alimentation et la génétique (N=30 chacune) puis viennent avec environ 20 publications : le comportement et le bien-être, les techniques d'élevage et économie, la nutrition et la physiologie digestive et la reproduction. La répartition des communications entre les différents thèmes est parfois discutable.

Lors de l'assemblée générale de la WRSA tenue pendant le Congrès, il a été décidé que le prochain congrès mondial de cuniculture se déroulera en France à Nantes en 2020, nous étions les seuls à nous porter candidat. Nous avons monté le dossier de candidature avec l'aide d'une délégation de la ville de Nantes. Le support financier du congrès sera assuré par l'INRA (contrat), l'ASFC aidera au bon déroulement de ce prochain congrès qui est programmé dans le courant de l'été 2020.

Un beau challenge pour la filière française !



Les apports de la Section de Reproduction du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture à Qingdao, Chine.

par

Raphaël ROBERT* et Davi SAVIETTO**

*EUROLAP, Le Germillan, 351470, Gosné, France

**GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France

1. RESUME

L'objectif de cette synthèse est la description des principaux papiers présentés pendant la section de reproduction du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture. Au total, 21 papiers provenant d'Algérie, Chine, Egypte, Espagne, France, Hongrie, Nigeria, Mexique, Pakistan et Turquie ont été présentés, avec une participation majoritaire des pays avec une cuniculture en développement (13 sur 21). Les thématiques concernent tant la reproduction des mâles, avec un intérêt majoritaire sur les techniques de préservation de la semence à basse température, ainsi que la reproduction des femelles, avec des sujets plus variés. En conclusion, la session de reproduction fut riche d'enseignements pour le développement d'une recherche appliquée aux conditions d'élevages locales et en réponse à des problématiques rencontrées dans les élevages commerciaux en Europe.

2. INTRODUCTION

Cette synthèse a pour objectif la description des principaux papiers présentés pendant la section de reproduction du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture. Au total, 21 papiers ont été publiés dans les abstracts du Congrès avec une participation majoritaire des pays d'Afrique (Algérie, Egypte et Nigeria ; 8 papiers publiés), suivi par l'Europe (Espagne, France et Hongrie ; 7 papiers), puis l'Asie (Chine, Turquie et Pakistan ; 5 papiers) et l'Amérique (Mexique, 1 papier).

A propos des performances de reproduction des mâles, trois papiers traitent de la qualité de la semence, deux des caractéristiques du dilueur, et un des effets de l'immunisation contre l'inhibine. Toujours sur les mâles, un papier concerne la réduction des effets du stress thermique à l'aide d'une supplémentation en quercitrine et un dernier papier a présenté un vagin artificiel à bas cout de production développé au Nigeria.

Les communications concernant la reproduction des lapines furent bien diverses, et englobent des résultats de recherche pratiques, comme une nouvelle méthode de diagnostic de gestation ou l'utilisation de différents matériaux pour la préparation des nids, et également des résultats de recherche fondamentale comme l'étude de l'expression des gènes liés à la reproduction.

Pendant cette riche et diversifiée session de reproduction, une synthèse a montré les tendances récentes du management de la reproduction des lapines dans les régions chaudes. Ainsi, les travaux exposés pendant ce 11^{ème} Congrès de Cuniculture montrent l'intérêt des pays ayant une production cunicole en développement pour déterminer les caractéristiques de

reproduction des souches locales ; et pour développer et adapter les techniques de reproduction existantes, dans le but d'améliorer la prolificité et les performances de reproduction de leurs élevages.

3. NOUVELLES CONNAISSANCES EN REPRODUCTION DES MALES

Le premier papier présentant la qualité spermatique des mâles a traité de la problématique de la congélation de la semence (Ahmed et al. 2016). Pour améliorer la qualité spermatique suite à la congélation, 4 μM de glutathionne ont été ajoutés au milieu de congélation en espérant une réduction des dommages dus au stress oxydatif. Cet ajout a affecté positivement la motilité et plusieurs paramètres liés aux caractéristiques de mobilité, comme la vitesse linéaire, l'index linéaire et l'index de rectitude. Cependant, les résultats démontrent également une réduction de l'intégrité acrosomique. En conclusion, l'addition de 4 μM de glutathionne au milieu de congélation entraîne une amélioration limitée des caractéristiques de la semence post-décongélation et mérite des essais supplémentaires pour confirmer et déterminer avec de nouveaux résultats le rôle du glutathionne sur la fertilité.

Une autre étude présentée par Dessouki et al. (2016) concerne le management du refroidissement de la semence à 5°C avec l'ajout de mélatonine au milieu de conservation. Trois niveaux de mélatonine sont testés : 1×10^{-3} , 1×10^{-6} et 1×10^{-9} M avec un refroidissement durant 2h à basse température (5°C). Les caractéristiques de motilité ont été évaluées. Cet étude a montré que l'ajout d'un haut niveau de mélatonine (1×10^{-3} M) dégrade certains paramètres de motilité comme par exemple le mouvement latéral de la tête des spermatozoïdes, et que le plus bas niveau d'ajout de mélatonine (1×10^{-9} M) a un effet négligeable par rapport au groupe contrôle (pas de mélatonine). Le niveau intermédiaire (1×10^{-6} M) a présenté des résultats intéressants. Pour les paramètres de motilité étudiés, l'ajout de 1×10^{-6} M améliore la motilité totale et progressive et augmente la distance parcourue et la vitesse linéaire des spermatozoïdes. Cependant, la limite de cette étude concerne la durée d'exposition au froid positif (5°C) qui est assez courte (2h). Des tests sur une durée allongée mériteraient d'être menés.

Wang et al. (2016) ont étudié l'effet de l'immunisation contre l'inhibine sur les caractéristiques de la semence des mâles Rex pendant l'été. Deux dosages d'injection ont été testés : 0.05 et 0.125 mg/kg d'antigène recombinant. Chaque mâle immunisé a reçu le traitement trois fois, avec une différence de 20 jours entre les immunisations. Les résultats démontrent une augmentation tant de la concentration, que de la motilité spermatique à partir de la seconde injection comparativement au groupe témoin. Les limites de cette étude sont dues au faible effectif (six animaux par groupe) et au manque de détermination d'un âge précis pour la première immunisation.

L'avant-dernier papier à propos de la reproduction des mâles fut présenté par Zahid et al. (2016). L'objectif de ce papier est d'examiner le possible effet positif de la quercitrine pour réduire la détérioration du tissu testiculaire des mâles exposés à de hautes températures. Au total, 5 mâles ont été alimentés avec 25 mg/kg de quercitrine par jour pendant 8 semaines. Après une étude histopathologique, les auteurs ont conclu que la supplémentation alimentaire en quercitrine minimise les effets nocifs du stress thermique sur le tissu testiculaire des lapins.

Le dernier article a été présenté par Ola (2016). Cet auteur s'est consacré à concevoir un vagin artificiel à bas cout pour répondre à la demande des éleveurs Nigériens. Le nouveau dispositif appelé Olirav est constitué d'une seringue stérile de 20 ml, d'un tube jetable de 5 ml, d'un préservatif non spermicide et d'une bande élastique. L'efficacité du nouveau prototype a été

comparée à un vagin artificiel commercial en réalisant des prélèvements de 12 mâles. Quel que soit le vagin utilisé, Ola a conclu que le comportement des mâles face au prototype, le volume de semence produit, la motilité et la concentration obtenus avec son prototype sont similaires aux résultats obtenus avec le vagin artificiel commercial.

4. NOUVELLES CONNAISSANCES EN REPRODUCTION DES FEMELLES

Les papiers concernant les connaissances en reproduction des femelles peuvent être répartis en 6 catégories, plus une synthèse : 1. Embryologie, 2. Pratiques d'élevage, 3. Diagnostic de gestation, 4. Biologie de la reproduction, production et caractéristiques du lait, 5. Pathologie de la reproduction, 6. Biologie moléculaire et reproduction et 7. Synthèse.

4.1. Embryologie :

Au sein de la section embryologie, une étude a confirmé que l'ajout d'une dose de 0.4 mg de coenzyme Q10 (CoQ10) par ml de milieu de maturation (TMC-199) améliore la maturation *in vitro*, le taux de clivage et le potentiel de développement des ovocytes de lapines (Abdel-Khalek et al. 2016). Lors de cette étude, trois doses différentes de CoQ10 (T1 = 0 ; T2 = 0.2 ; T3 = 0.4 mg/ml TMC-199) ont été ajoutées. Les ovocytes de 30 femelles ont été prélevés, puis seuls les complexes cumulus-ovocytes ont été mis en incubation. Le pourcentage d'ovocytes en métaphase II et le taux de maturation ont été déterminés. Des fécondations *in vitro* ont été réalisées entre les COCs à maturité et des spermatozoïdes mélangés à de l'héparine. Les œufs fécondés ont été mis en culture pour déterminer le taux de production de morula et de blastocystes. Il apparaît que l'ajout de CoQ10 (T2 et T3) entraîne une augmentation significative du pourcentage d'ovocytes en métaphase II, diminue le pourcentage d'ovocytes dégénérés et augmente les taux de production de morula et de blastocystes, en comparaison avec un milieu de maturation sans CoQ10.

Avec le même type de protocole, El-Ratel et al. (2016) ont étudié l'effet d'une supplémentation en L-carnitine (LC) (doses de 0.0 ; 0.6 et 0.9 mg/ml de milieu de maturation), sur la maturation *in vitro*, la fertilisation *in vitro* et le développement des ovocytes. Ils ont démontré que des doses de 0.6 et 0.9 mg de LC /ml de milieu de maturation (TMC-199) entraînent une hausse du pourcentage d'ovocytes en métaphase II, un meilleur taux de fécondation et des meilleurs taux de production d'ovocytes aux stades morula et blastocystes, en comparaison avec du TMC-199 sans supplémentation de LC. Les meilleurs résultats ont été observés pour une dose de 0.6 mg de LC par ml de TMC-199.

Enfin, l'efficacité de l'ajout d'un extrait de plante *Scutellaria sp.* (SC) sur la viabilité des embryons de lapins a été étudié par Bebin et al. (2016). Deux groupes de 20 lapines ont été comparés, l'un recevant un aliment supplémenté avec SC (distribution de 50g/jour/femelle de l'aliment complémentaire), l'autre le même aliment sans SC. A 15 jours de gestation, les lapines ont été euthanasiées pour compter et évaluer la viabilité des fœtus. La supplémentation avec SC n'a pas eu d'effet sur le nombre de corps jaunes ni sur le nombre de vésicules implantés. En revanche, la mortalité embryonnaire précoce a été évaluée à 11,5% dans le groupe contrôle versus 6,9% dans le groupe SC ; et la mortalité des embryons entre l'implantation et le jour 15 de gestation était plus élevée dans le groupe contrôle que dans le groupe SC (7.5% dans le groupe contrôle vs 5% dans le groupe SC).

Un régime enrichi en acides gras polyinsaturés a montré dans différentes études l'impact positif sur le développement ovarien. Dans cette étude, Rodriguez et al. (2016) ont cherché à mesurer l'impact d'un tel régime au long terme sur le développement embryonnaire et la muqueuse endocrine chez des lapines. L'étude a été menée sur des lapines multipares séparées en 2 lots (n=14 pour les deux groupes) avec un groupe contrôle et un groupe pour lequel le régime est enrichi avec de l'huile de poisson pour apporter des acides gras polyinsaturés. 84 h après l'insémination, toutes les lapines ont été euthanasiées. A la suite des différentes mesures réalisées (taux ovulation, stade embryonnaire, fertilité et dosage de la progestérone), aucune différence statistiquement significative n'a été mise en évidence. Les auteurs concluent que le régime enrichi en acides gras polyinsaturés n'entraîne pas de différence pour les réponses hormonales et de reproduction à un stade précoce de la gestation chez la lapine.

La dernière présentation concernant le suivi des embryons a été consacrée à l'étude de l'effet d'un régime enrichi en acides gras polyinsaturés n-3 et son impact sur la croissance fœtale. Cette étude a été menée par une équipe espagnole (Rodriguez et al. 2016). Elle a été conduite sur un lot de 74 femelles nullipares randomisées en 2 groupes homogènes (groupe contrôle n=37 et groupe PUFA n=37). Les régimes alimentaires pour les deux groupes sont isoprotéiques, isofibres et isoénergétique ; la différence provient de la source de matière grasse qui pour le régime riche en acide polyinsaturés provient d'huile de poisson. Les femelles ont été rationnées à 130 g/jour pour les deux régimes durant les trois premières semaines de gestation et mise à volonté pour la dernière semaine. Après un diagnostic de gestation positif par palpation, 5 femelles de chaque groupe ont été euthanasiées à 28J de gestation pour réaliser de nombreuses mesures comparatives sur les fœtus (nombre, poids, taille, mesures des placentas, et de certains organes des fœtus). Les autres femelles ont été suivi jusqu'à la mise bas. Les femelles avec le régime enrichi en acides gras polyinsaturés (PUFA) ont eu une consommation d'aliment plus faible en fin de gestation. Les fœtus issus de ce même régime ont une taille rostro-caudale significativement plus importante (+7,41mm) ainsi que le diamètre thoracique. De plus, l'épaisseur de la matrice placentaire est également significativement plus importante (+0,9mm). En conclusion malgré la baisse de consommation d'aliment en fin de gestation pour le groupe PUFA, il n'y a pas eu d'impact sur la qualité des fœtus.

4.2. *Pratiques d'élevage :*

Lors du Congrès, trois publications traitaient des pratiques d'élevage.

Le premier article concernait les résultats d'une étude sur les effets de la photo-simulation, de la source de lumière et de la saison sur les performances de reproduction des lapines (Eiben et al. 2016). Un éclairage de 9h de lumière par jour, produite par des néon-blanc ou des lampes LED (40 à 50 lux d'intensité), a été comparé à deux pratiques de photo-simulation avant l'insémination artificielle, dans deux fermes différentes, comprenant chacune des bâtiments éclairés avec des LED et des bâtiments éclairés avec des néons. Dans ces deux fermes, de J-8 à J0 (J0 étant l'IA), la durée d'éclairage était de 16h par jour et, à partir de J+3, cette durée était réduite progressivement (-2h/jour à J+3 et J+4 puis -3h à J+5) jusqu'à 9h par jour. Dans la première ferme, entre Juin et Octobre, l'intensité de la lumière était accentuée, jusqu'à atteindre 55-80 et 100 lux, via l'ajout de néons et de lampes LED. Dans la deuxième ferme, entre Juillet et Août, seule la durée d'éclairage était augmentée, sans jouer sur l'intensité de la lumière. En été dans la ferme 1, il apparaît que les taux de palpation et de mise-bas sont 5% plus élevés avec la stimulation via les LED, qu'avec une stimulation via des néons. Dans la deuxième ferme, les 1-

2% de différence en faveur de l'éclairage LED ne sont pas significatifs. Le nombre de lapereaux nés vivants (NV) était globalement meilleur dans la ferme 1 que dans la ferme 2, quel que soit le type d'éclairage. Le nombre de NV pour 100 inséminations (IA) le plus élevé a été atteint dans la ferme 1, avec l'éclairage LED et l'augmentation d'intensité de la lumière, en été (782 NV/100 IA). Ces résultats montrent qu'avec le type de lampes LED testées, associées à une double photo-simulation (augmentation en durée et en intensité), la fertilité et la prolificité ont été améliorées, ce qui confirme l'importance du type d'éclairage lors d'une stimulation lumineuse sur des lapines autour de l'insémination.

Le deuxième article traitait des effets des différents matériaux utilisés pour faire les nids, sur les performances des lapines (Farkas et al. 2016). 4 groupes de 50 lapines ont reçu chacun un matériel différent pour la garniture des nids : foin, paille, copeaux de bois et des longues et fines fibres de bois, appelées Lignocel. Les lapines ont eu plus de 3 jours pour préparer leur nid. Des photos des nids ont été prises 4 à 5 jours après la mise-bas et la qualité des nids a été évaluée. Les nids faits à base de foin ont reçus le meilleur score (4.11/5), suivi par ceux faits avec de la paille (3.73), du Lignocel (3.56) et des copeaux de bois (3.13). Cependant, le type de matériel n'a pas influencé les performances des lapines : le nombre de nés totaux le poids de la portée à 21 jours, le poids individuel à 21 jours et la mortalité entre 0 et 21 jours étaient similaires selon les matériaux.

L'objectif de la dernière étude sur les pratiques d'élevage (Felipe-Pérez et al. 2016), était d'évaluer l'effet de l'administration orale d'acides gras polyinsaturés n-3 (AGPI n-3) sur les paramètres du sperme et les performances de reproduction des lapines. Dix mâles et 20 lapines multipares ont reçu soit une dose de 40 mg/kg poids vif d'AGPI n-3 (groupe de traitement), soit un volume équivalent d'eau distillée (groupe contrôle), une fois par jour pendant 50 jours. Les lapines ont été réparties dans des groupes pour évaluer l'effet des interactions des mâles et femelles traitées et non traitées avec les AGPI n-3 sur les performances de reproduction. 100 éjaculats ont été évalués, avant et après le traitement. Le pourcentage de sperme viable était significativement plus élevé avec le traitement, en comparaison avec le groupe de contrôle. Les différences sur le volume de sperme et le pourcentage d'anomalies morphologiques avant et après traitement n'étaient pas significatives. Il n'y a pas eu d'effet observé sur la fertilité, la taille de portée et la durée de gestation entre les lapines traités et non-traités. Les auteurs ont conclu que l'administration orale d'AGPI n-3 a un effet positif sur la qualité du sperme mais plus de recherches doivent être menées pour comprendre l'effet des AGPI n-3 sur les gamètes des lapines et l'impact sur leurs performances de reproduction.

4.3. *Diagnostic de gestation :*

Robert et al. (2016) ont proposé une méthode non-invasive de diagnostic de gestation pour qualifier et quantifier la prolificité des lapines autour du 15^{ème} jour de gestation. La nouvelle méthode se base sur l'utilisation d'un CT scan (*computerized axial tomography*). Cette technique est bien précise, parmi les 578 foetus dénombrés par nécropsie, 577 furent observés avec le CT scan. Cependant cette technique a pour limite de ne pas faire la distinction entre les foetus viables et non viables. Le dénombrement des corps jaunes et des vésicules vides n'est pas possible non plus. Cette nouvelle méthode est donc complémentaire aux méthodes déjà existantes (nécropsie, échographie et endoscopie) pour bien caractériser les composantes de prolificité chez la lapine.

4.4. *Biologie de la reproduction, production et caractéristiques du lait :*

Fayeye et Ayorinde (2016) ont décrit les résultats reproductifs de 86 lapines au Nigeria. Le temps de gestation a varié entre 29 et 35 jours avec une prévalence de 84.0% pour une durée de 31, 32 et 33 de gestation. La taille des portées est comprise entre 2 et 6 lapereaux et la variation du poids à la naissance se situe entre 24 et 54 g. Les auteurs ont aussi décrit une importante mortalité et la variance des poids de naissance est plus conséquente pour les portées de grande taille. Ces résultats zootechniques démontrent le potentiel reproductif des lapines au Nigeria.

Charlier et al. (2016) ont analysé la composition protéique du lait de deux souches de lapins (souche blanche et souche synthétique) de la région de Tizi-Ouzou (Algérie) avec l'objectif de déterminer si la différence de mortalité en maternité entre les lapereaux de ces deux souches est liée à la qualité du lait. La composition protéique du lait est similaire entre les deux souches étudiées. Cependant, les résultats d'analyses fines des protéines du lait des lapines de la souche synthétique ont révélé une plus haute variabilité de la proportion relative de certaines protéines du lait (comme α_{s2} casein).

Un autre travail de la région de Tizi-Ouzou a étudié la relation entre la taille de portée à la naissance et le nombre de lapereaux pendant la lactation sur la production de lait des lapines en comparant deux souches : la souche dite 'blanche' et la souche 'synthétique' (Zerrouki-Daoudi et al. 2016). Les lapines des deux souches ont été réparties dans des groupes expérimentaux en fonction de la taille de portée à la naissance (<6, 6-8 et >8 nés vivants) et à la taille de la portée pendant la lactation (les mêmes classifications). Les résultats obtenus ont démontré que le nombre de lapereaux nés n'affecte pas la production de lait des lapines. Comme décrit dans plusieurs travaux, la production de lait augmente avec le nombre des lapereaux à allaiter. Le type génétique a eu une forte influence sur la production de lait, spécialement pendant la première semaine, où les lapines de la souche synthétique ont produit +21% de lait que les lapines de la population blanche, une différence liée surtout à la taille de la portée à allaiter. En conclusion, les auteurs démontrent que seul le nombre de lapereaux à allaiter a une influence sur la production du lait des lapines et indirectement sur la croissance des lapereaux.

4.5. *Pathologie de la reproduction :*

Le seul papier concernant les facteurs de risques liés à l'infertilité des lapines fut présenté par Rosell & de la Fuente (2016). Cette étude a eu pour objectif de décrire les principaux facteurs de risque liés à l'infertilité des lapines en production commerciale (Espagne). Les facteurs de risque étudiés furent la génétique de la femelle, la note d'état corporel, le rang de portée (entre 1 et 37 portées), et l'état sanitaire. Parmi les 6 147 femelles évaluées, le facteur principal affectant la fertilité des femelles est la note d'état corporel suivi par l'état sanitaire. Une note d'état corporel de 4 (échelle allant de 1 à 9) correspond à une diminution de 10.4% du taux de fertilité par rapport à des lapines ayant une note de 5. D'un autre côté, les lapines obtenant une note d'état corporel de 6 ont un taux de fertilité supérieur de 11.7%. En ce qui concerne l'état sanitaire, la fertilité des femelles présentant des symptômes de coryza, maux de pattes et des mammites diminue respectivement de 4%, 9,4% et 35% comparativement à des femelles en bonne santé. Les auteurs ont conclu que le bon état corporel des femelles, évalué le jour des palpations est le principal facteur de réussite d'une bonne fertilité des femelles.

4.6. *Biologie moléculaire et reproduction :*

Sur le sujet de la biologie moléculaire appliquée à la reproduction, deux études ont été présentées au congrès. Ces deux études ont été menées par des équipes scientifiques chinoises. Sun et al. (2016) ont cherché à quantifier et démontrer l'impact du facteur de croissance et différenciation 9 (GDF9) sur les paramètres de la reproduction chez le lapin. Pour de nombreuses espèces de mammifères, le GDF9 est impliqué dans la régulation du développement folliculaire et la reproduction. L'étude a été menée sur deux groupes de lapins Néo-Zélandais : un groupe avec une faible prolificité (6-8 nés vivants) et un groupe prolifique (8-12 nés vivants). De nombreuses séquences ADN ont été analysées dans les deux groupes et 3 sites de mutation potentielle pour le gène codant pour le GDF9 ont été mis en évidence. L'expression de ce gène a également été mesurée dans de nombreux organes (cœur, foie, rate, poumon, rein, utérus et ovaire). L'expression est significativement plus importante dans les ovaires comparés aux autres organes (viennent ensuite le foie ; et les niveaux les plus faibles dans le cœur et la rate). De plus, l'expression du gène est significativement plus élevée dans le foie et l'utérus (mais aussi le cœur, la rate et les ovaires) pour le groupe prolifique. Les auteurs ont conclu que le suivi du GDF9 peut être un marqueur génétique d'intérêt pour améliorer la prolificité en lapin.

La seconde présentation a été menée sur l'étude de la variation phénotypique du nombre de tétines (8 tétines 54,9% ; 9 tétines 29,4% ; 10 tétines 15,7% de la population étudiée) chez les lapines de la race Chuanbai Rex en lien avec la recherche de marqueurs SNP pour les gènes ESR et FSH β . Les résultats de reproduction ont également été enregistrés pour les trois premières mise-bas (nés totaux, nés vivants, poids de portée à la naissance et à 21 jours). Les résultats statistiques n'ont pas mis en évidence de lien significatif entre le nombre de tétines, les résultats de reproduction et le séquençage des gènes d'intérêt.

4.7. *Synthèse :*

Enfin pour terminer cette synthèse sur la session de reproduction du 11^{ème} Congrès Mondiale de Cuniculture, une synthèse sur les méthodes du management de la reproduction chez la lapine a été rédigée par Daader et al. (2016). Cette synthèse reprend l'ensemble des pratiques répertoriées dans la bibliographie pour donner des informations pour établir le meilleur système reproductif chez la lapine. Pour chaque méthode, les avantages et les inconvénients sont présentés. On retrouve des informations sur le rythme de reproduction (35, 42 et 49 jours), les différentes méthodes pour synchroniser l'œstrus (traitements hormonaux, séparation mère-jeunes, programmes lumineux), les méthodes pour provoquer l'ovulation (injection hormonale intramusculaire, intra-vaginale, autres facteurs existants). Dans une seconde partie, les auteurs présentent l'impact du stress thermique et les conséquences biologiques sur les animaux et leur reproduction avec les différents mécanismes mis en place pour lutter contre ce stress externe. La zone thermique de confort pour les lapins est comprise entre 18 et 25°C (en fonction des études bibliographiques) et lors d'un stress dû à la chaleur, les auteurs listent les stratégies physiques (gestion de l'environnement d'élevage) et biologiques (management, nutrition, reproduction et génétique) pour lutter contre ce stress.

5. POINTS IMPORTANTS A RETENIR :

5.1. *Reproduction des mâles :*

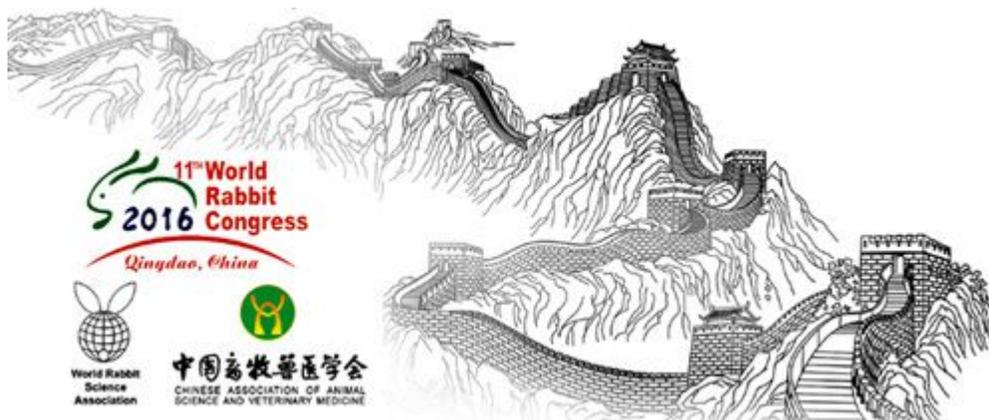
La plupart des articles présentés sur la reproduction des mâles proviennent de pays où la production cunicole est en développement et concernent plutôt les défis de la congélation de la semence, une pratique peut courante en France. Ces recherches scientifiques sont probablement liées à un besoin du terrain, car les coûts de transport et les distances entre les centres de production de semence et les fermes sont importantes, et démontrent l'intérêt de cette pratique.

5.2. *Reproduction des femelles :*

Les articles ayant pour thème général la reproduction des femelles ont été variés. De nombreuses études ont cherché à mettre en évidence les bénéfices de certaines suppléments sur le développement embryonnaire (coenzyme Q10, extrait de plante, L-carnitine ou acides gras polyinsaturés). Des pratiques d'élevages ont été présentées pour favoriser la reproduction et la viabilité des lapereaux, en élevage classique mais également dans des élevages situés dans des pays où les températures sont élevées. Trois papiers présentent des études comparatives réalisées sur des souches locales, toujours avec l'objectif d'améliorer les performances de reproduction. Enfin, une nouvelle méthode de diagnostic de gestation a été présentée pour une utilisation en recherche appliquée ; des études ont été faites sur la recherche de marqueurs génétiques associés à la prolificité ; et une étude descriptive des principaux facteurs de risques d'infertilité des lapines a été présentée pour identifier les leviers d'actions. En conclusion, l'ensemble de ces présentations sur la reproduction des lapines poursuit l'objectif de l'amélioration continue des performances de reproductions quels que soient la souche, le pays ou le type d'élevage à conduire.

Référence :

Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, Qingdao (China) June 15-18, 2016. Edited by Yinghe Qin, Fuchang Li & Thierry Gidenne. p 59-106



Génétique au 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture Qingdao - Chine

par

Mélanie GUNIA* et Jacques HURTAUD**

*INRA, GenPhySE, 24 chemin de Borderouge, 31326 Castanet-Tolosan

** HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine

Lors du congrès mondial de 2016 à Qingdao en Chine, 31 communications (1 synthèse, 10 présentations orales et 20 posters) ont été présentées dans la session génétique : 10 pour la Chine, 7 pour la France, 3 pour l'Espagne, 3 pour la Hongrie, 2 pour l'Égypte, 1 du Bénin, 1 de Cuba, 1 de l'Équateur et 1 de Slovaquie. L'ensemble de ces contributions peut s'articuler autour de 3 volets : génétique quantitative (14 communications), génétique moléculaire (10 communications), caractérisation de races (7 communications).

1 - GENETIQUE QUANTITATIVE

1. Résistance aux maladies et longévité

Lenoir et al. ont réalisé une étude de longévité sur 24 000 femelles de la lignée D du sélectionneur Hycote, en se basant sur un caractère de nombre d'IA, de la première IA fertilisante jusqu'à la réforme ou la mort. La durée de carrière moyenne était de 5,7 IA (80% de réforme, 20% de mort), avec un effet important de la politique de réforme sur la fertilité et la taille de portée. L'héritabilité du caractère de longévité était de 0,12. Les corrélations entre ce caractère et les caractères en sélection (nés vivants, poids de la portée à 28j, nombre de tétines, poids de la femelle adulte, et poids du lapereau le plus léger à la naissance) étaient favorables, ce qui a permis l'amélioration de ce caractère.

Savietto et al. ont présenté une réflexion sur la pyramide des âges des femelles dans les élevages. Ils se sont basés sur les concepts de la théorie de l'histoire de vie. Les auteurs observent que certains remplacements de femelles sont justifiés : infertilité, animaux moins productifs, malades. Mais il y a aussi des femelles en bonne santé qui sont remplacées par des jeunes disponibles « de la nouvelle génétique ». Cela conduit à avoir des animaux qui investissent plus dans les fonctions de reproduction et moins dans des fonctions d'entretien, comme cela a été observé chez d'autres êtres vivants. Une réduction du taux de réforme conduirait à une vie reproductive de femelles plus longue, à une population plus « mature » adaptée aux conditions locales, avec en plus, dans les noyaux de sélection, une évolution vers des lapins résistants aux maladies.

Gunia et al. ont estimé les paramètres génétiques de signes cliniques observés en élevage de sélection et leurs corrélations avec des caractères de production, sur 150 000 lapins de deux lignées paternelles (Hyplus) du sélectionneur Hypharm. Les caractères de santé étudiés étaient les troubles digestifs non spécifiques, les troubles respiratoires non spécifiques, et les syndromes infectieux, caractère composite incluant les syndromes digestifs et respiratoires. Les caractères de production étaient le poids vif et le rendement carcasse en fin d'engraissement. Les héritabilités étaient faibles pour les caractères de santé (de 0,01 à 0,08 ± 0,01) et modérées pour les caractères de production. La corrélation génétique entre les troubles digestifs et respiratoires était de -0,18 ± 0.07. Les corrélations génétiques entre les

caractères de troubles infectieux d'une part et les troubles digestifs et respiratoires d'autre part étaient modérées ($0,65$ et $0,61 \pm 0,04$). Les corrélations génétiques entre les caractères de santé et de production étaient soit nulles, soit favorables. Il est possible de sélectionner les lapins sur des symptômes de maladies en utilisant un critère composite incluant toutes les syndromes infectieux.

2. Efficacité alimentaire

Garreau et al. (deux communications) ont comparé 2 caractères d'amélioration de l'efficacité alimentaire entre le sevrage et 63 jours d'âge: 1) la consommation résiduelle (CR) afin de sélectionner les animaux ayant une consommation ad libitum réduite pour une même vitesse de croissance (lignée ConsoRésiduelle), 2) le gain moyen quotidien en régime alimentaire restreint (GMQR) afin de sélectionner les animaux ayant une croissance élevée à ingéré fixe (lignée GMQrestreint). Les réponses à la sélection sont similaires pour les deux critères de sélection ($-0,34$ écart-type génétique pour la CR et $0,29$ écart-type génétique pour le GMQR). Pour l'indice de consommation (IC), la réponse à la sélection était de $-0,30$ écart-type génétique dans les deux lignées. Les réponses à la sélection étaient nulles pour le GMQ et faible pour le poids à 63 jours dans la lignée ConsoRésiduelle, tandis qu'elles étaient fortement significatives dans la lignée GMQrestreint. A la 9^{ème} génération, les 2 lignées sélectionnées ont été comparées à une population témoin G0, issue d'embryons congelés, pour les deux niveaux alimentaires, ad libitum et restreint. Quel que soit le niveau alimentaire, les 2 lignées sélectionnées ont un indice de consommation significativement plus faible ($2,62 \pm 0,02$) que la lignée G0 ($2,82 \pm 0,02$), avec toutefois des quantités d'aliment ingéré et des poids à 63 jours différents. En régime ad libitum, la lignée ConsoRésiduelle présente la même croissance que la lignée G0, mais avec une moindre consommation d'aliment. En revanche, la lignée GMQrestreint montre la plus forte croissance. En régime restreint, les deux lignées sélectionnées ont une croissance plus forte que la lignée G0.

Dans un second protocole, des lapins de la 10^{ème} génération de la lignée ConsoRésiduelle, ont été adoptés par des mères de la lignée G0 à l'origine de cette sélection, et vice versa. En parallèle, des collatéraux étaient adoptés par des mères de leur lignée d'origine. Les mères G10 de la lignée ConsoRésiduelle avaient un effet négatif sur l'IC ($+0,06$), quelle que soit la lignée du jeune. Les animaux G10 pesaient moins que les G0 au sevrage ($-82,9\text{g}$) et à 63 jours (-161g) et avaient un GMQ ($-2,36\text{g/j}$) plus faible. Ils avaient une meilleure efficacité alimentaire avec un IC ($-0,36$), une CR (-548g/j) et une consommation alimentaire (-839g/j) inférieurs.

Sanchez et al. ont mené une expérimentation autour de la sélection sur l'efficacité alimentaire en régime restreint ou ad libitum en cages collectives. Ils ont utilisé des enregistrements collectifs de consommation d'aliment de 6200 jeunes. L'efficacité alimentaire était mesurée de 3 façons différentes : 1) la consommation moyenne journalière ad libitum conditionnée par le GMQ ad libitum ($\text{CMJ}_{\text{AdL}}|\text{GMQ}_{\text{AdL}}$), 2) le GMQ en régime restreint, 3) le GMQ en régime rationné conditionné par le GMQ ad libitum ($\text{GMQ}_{\text{R}}|\text{GMQ}_{\text{AdL}}$). L'héritabilité du GMQ était de $0,47 \pm 0,03$ en régime ad libitum et $0,40 \pm 0,03$ en régime restreint, avec une variance génétique beaucoup plus faible en régime restreint, et une corrélation génétique de 1 entre les deux caractères. L'effet du groupe était plus important pour les animaux en régime restreint en début d'engraissement. Les 3 caractères d'efficacité alimentaire avaient une héritabilité faible à modérée, avec une variance génétique très faible pour $\text{GMQ}_{\text{R}}|\text{GMQ}_{\text{AdL}}$. La corrélation génétique entre les deux caractères $\text{CMJ}_{\text{AdL}}|\text{GMQ}_{\text{AdL}}$ et $\text{GMQ}_{\text{R}}|\text{GMQ}_{\text{AdL}}$ était nulle. En conclusion, les données récoltées en cage collective sont utilisables pour améliorer l'efficacité alimentaire en régime ad libitum. La sélection serait aussi potentiellement plus efficace en

régime ad libitum (à cause de la plus faible variance génétique en régime restreint). Les différentes définitions de l'efficacité alimentaire semblent faire appel à des mécanismes génétiques différents.

3. Caractérisation de la carcasse : rendement et muscle

Lenoir et al. ont étudié la possibilité d'améliorer le rendement carcasse en utilisant de mesures in vivo effectuées avec un échographe. Des mesures de largeur, profondeur et surface d'un muscle (le *Longissimus dorsi*) ont été effectuées à 71 jours sur 650 lapins de la lignée X du sélectionneur Hycote. Le lendemain, le poids vif et le rendement carcasse étaient mesurés à l'abattoir. Le caractère de surface de muscle avait l'héritabilité la plus importante (0,20) et la corrélation génétique la plus intéressante avec le rendement carcasse (0,65). Cette mesure pourrait être utilisée en sélection pour améliorer le rendement carcasse.

Nagy et al. ont présenté les paramètres génétiques et le progrès génétique attendu pour 2 objectifs de sélection de la lignée paternelle Pannon Large. Les paramètres génétiques ont été estimés sur 31 600 lapins. L'héritabilité du GMQ était de $0,16 \pm 0,01$, celle du volume musculaire de la cuisse (VMC) mesuré par tomographie était de $0,24 \pm 0,03$, et celle du poids de portée à 21 jours (PP21) était de $0,16 \pm 0,04$. La corrélation génétique entre le PP21 et le GMQ ($0,50 \pm 0,10$) était favorable, comme celle entre le PP21 et le VMC ($0,22 \pm 0,12$). Celle entre GMQ et VMC était défavorable ($-0,20 \pm 0,08$). Un objectif de sélection avec une pondération de 23% sur le GMQ et de 67% sur le VMC permet d'atteindre un progrès génétique de 0,51g/jour de GMQ et 4,7 cm³ de VMC (les auteurs ne précisent pas si ces résultats sont par génération ou par an). Un objectif de sélection avec une pondération de 22% sur le GMQ, 50% sur le VMC et 28% sur le PP21 permet d'atteindre un progrès génétique de 0,75g/jour de GMQ, 4,3 cm³ de VMC, et 0,06g de PP21. L'abattoir recherche avant tout un VMC élevé, tandis que les éleveurs veulent maintenir les performances d'élevage des femelles.

4. Caractérisation de la carcasse : taux de gras

Minguez C. et al. ont évalué la qualité de la viande sur 258 jeunes issus de mères provenant de croisements diallèles. Les mères provenaient de croisements entre les lignées espagnoles A, V, H et LP. Les pères provenaient tous de la lignée R. Le taux de gras intramusculaire, le taux de protéines et le taux de groupes d'acides gras (monoinsaturés, polyinsaturés, saturés) étaient mesurés dans le muscle *Longissimus* par NIRS (spectroscopie dans le proche infrarouge). Il n'y avait pas de différence dans le taux de protéine entre les lignées. La lignée A avait un taux de gras intramusculaire, des acides gras de tous les groupes supérieurs aux autres lignées, et en particulier supérieurs à la lignée V. La viande la plus grasse sera donc obtenue avec la lignée A, et la viande la plus maigre avec la lignée V. Les contrastes entre lignées observés dépendaient principalement des effets génétiques maternels directs (plus que des effets d'hétérosis ou d'effet grand maternels).

Martinez-Alvaro et al. (deux communications) ont étudié les effets de la sélection sur le gras intramusculaire (GI) mesuré par NIRS sur la composition en acide gras (AG). Après 6 générations de sélection divergente sur le GI, 60 lapins des 2 lignées divergentes ont été abattus à 9 semaines d'âge, et 3 muscles ont été récupérés (*longissimus dorsi*, *biceps femoris*, *supraspinatus*). Le GI avait augmenté dans les 3 muscles, avec une différence allant de 0,30 à 0,45g de gras/100g de muscle entre les 2 lignées. La sélection n'a pas affecté les AG saturés, mais a augmenté les AG monoinsaturés et diminué les AG polyinsaturés dans la lignée avec

GI élevé. La sélection pour un GI élevé a eu des effets défavorables sur les ratios AG polyinsaturés/ saturés et oméga-6/oméga-3. Martinez-Alvaro et al. ont aussi étudié les effets de la sélection sur le GI, sur la texture et les caractéristiques sensorielles de la viande à partir de 116 lapins abattus à 9 et 13 semaines. La lignée à faible GI était 10% plus ferme que la lignée à haut GI, mais il n'y avait pas de différences sensorielles entre les 2 lignées. La viande de lapins abattus à 13 semaines avait un GI plus élevé qu'à 9 semaines, avec une odeur et un goût plus prononcé. Elle était aussi plus ferme et moins juteuse.

Kasza et al. (deux communications) ont étudié les effets d'une sélection sur le gras corporel total sur la reproduction et la croissance. Le taux de gras était calculé à 10 semaines en divisant le gras corporel total mesuré par tomographie par le poids vif. Ce taux de gras a servi de base à une sélection divergente sur des lapins de la lignée maternelle Pannon Ka. Les auteurs n'ont pas calculé d'héritabilité, et ne se sont pas non plus basés sur des index de sélection dans cette expérience. La lignée haute avait plus de nés vivants et nés totaux que la lignée basse en 3^{ème} génération, avec une meilleur taille de portée à 21j, mais les deux lignées avaient ensuite la même taille de portée à 35j. Il n'y avait pas de différences claires entre les lignées sur les caractères de croissance et sur la consommation d'aliment des jeunes en engraissement lors des deux premières générations de sélection.

5. Caractères de reproduction

Robert et al. ont présenté les héritabilités et courbes de progrès génétique de la lignée maternelle Hyla C du sélectionneur Eurolap en France et en Chine. Les deux noyaux sont connectés avec un renouvellement partiel du noyau de sélection chinois avec des animaux français. L'héritabilité de nombre de nés vivants était de $0,093 \pm 0,009$ en France et de $0,068 \pm 0,013$ en Chine. Les héritabilités du poids naissance étaient similaires (0,10). Les courbes de progrès génétique présentaient la même pente (+0,35 nés vivants/an en France et +0,32 nés vivants en Chine), la courbe de la Chine était en dessous de celle de la France, ce que les auteurs attribuent à la différence de génération. Des interactions génotype-milieu pourraient aussi expliquer les différences entre les deux pays.

2 - GENETIQUE MOLECULAIRE

1. Synthèse « le lapin à l'ère de la génomique »

L. Fontanesi a présenté cette synthèse. L'avancée des techniques de séquençage de nouvelle génération a ouvert l'ère de la génomique ». L'avancée majeure pour le lapin a été le séquençage de son génome, avec une première version en 2011, et une seconde version améliorée (OryCun 2.0) en 2014. Lors de l'annotation du génome 19 203 gènes codants et 3 375 gènes non-codants ont été identifiés. Différents niveaux de variabilité entre les individus ont été mis en évidence, avec plus de 50 millions de marqueurs SNP (*single-nucleotide polymorphism* = polymorphisme d'un seul nucléotide) et 155 marqueurs CNV (*copy number variation* = variabilité du nombre de copies d'un gène). Ces données sont la base de nombreuses études, permettant d'associer les variations du génome avec des performances. Elles ouvrent le champ de la sélection génomique et de l'édition de gènes.

L'approche gène candidat consiste à choisir un gène que l'on pense être associé à un phénotype d'intérêt (en se basant par exemple sur des travaux dans d'autres espèces), à identifier des polymorphismes (variations) de ce gène, et ensuite à utiliser des méthodes statistiques permettant de définir s'il existe une association entre les polymorphismes du gène

et l'expression du phénotype. L'approche gène candidat est rapide mais a ses faiblesses, dues au choix à priori du gène à étudier. Par exemple, l'effet de mutations du gène de la myostatine, très important dans de nombreuses espèces sur les caractères de carcasse, est très faible voire inexistant en lapin. L. Fontanesi liste les gènes candidats étudiés en lapin associés avec la croissance et la production de viande, les caractères de reproduction, les caractères de résistance aux maladies et les caractères liés au pelage.

Les analyses de détection de QTL, très nombreuses dans d'autres populations animales, ont jusqu'à présent été rares en lapin, avec une seule étude publiée avec des marqueurs microsatellites portant sur des caractères de carcasse. Avec la découverte de millions de marqueurs SNP et la disponibilité des nouvelles technologies, cette situation est vouée à changer.

Toutes les conditions sont réunies pour le développement de la sélection génomique en lapin, avec le séquençage du lapin, le développement d'un panel commercial de SNP pour le génotypage, la disponibilité de méthodes statistiques développées pour d'autres espèces et de stratégies (notamment en porc) qui pourraient être adaptées au lapin. La sélection génomique est basée sur la prédiction de Valeurs Génomiques (GEBV) obtenues pour chaque individu en sommant tous les effets des SNP sur l'ensemble de son génome. Les effets des marqueurs sont estimés par régression des phénotypes sur les génotypes sur une population de référence (pour qui on dispose à la fois de l'information des phénotypes et des génotypes). L'estimation de ces effets permet ensuite de prédire les Valeurs Génomiques d'animaux avec génotypes mais sans phénotypes.

La sélection génomique permet d'accroître le progrès génétique en réduisant l'intervalle de génération et en améliorant la précision de prédiction. En lapin comme en porc, il semblerait que les avantages ne viennent que de l'amélioration de la précision. Cet avantage est contrebalancé par les limites propres au système d'élevage de lapin : 1) coût élevé du génotypage comparé à la valeur d'un individu, 2) schémas pyramidaux avec une sélection en race pure pour des performances finales exprimés par des animaux croisés, 3) peu de temps disponible pour l'évaluation génétique, 4) la mise en place des aspects logistiques (stockage d'ADN, puissance de calcul des machines, manipulation des données, formation des personnes). Cependant, il pourrait être possible de combiner des approches de sélection génomique et de phénotypage fin dans les noyaux de sélection pour des phénotypes importants et difficiles à mesurer (comme la résistance aux maladies).

2. Etudes de gènes

Wang L et al. ont utilisé une approche gène candidat pour étudier l'association de polymorphisme des gènes *PIK3CA* et *AKT3* sur la croissance des lapins. Ils ont séquencés ces gènes pour identifier leurs mutations et ont comparé les fréquences de ces mutations dans différentes populations. Certaines mutations ont un effet sur la croissance (qui pouvait être meilleure, mais aussi conduire à une croissance pathologique de certains tissus). Les effets de ces gènes sur les protéines et leurs liens avec d'autres gènes n'ont pas été étudiés.

Wang J et al. ont également utilisé une approche gène candidat pour étudier les polymorphismes du gène de la calpastatine dans 3 race de lapins. Certaines variations de ces gènes semblent être associées avec un taux de gras intramusculaire plus élevé.

Ondruska et al. ont étudié le polymorphisme du promoteur du gène de la protéine-C-réactive, protéine qui a un rôle dans l'immunité innée, sur des lignées à haute et basse variabilité du nombre de nés vivants. Il y aurait une relation entre hétérozygotie de ce gène et viabilité des jeunes au sevrage.

Chen et al. ont séquencé le gène codant pour la protéine NRAMP1 chez le lapin Fujian Jaune. Cette protéine est connue pour avoir un rôle dans la sensibilité aux maladies infectieuses dans d'autres espèces. Ce gène pourrait servir de gène candidat pour l'étude de la résistance aux maladies chez le lapin.

Zhang et al. ont étudié le polymorphisme de plusieurs gènes codants pour les récepteurs de type Toll (TLR) intervenant dans l'immunité innée.

Sang et al. ont séquencé le gène codant pour l'inhibine beta A chez le lapin de Fujian jaune.

Fu et al. ont étudié l'expression de deux gènes, *GPR41* et *GPR43*, connus pour avoir un effet sur les acides gras à courte chaîne.

Kuang et al. ont étudié l'expression de deux gènes, *FAS* et *COT1*, codant pour des enzymes ayant un rôle dans le dépôt adipeux.

3. Profil du microbiome intestinal

Deng et al. ont décrit des profils de microbiome intestinal en utilisant un séquençage 16s.

3 CARACTERISATION DE RACES

1. Performances zootechniques de différentes races

Chen et al. et Xie et al. ont décrit les performances des races chinoises Minxinnan Noir et Fujian Blanc. Oseni et al. ont décrit les performances de lapins Néo-Zelandais blancs au Nigéria.

2. Caractérisation de populations au niveau moléculaire

Emam et al. (deux communications) ont étudié la phylogénie de 3 races locales égyptiennes (rouge Baladi, Noir Baladi, Gabali Sinai) et des lapins espagnols (domestiques et sauvages) en se basant sur des marqueurs microsatellites et le séquençage d'un gène mitochondrial.

Orheruata et al. ont étudié la distance génétique entre des population de Neo Zelandais, Californien, Rex, Hollandais et une population composite en se basant sur une technique RAPD (*random amplified polymorphic DNA* = amplification aléatoire d'ADN polymorphe). Ils ont montré qu'il existait peu de diversité dans les populations standards, et beaucoup de variabilité dans la population composite qui peut être un bon support pour la sélection.

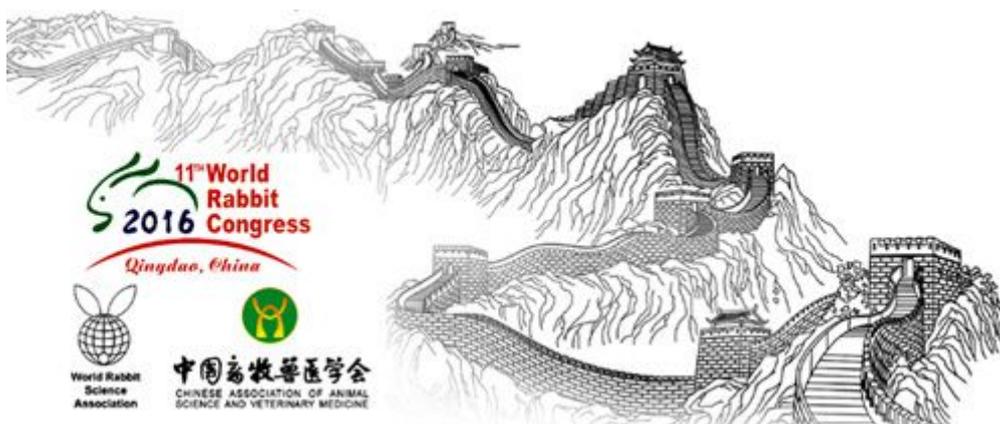
3. Caractérisation d'hybrides issus de 4 races

Ponce de Leon et al. ont étudié 6 300 lapereaux en pré-sevrage, issus des croisements diallèles entre 4 races : le Californien (C), le Chinchilla (Ch), le Néo-Zelandais blanc (Nz) et le Semi-

géant blanc (S). Tous les parents ont été croisés pour produire des hybrides de toutes les combinaisons. Les caractères observés étaient les nés totaux, nés vivants, viabilité à la naissance, nombre de sevrés, proportion de portées sevrées, viabilité au sevrage. Les femelles S et Nz étaient les meilleures en viabilité et nombre de sevrés. Les meilleurs croisements étaient SNz, ChS, ChNz, CS, avec S et Nz comme lignées maternelles.

4 - CONCLUSION

Les caractères de longévité et résistance aux maladies sont bien représentés, avec en arrière-plan les problématiques liées à la réduction des intrants médicamenteux en élevage. Les caractères d'efficacité alimentaire et de qualité de carcasse ont occupé une place importante dans les communications de génétique. Il existe en effet de nombreuses façons de mesurer et améliorer l'efficacité alimentaire, avec des résultats variés. De même, il existe de nombreux axes d'amélioration de la carcasse : amélioration du rendement carcasse, du volume de cuisse, du gras intramusculaire, voire du gras total. Les techniques de mesures in vivo (échographie, tomographie, spectroscopie dans le proche infrarouge) sont devenues beaucoup plus accessibles au monde de l'élevage et fournissent de nouveaux phénotypes, très fins, qui ouvrent de nouvelles portes à la sélection. Et, comme annoncé dans la synthèse, l'ère de la génomique s'ouvre pour le lapin, avec le séquençage de son génome et la construction d'une puce SNP. La combinaison des nouveaux outils de génotypage et de phénotypage va entraîner des changements majeurs dans les méthodes de sélection du lapin.



Comportement et bien-être des lapins : Les apports lors du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture

par

Laure BIGNON¹, Chantal DAVOUST² et Luc MAERTENS³

¹ ITAVI, Centre INRA de Tours 37 380 NOUZILLY - France

² INZO - Rue de l'église - CS 90019 - Chierry - 02402 CHÂTEAU THIERRY Cedex - France

³ Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Animal Science Unit, Scheldeweg 68, 9090 MELLE, Belgique

INTRODUCTION

La session comportement et bien-être a rassemblé 22 communications soit 10% des communications (22/216 en incluant la présentation invitée effectuée par Hoy (Allemagne)). La majorité des communications de cette session a été assurée par la Hongrie (5), puis par la Belgique (3) et le Canada (3). L'Espagne, l'Italie, l'Allemagne mais aussi le Brésil et la Chine ont présenté 2 communications et la France une. Contrairement au dernier congrès mondial, on note une montée en puissance des communications issues des pays hors Union Européenne (7/22 en 2016 vs 1/ 21 en 2012) et un recul relatif des communications issues des pays européens (15 en 2016 vs 20 en 2012). Les communications brésiliennes ont été écrites en partenariat avec l'Espagne et l'Italie. La plupart des communications se sont intéressées au développement de logement alternatif en maternité et en engraissement. 5 de ces communications ont été le fruit d'un partenariat entre différents pays européens, 2, dont la synthèse, entre l'Allemagne et la Hongrie, 2 entre la Hongrie et l'Italie et une entre l'Espagne et l'Italie. Ces partenariats ont été rendus possible grâce à un projet ERA-Net européen (Projet RABHO : Rabbit Housing). Quelques-unes se sont centrées sur le transport et la mise à mort (à la ferme ou à l'abattoir).

Outre les publications de la session comportement et bien-être, cette synthèse intègre également les résultats de 3 études des sessions Reproduction, Pathologie et Management (1 article par session en lien direct avec les problématiques de logement abordées dans notre session). En revanche, la publication de Lopez (2016) sur la perception des facteurs de stress pendant le transport n'a pas été détaillée du fait de son faible intérêt.

1. LE LOGEMENT DES LAPINS

1.1. Ambiance des bâtiments

Les 2 communications chinoises se penchent sur le problème de la régulation thermique des bâtiments. La première de Liu et al (2016, p683) s'intéresse à l'utilisation d'un échangeur de chaleur pour permettre le renouvellement de l'air en hiver dans des bâtiments non chauffés situés dans des zones à climat froid en Chine. Les auteurs comparent un bâtiment test avec échangeurs et un bâtiment témoin avec une ventilation dynamique transversale. Sans révéler d'intérêt majeur sur la température interne du bâtiment (Test :11,62°C vs 11,73°C Témoin), le système d'échangeur de chaleur leur permet d'améliorer l'ambiance du bâtiment avec une baisse de la concentration en ammoniac et dioxyde de carbone de 15 et 27% respectivement. La concentration de ces gaz, présentée dans cet article, varie de 3 à 6ppm pour le NH₃ et de 100 à 200 ppm pour le CO₂.

Liu et al. (2016, p687) considèrent le comportement des femelles allaitantes dans différentes températures. Ils montrent que des lapines élevées à une température chaude (27°C), sans système de refroidissement autre que l'ouverture des fenêtres du bâtiment, modifient le temps et la fréquence passés à effectuer différents comportements ainsi que le pattern de leurs comportements (horaires) par rapport à des animaux élevés à la même température en ventilation dynamique utilisant les échangeurs de chaleur avec un système de refroidissement (climatiseur) permettant de limiter la température de quelques dixièmes ou des animaux élevés à des températures faibles en ventilation naturelle (en hiver ; 11°C). Ainsi la période d'alimentation est plus restreinte et concentrée sur la période nocturne, la plus fraîche. Les auteurs concluent sur l'intérêt de disposer d'un système de refroidissement et d'adapter l'heure d'alimentation des lapins à leur comportement.

Ces 2 études chinoises ne sont pas très claires sur les conditions de réalisation de l'essai rendant difficile l'interprétation et la transposition de leurs résultats. Il semble qu'un même bâtiment ait été utilisé à des mois différents (juin, août, septembre) en utilisant ou pas des dispositifs de gestion de l'ambiance. Par ailleurs, il n'y a aucune répétition ce qui rend les conclusions peu fiables. Dans la première étude, les auteurs concluent sur l'intérêt de l'amélioration de l'ambiance pour la santé des lapins sans présenter d'éléments concrets (pas de mesures sur la santé des animaux ni sur les performances zootechniques) pour des concentrations de gaz CO₂ et NH₃ somme toute modestes dans les 2 bâtiments.

L'efficacité de l'utilisation de cellules souterraines est testée pour permettre aux lapins d'éviter les stress thermiques chaud en été dans de petites unités d'élevage sans système de refroidissement (Gonzales-Redondo & Finzi, 2016). Ces cellules y sont déjà utilisées en Afrique du Nord et présentent des intérêts sur le plan technique. La reproduction peut notamment se poursuivre pendant des périodes très chaudes. Le dispositif testé ici montre que ces cellules permettent de limiter la montée en température dans ces cellules à 26,9°C pour une température extérieure de 34-35°C, incompatible avec l'élevage de lapins. L'efficacité des cellules en béton est légèrement supérieure à celles en plastique. Ces dernières sont toutefois suffisantes pour limiter le stress thermique chaud dans la plupart des cas et sont plus économiques. *Ces systèmes semblent intéressants dans le cas de petits élevages mais peu adaptés à des systèmes standards. Par ailleurs, l'absence de présentation d'éléments comparatifs de coûts entre la mise en place d'un cooling et d'un sas de préparation d'air et la création de ces cellules souterraines rend impossible d'envisager ce type de solution dans des élevages rationnels.*

1.2. Enrichissement physique du logement des lapines en reproduction et des lapins en engraissement

1.2.1. Troisième dimension

Dans leur synthèse, Hoy & Matics (2016) rappellent l'intérêt de l'utilisation d'une plateforme. Initialement pensée comme un moyen d'agrandir la cage, elle semble plus importante du point de vue de l'enrichissement sur une troisième dimension. Cet enrichissement permet à la lapine de s'isoler des tentatives d'allaitement de ses petits. Elle est préférée quand elle est constituée de matériaux en plastique. L'ajout d'un tel enrichissement n'a pas d'impact ou un léger impact positif sur les performances zootechniques. En revanche, ils rappellent les problèmes sanitaires que la plateforme peut poser si c'est un sol plein (accumulation de

crottes et d'urine) ou si c'est un sol ajouré (crottes et urine sur les congénères des niveaux inférieurs et sur le matériel).

Sur la phase de croissance, Farkas et al. (2016, p663) comparent 3 types de parc (58 lapins par groupe) : le premier sans plate-forme (16 animaux/ m²), le second avec plate-forme en plastique et le dernier avec une plate-forme en grillage (9,14 lapins /m² en comptant la surface de plate-forme). Chaque parc permet d'héberger 29 lapins. Aucun impact du logement n'est mis en évidence sur les performances (poids vif, consommation d'aliment, indice de consommation, mortalité et morbidité), ni sur les lésions des lapins (3,4% à 5,2% à 7 semaines d'âge ; 0% dans les 3 groupes à l'abattage). Les auteurs concluent sur la nécessité de répéter l'expérience pour s'assurer de la fiabilité de ces résultats. Gerencser et al. (2016, p671) montrent que, dans des parcs sur grillage présentant des plates-formes en grillage ou en plastique, les lapins sont préférentiellement sur le sol dans la région située devant les plates-formes plutôt qu'en dessous. Ceci est en partie contradictoire avec le comportement naturel du lapin qui a tendance à préférer se mettre sous un toit qu'en hauteur. Ceci est également démontré en conditions d'élevage par certains auteurs. Cette différence peut toutefois s'expliquer par la possibilité de recevoir urine et crottes sous ces plates-formes ajourées. En termes de préférence de matériau, les animaux sont plus présents sur les plates-formes en plastique que sur les plates-formes en grillage. Les parcs mis à disposition des animaux présentaient 2 niveaux de plates-formes. Dans cette configuration, les lapins préfèrent la plate-forme la plus en hauteur. Ces comparaisons sont effectuées en comparant la densité animale (animal / m²) dans les différents emplacements de la cage. *Pour ces 2 études, des conclusions sont tirées alors que le nombre de répétitions par système est extrêmement faible (n=2). Ce problème est toutefois récurrent avec les systèmes parcs qui sont plus grands et hébergent plus de lapins et ne permettent donc pas d'en disposer autant que de cages dans les structures expérimentales. Il serait intéressant de répéter ces essais dans le temps et/ou de réaliser une méta-analyse.*

1.2.2. Autres enrichissements physiques

Dans leur synthèse Hoy & Matics (2016) rappellent l'intérêt des repose-pattes pour éviter les pododermatites des femelles (48% de femelles avec maux de pattes vs 0%). Dans une cage équipée de repose-pattes, l'utilisation de plate-forme en plastique peut également avoir un léger intérêt par rapport à une plate-forme en grillage (0% vs 5% de femelles à maux de pattes).

Masthoff et al. (2016) comparent 3 types de sol différents en phase de croissance. Les résultats sont obtenus sur 1077 lapins sur 7 cycles (âge à la vente : 81 à 88 jours et poids final autour de 2,9 kg). Ils montrent que des sols peu perforés (lames de 10 mm, fentes de 10 mm, soit 50% de perforation) sont susceptibles d'entraîner, outre des pattes plus sales, l'apparition de pododermatites chez des lapins après 46 à 53 jours d'engraissement contrairement à des sols standard (lames de 5 mm, fentes de 13 mm, soit 75% de perforation) (5,75% vs 0,4%). L'utilisation de plates-formes très peu perforées (< 15%) par rapport à des plates-formes de niveau de perforation identique au type de sol n'aggrave pas le pourcentage de lapins atteints de pododermatites mais entraîne l'augmentation du pourcentage de pattes sales (sol standard : 85% de pattes propres ; sols alternatifs : 21,1% ; sols alternatifs avec plate-forme peu perforée : 8,5% ; p<0,001). *Cet essai montre clairement l'effet du type et de la qualité du sol mais le taux très élevé de pododermatites est très étonnant. En effet, ces lésions sont habituellement très rares sur des animaux de cet âge. Le poids important des lapins peut*

avoir contribué à exacerber l'impact de la rétention d'humidité par les sols les moins perforés. Ainsi, contrairement aux idées reçues, cet essai montre clairement que les sols pleins sont moins bons pour le bien-être des lapins pendant la phase de croissance que les sols grillagés.

La taille des logements des lapines fait également l'objet d'un point de la synthèse de Hoy & Matics (2016). Lors de tests de préférence, les lapines non gestantes ne passent pas plus de temps que ne le laissent supposer le hasard dans des cages plus grandes. Des lapines ayant mis bas dans une boîte à nid située dans l'une des cages préfèrent systématiquement la cage à l'opposé de leur portée. De même, des tests de choix montrent que les lapines passaient moins de temps dans des espaces sans plafond. En outre, si des logements plus grands permettent une plus grande diversité de mouvement, ils n'entraînent pas d'amélioration des performances des femelles.

Hoy & Matics (2016) rappellent aussi l'intérêt d'enrichissements permettant aux lapins de ronger. Quels qu'ils soient, ces enrichissements permettent d'éviter les stéréotypies. Certains matériaux sont préférés à d'autres.

Dans leur synthèse, Hoy & Matics (2016) évoquent que le copeau est le matériau le plus utilisé en tant que constituant du nid mais qu'une étude montre que les primipares préfèrent la paille. Farkas et al. (2016, p667) investiguent les préférences des femelles en termes de matériaux pour construire leur nid. Ils observent le comportement de 27 femelles de 27 jours de gestation à la mise-bas en leur donnant le choix entre 3 types de matériaux : le foin, la paille et un matériau constitué de fines et longues fibres de bois, le lignocel®. Ils considèrent également les constituants des nids à la mise-bas. A la mise-bas, tous les nids comportent du Lignocel et seulement 11,1% contiennent également de la paille (3,7%) ou du foin (7,4%). Dans une deuxième expérience, ces auteurs montrent, en ne donnant que de la paille et du foin, que 85% des nids sont constitués d'un seul matériau et que la paille est significativement préférée au foin (65% vs 20%, $p < 0,001$). Les mêmes auteurs montrent dans une étude parue dans la session reproduction (p197) que la qualité des nids, évaluée 4-5 jours après la parturition, est significativement impactée par le matériau à disposition : foin > paille > Lignocel® > copeaux de bois. Cet effet n'impacte toutefois pas les performances de reproduction des femelles. De même, la synthèse précise que, quand elles ont le choix, les lapines ne mettent jamais bas dans des nids remplis uniquement de copeaux et n'utilisent ce matériau, associé à un autre, que dans 8,1% des nids. Toutefois, dans l'ensemble de ces études, aucune différence significative n'est mise en évidence sur les performances des femelles selon le matériau du nid. *L'attrait des lapines pour la paille doit toutefois être relativisé par les risques sanitaires que ce matériau comporte. En effet, la paille, selon ses conditions de récolte et de stockage, peut être un vecteur de VHD ou de parasitisme (oxyures, coccidies). De même, le coût du Lignocel® est prohibitif pour un usage en élevage. Cependant, ces études ouvrent des perspectives pour réfléchir à de nouveaux matériaux pour les nids : mélange paille dépoussiérée et de copeaux par exemple.*

1.3. Enrichissement social du logement des lapines en reproduction et des lapins en engraissement

1.3.1. Le logement collectif en maternité

Hoy et Matics (2016) rappellent que le logement des lapines en groupe en permanence est étudié depuis 1992. Une première expérience regroupant 1 mâle et 4 femelles (en Suisse) a donné de bons résultats qui n'ont jamais été reproduits depuis. La plupart des groupes testés comprend 4 ou 8 femelles. En règle générale, les taux de mise-bas obtenus sont plus faibles à équivalents mais le phénomène des mise-bas multiples dans un même nid et l'infanticide qui en résulte entraîne un taux de viabilité au nid extrêmement faible dans ces systèmes. L'étude préliminaire de Gerencser et al. (2016, p675) s'intéresse au comportement de monte dans des groupes constitués d'un mâle et 4 femelles d'âge homogène (17 semaines) ou non (1 femelle d'un an et 3 de 17 semaines). Les auteurs observent que les mâles présentent beaucoup plus de comportements de monte dans les groupes homogènes que dans les groupes hétérogènes avec également plus d'accouplements réussis. Le mâle tente de s'accoupler plus souvent avec certaines femelles, les autres femelles tentant de s'accoupler entre elles. Ces comportements s'expriment essentiellement à 2 moments du cycle, le jour du regroupement et à 20 jours, ce qui correspond à la fin supposée des pseudogestations s'il y a lieu. Par ailleurs, dans les 2 typologies de groupe, seules 2 femelles ont réellement mis bas. Ainsi, les auteurs concluent sur la faible efficacité de la saillie naturelle dans des logements en groupes en nuanciant avec la nécessité de répéter cette expérience. *L'intérêt de cette étude semble limité pour l'élevage rationnel français où 95% des éleveurs pratiquent l'insémination artificielle. Par ailleurs, les objectifs de l'auteur ne sont pas clairs ce qui interroge sur l'opportunité d'engager ce type de travaux. Sans doute était-ce de mieux comprendre ce qui se passe dans ces groupes en vue de répondre aux demandes des associations de protection des animaux et notamment Vier Pfoten.*

Pour éviter le problème des mises-bas multiples dans un même nid, différentes études testent le fait de permettre aux femelles d'accéder, à partir de parties communes, à des parties qui leur sont propres. Le premier système consiste en une reconnaissance individuelle pour l'accès au nid. Cela permet de régler le problème de mises-bas multiples dans un même nid et limite les problèmes d'agressivité. Toutefois, ce dispositif reste coûteux et semble entraîner une baisse du taux de mise-bas. Dans le cadre du projet européen RABHO, ce n'est pas l'accès au nid qui a été régulé mais l'accès à une zone de retrait individuelle à partir d'une zone commune. Cette zone individuelle a la taille d'une cage à plate-forme comprenant le nid. Cette régulation est obtenue grâce à une chatière à puce. Dans ce système, le taux de viabilité au nid est plus faible et ainsi que le poids au sevrage et plus variable (coefficient de variation plus élevé, de 7,7%) que dans un système où les femelles ne sont ensemble que sur une partie de leur cycle. Dans ce système, les lapereaux les plus forts peuvent profiter de l'allaitement de différentes lapines puisqu'ils peuvent changer de zone. Par ailleurs sur les 6 bandes testées, les lapines utilisent plus ou moins l'espace collectif et 1 femelle sur 4 reste tout le cycle dans son espace privatif.

En outre, les femelles logées dans des systèmes en groupe présentent un taux de corticostérone dans leurs crottes plus important que les femelles logées seules. La corticostérone est un indicateur du stress ressenti par ces femelles. Au-delà des problèmes de mises-bas dans des mêmes nids, ces systèmes génèrent aussi plus d'agressivité entre femelles qui donne lieu à des lésions voire à des réformes anticipées. Ainsi la conduite des femelles en

groupe entraîne des coûts plus importants (baisse de performance, problèmes de réforme anticipée...) et davantage de travail de l'éleveur. *Ainsi des études continuent de se focaliser sur le logement collectif des lapines en permanence alors que tout indique que ce n'est pas possible, voire même que ce n'est pas naturel puisqu'une lapine s'isole avant de mettre bas.* Toutefois, les travaux italiens décrits dans la synthèse montrent que le logement en groupe permet l'expression d'une diversité de comportements propre à l'espèce là où le logement en cage individuelle favorise l'expression de stéréotypies.

Pour permettre cette richesse comportementale et éviter les problèmes de performances liés à la mise en groupe, des femelles sont entraînées à reconnaître leur propre nid avant la mise-bas ce qui permet de diviser par 2 les problèmes d'agressivité au moment de la mise-bas sans toutefois les éliminer. *Cette pratique pose la question du temps de travail de l'éleveur : combien de minutes par lapine sont-elles nécessaires pour les imprégner du nid ?*

Actuellement des systèmes de groupe sur des temps limités du cycle sont en test dans différents pays européens (Italie, Belgique, Pays-Bas, Espagne, Allemagne, Suisse). Ces systèmes s'appuient sur la modularité des logements avec des parois amovibles qui peuvent être retirées à certains moments du cycle. Ainsi, selon les études, les femelles restent en cages individuelles de 3 jours avant la mise-bas jusqu'à 7j, 12j, 14j, 18j ou 21j après la mise-bas. Les performances de reproduction permises par ces systèmes sont bonnes. Ces éléments sont bien mis en évidence dans l'étude de Martino et al (2016) présentée dans la session Conduite et économie. Ces auteurs comparent, sur un an, un système de logement en groupe en continu (SC - 4 femelles, n=8), un système de logement en groupe modulable (PC - 4 femelles, logées individuellement de 5 jours avant mise-bas à une semaine après ; n=8) et une cage individuelle (C ; n=16). L'insémination a lieu après le sevrage. Les logements en groupe altèrent les performances de reproduction des femelles (Fertilité : C : 72,6 > PC : 60,3 > SC : 46,1 ; nés vivants : C : 6,5 = PC : 6,5 > SC : 5,6) mais le poids total de lapins vendus par femelle et par an dans les logements en groupe modulable, bien que plus faible, n'est pas significativement différent du niveau atteint en cage individuelle (C : 71,2 = PC : 59,1 > SC : 40,5 Kg/ femelle /an). *Cette étude est intéressante. Nous pouvons néanmoins regretter l'utilisation d'un rythme extrêmement extensif qui n'est pas représentatif de la production française (insémination après le sevrage) et la faible productivité (sevrés par femelle : autour de 5,5 dans cette étude vs 8-9 en France ; productivité : 40 à 71 kg / femelle / par an vs environ 130 kg / femelle / an en France).* Maertens et Buijs (2016) montrent de très bonnes performances de reproduction tant en parcs qu'en cages individuelles (fertilité comprise entre 83,3% et 90,3% ; lapins au sevrage entre 9,9 et 10,23). Les résultats des essais de cette équipe ont déjà été présentés lors des JRC en 2013 et 2015. Les parcs présentent une viabilité légèrement inférieure et un poids de lapins au sevrage légèrement plus faible qu'en cages individuelles mais ces différences sont en partie imputables à des défauts de conception des parcs (boîtes à nid, hauteur des pipettes). Machado et al (2016 ; p695) montrent quant à eux que des primipares, en alimentation *ad libitum*, élevées en logement collectif au moment de leur insémination jusqu'à 4 jours avant la mise-bas sont plus légères à la première insémination (3810g vs 4005g) et présentent une taille de portée plus faible à la mise-bas que des primipares élevées en cages individuelles (8,8 vs 10,94 nés vivants). Ces mêmes auteurs dans une autre étude (p699) démontrent également que les petits (équilibrés à 9 par portée à la mise-bas) issus de femelles logées collectivement à partir de 18j post-mise-bas sont plus lourds à 56j que ceux issus de femelles logées individuellement. Le poids des lapereaux n'est pas différent à 18j. Ceci semble s'expliquer par un gain moyen quotidien plus important sur la

période 18j-sevrage. Ces animaux consomment également plus que ceux élevés en cages individuelles et présentent donc un indice de consommation plus élevé. *Les résultats concernant les femelles peuvent éventuellement s'expliquer par une compétition à la mangeoire le cas des logements en groupe. Les résultats sur les lapereaux plus lourds lorsqu'ils sont mis en groupe à 18j est surprenant étant donné que nous sommes à taille de portée équivalente.*

Ces systèmes ont également l'avantage de permettre la conduite en tout-plein tout-vide. La diversité des comportements sociaux peut s'y exprimer. Toutefois, cette diversité s'exprime davantage au moment de la mise en groupe et s'atténue ensuite jusqu'à atteindre les niveaux observés en cage individuelle. Maertens et Buijs (2016, p707) montrent en effet que la locomotion et les contacts sociaux de types reniflement / toilette sont plus importants en groupe juste après le regroupement mais que cette différence s'atténue beaucoup 4j et 12j après. Des comportements agressifs sont systématiquement observés au moment où les femelles se trouvent de nouveau en contact les unes avec les autres. Par exemple, Marchando et al (2016) montrent que 66% de leurs jeunes lapines sont blessées lorsqu'elles sont logées collectivement. Martino et al (2016) confirment également que les femelles logées collectivement en permanence présentent significativement plus de lésions graves (7,9%) que les femelles logées collectivement sur une partie de leur cycle (5,6%) qui elles-mêmes présentent plus de lésions que les femelles logées individuellement (1,5%). Maertens et Buijs (2016, p707) montrent que, bien que la fréquence de ces comportements diminue beaucoup, rapidement après le regroupement, 58% des femelles logées en groupe à partir de 18j post-mise-bas présentent des lésions légères et 20% des lésions plus sévères.

Pour essayer d'amoinrir ce problème, des études portent sur l'enrichissement des logements avec des « cachettes », ou lieu de retrait, mais cela n'a permis qu'une légère diminution de l'agressivité entre femelles. D'autres travaux s'appuient sur le respect des comportements sociaux naturels. Hoy et Matics (2016) rappellent que des études montrent que la structure de la hiérarchie est plus stable pour des groupes d'âge hétérogène (1 femelle de 1 an et 3 de 17 semaines) par rapport à des groupes d'âge homogène et donc l'agressivité est moindre avec différents âges. Ces résultats sont par ailleurs confirmés par l'étude de Szendrö et al (2016) qui montrent également que plus les femelles sont élevées dans la hiérarchie et plus elles attaquent fréquemment leurs congénères. Ces auteurs indiquent aussi que les 4 femelles du groupe homogène en âge sont mortes dans les 4 mois suivant la mise en groupe alors que seule une femelle est morte dans les 3 mois dans le groupe hétérogène. *Cet essai n'a été réalisé que sur 2 groupes de 4 femelles, l'un homogène et l'autre hétérogène, les résultats sont donc à prendre avec d'infinies précautions...*

Par ailleurs, l'agressivité est moins importante si les femelles sont familières et si elles restent dans leurs environnements, déjà marqués. Le maintien de groupe stable permet non seulement de limiter les problèmes d'agressivité mais également le stress des femelles. Ce constat semble confirmé par Trocino et al (2016) qui démontrent les comportements agressifs des femelles (morsures et attaques principalement) après la première mise en groupe (8j avant MB) qui sont nombreuses, essentiellement durant les 2 premières heures. Lors du deuxième regroupement de ces mêmes femelles après 20j de séparation (18j post-MB), le nombre de comportements agressifs est moins élevé et concentré sur la première demi-heure. Après quelques jours de vie collective après le deuxième regroupement (21 et 30j post-MB) presque aucun comportement agressif n'est observé. Toutefois, la conservation de groupe

stable n'est pas toujours facile à obtenir dans des conditions de production. Pour faciliter l'introduction, après la phase d'isolement, de femelles non familières à un groupe déjà constitué, l'utilisation de produits masquant les odeurs corporelles (alcool ou vinaigre) est testée par les suisses mais n'a qu'un effet limité.

A ce jour, il est impossible de démontrer clairement un avantage du système de logement collectif sur une partie du cycle de reproduction pour le bien-être des lapines du fait des problèmes importants d'agressivité entre femelles non résolus. Par exemple, Maertens et Buijs n'ont pas constaté une diminution du comportement d'agressivité après quelques bandes dans un système où les femelles (non familières) sont toujours regroupées 18j après la mise-bas. Des travaux sont donc encore nécessaires pour trouver des solutions. Il pourrait être envisagé de poursuivre les travaux entrepris par les Suisses en 2014 sur les produits masquant les odeurs en utilisant d'autres parfums ou des phéromones. Les travaux de Trocino et al (2016), bien qu'intéressants, peuvent être biaisés par l'effet du jour du regroupement. En effet, les femelles recherchent davantage la solitude 8 jours avant la mise-bas que 18j après, ce qui peut être un facteur de confusion avec la stabilité du groupe qui est, par ailleurs, difficilement envisageable en conditions de production. L'un des intérêts majeurs du système modulable est de permettre, en attendant de trouver une solution réaliste pour les femelles, d'obtenir un logement collectif pour les lapins en engraissement tout en conservant l'intérêt sanitaire du tout-plein tout-vide. Ces systèmes modulables semblent donc prometteurs et pourront peut-être permettre un jour le logement en groupe des femelles. En revanche, l'ensemble des études ont été réalisées en stations expérimentales et les résultats mériteraient d'être validés en conditions terrain pour prendre en compte des aspects qui ne sont jamais étudiés dans ces systèmes, à savoir le coût du logement par femelle et les conditions de travail de l'éleveur (temps de travail, ergonomie, nettoyabilité...).

1.3.2. Le logement collectif en engraissement

Hoy & Matics (2016) présentent des premiers résultats obtenus dans un système de logement collectif en engraissement dans un système modulable tel que présenté pour les femelles pour lequel les cloisons ne sont ôtées qu'au moment du sevrage pour mixer 4 ou 8 portées. Ils notent que le gain de poids quotidien des grands groupes (38,4g) est significativement plus important que pour les plus petits groupes (37,2g). En revanche, ils recensent également davantage de lésions sur les organes sexuels (9,7% vs 2,6% ; $p < 0,05$). *Attention toutefois car ces résultats représentent une conclusion très préliminaire étant donné que la différence de gain de poids est très faible et que le poids au sevrage avant toute mise en groupe était déjà plus important pour les lapins placés dans les grands groupes. Ceci a pu conduire à une plus forte ingestion de ces lapins et donc à un gain de poids plus important. Le traitement statistique de cet essai n'est pas explicité dans la synthèse et on ne sait pas si le poids au sevrage a été utilisé en covariable. Par ailleurs, la plupart des essais montrent des résultats opposés avec un GMQ plus important dans les petits groupes que dans les grands.*

Maertens & Buijs (2016, p703) présentent les résultats de lapins élevés en cages individuelles (7 lapins) ou en parcs de sol grillage avec repose-patte ou de sol plastique avec des plates-formes (32 lapins). Le type de sol des parcs n'entraîne pas de différence de performances des lapins. En revanche, l'étude de Masthoff et al (2016) décrite dans la partie 1.2.2 montre que les pattes des lapins de 81 à 88j d'âge (âge de la vente) sont plus sales et plus souvent atteintes de pododermatites quand la perforation des sols des parcs est moins importante (50%

vs 75%). Maertens et Buijs (2016, p703) ne mettent en évidence aucun effet significatif du type de logement sur la viabilité. En revanche, dans de bonnes conditions sanitaires, une légère réduction du gain de poids moyen quotidien est observée dans les 2 parcs en comparaison à la cage aménagée (3-4%). Ces résultats sont également observés dans l'étude de Mastoff et al (2016) qui mettent en évidence une différence de 80 g sur le poids vif final des lapins. En conditions sanitaires dégradées, aucun effet du logement n'est démontré sur les performances (Maertens et Buijs, 2016 p703). Différents types d'enrichissement (bloc de paille comprimée, tubes PVC ou rien) sont également testés dans cette étude sans mettre en évidence d'effet significatif sur les performances des lapins.

Dans la session pathologie et hygiène, Rommers et de Greef (2016) présentent une étude intéressante sur l'impact du mélange de portées de différents statuts sanitaires dans les parcs. Ils utilisent un dispositif de 42 parcs pouvant héberger de 32 à 47 lapins et mélangent uniquement des animaux issus de portées saines (éliminés sur la portée ≤ 2 , mortalité $\leq 15\%$) dans la moitié des parcs et, dans l'autre moitié des parcs, 4 à 5 petits sains issus de portées à problèmes (éliminés sur la portée ≥ 4 , mortalité ≥ 40) sont intégrés. Les résultats montrent que l'introduction de petits issus de portées à problème n'impacte pas les résultats de l'ensemble du parc dans cet essai. La mortalité élevée observée masque peut-être, selon les auteurs, un effet sur ce critère. En revanche, les lapereaux issus des portées à problèmes eux-mêmes sont moins viables.

Nous déplorons que l'ensemble des études sur le logement collectif en engraissement ne mentionne pas d'informations sur le pourcentage de saisies, le rendement et l'homogénéité des carcasses des lapins.

2. TRANSPORT ET MISE A MORT

2.1. Transport

Bertotto et al. (2016) s'intéressent aux indicateurs de stress pendant le transport d'animaux pendant une heure de l'élevage à l'abattoir. Ils comparent les niveaux de 4 indicateurs mesurés dans différentes matrices pour évaluer l'effet d'une heure de transport de l'élevage à l'abattoir. Les 4 indicateurs sont choisis pour leur pertinence dans la mesure du stress : le cortisol et la corticostérone mesurés soit dans le plasma soit dans les poils, le malondialdéhyde (MDA) mesuré dans le muscle et la HSP70 mesurée dans le muscle ou dans le foie. Les seuls indicateurs impactés par le transport sont la HSP70 mesurée dans le foie et le taux de cortisol plasmatique. Les conditions de transport testées ne permettent pas de mettre en évidence de très grandes différences avant ou après le transport contrairement à des études précédentes réalisées dans des conditions de stress thermique chaud. Utiliser les poils comme matrice à la mesure de corticostérone ou de cortisol est plus indiqué pour mettre en évidence des stress chroniques liés à l'élevage que des stress aigus comme le transport. Les auteurs concluent sur l'intérêt de mesurer l'expression de la HSP70 dans le foie pour mesurer le stress aigu et sur la nécessité de poursuivre les travaux sur ce thème.

2.2. Mise à mort

Walsh et al (2016) s'intéressent aux méthodes de mise à mort des différentes catégories de lapins à la ferme au travers de 2 articles. L'un (p735) présente une enquête réalisée en Ontario sur les méthodes de mise à mort des lapins et le degré de satisfaction des usagers par rapport à ces méthodes. La première méthode employée est le coup sur la tête (54%) puis l'élongation

cervicale (23%). Cette dernière méthode n'est pas recommandée par l'AVMA (Association de médecine vétérinaire américaine) pour des lapins de plus de 1 kg du fait de la forte proportion de muscle. Plus de 50% des éleveurs enquêtés admettent ne pas aimer mettre leurs animaux à mort. La deuxième partie de ce questionnaire interroge les professionnels sur 2 nouvelles techniques possibles : le pistolet à tige non perforante et le monoxyde de carbone. Le monoxyde de carbone soulève des questions de sécurité mais semble tout de même la méthode préférée (35%). Cette méthode est utilisée en vison et pourrait être utilisée comme méthode de dépopulation. Les préoccupations concernant le pistolet à tige non pénétrante sont d'ordre financier et d'efficacité. Les éleveurs canadiens souhaitent en effet disposer de matériel de mise à mort des lapins à moins de 100\$ ce qui est inférieur au coût de ce dispositif. Pour répondre au problème de l'efficacité, dans une autre étude, Walsh et al (2016 p731) comparent l'efficacité du coup sur la tête et de l'utilisation de pistolet à tige non perforante. Ils démontrent que l'utilisation de pistolet à tige non perforante est une méthode fiable à 100% pour causer la perte de sensibilité immédiate conduisant à la mort des lapins contrairement au coup sur la tête qui présente un risque d'échec de 22%, voire 43% si l'on ne considère que les adultes. Les dissections opérées confirment aussi que les lésions provoquées au cerveau sont plus importantes pour ce dispositif que pour le coup sur la tête.

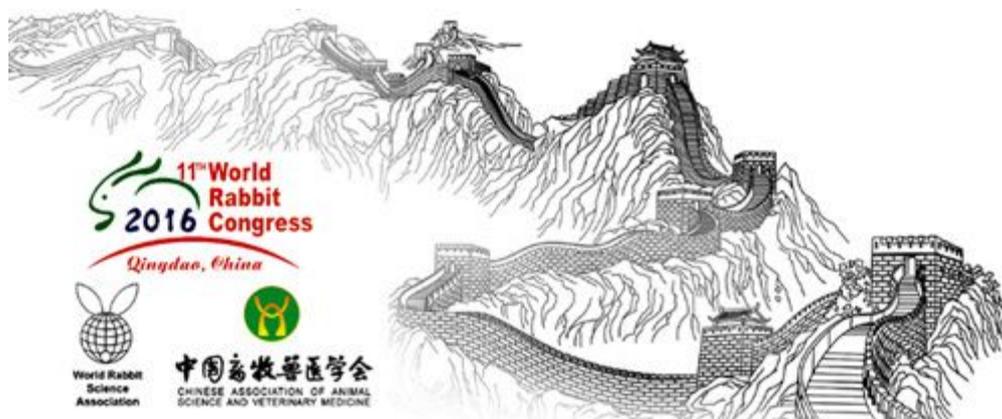
Bignon et al. (2016) mettent en évidence les indicateurs pertinents pour évaluer l'inconscience des animaux sur la chaîne d'abattage sur 16 lots d'animaux évalués en conditions de production. Ces auteurs concluent sur la pertinence des tests de réveil après l'électronarcose que ce soit en utilisant le temps de retour du réflexe cornéen ou de la reprise de la posture. Après l'électronarcose, l'observation des animaux présentant les yeux ouverts, bien que moins précise, peut permettre d'évaluer un plus grand nombre d'animaux. Après la saignée, des tests de réflexe cornéen et l'observation des clignements peuvent être effectués sur chaîne sur un échantillon de 1 à 3% des lapins. Ces indicateurs sont utilisés dans une étude et permettent d'établir que l'inconscience des lapins tout au long du processus d'abattage est optimisée si la saignée intervient dans les 30 secondes suivant l'électronarcose et qu'un temps d'application du courant d'1 seconde est appliqué quels que soient les paramètres électriques testés.

CONCLUSIONS

La thématique de la **mise à mort à la ferme** a été abordée au travers d'études canadiennes et nous savons toute l'importance que revêtira cette thématique en France dans les prochains mois puisqu'elle est inscrite dans la stratégie bien-être de la DGAl pour la période 2016-2020. En parallèle aux travaux effectués vers des systèmes de logement alternatif, il est nécessaire de garder en tête que l'histoire (spécification technique ISO paru sur le bien-être en 2016, stratégie de la Commission Européenne 2012-2015, stratégie française 2016-2020) tend de plus en plus vers la responsabilisation des acteurs et l'utilisation d'indicateurs sur l'animal en vue d'évaluer leur bien-être. Turner et al (2016), auteurs canadiens, ont proposé un article pour promouvoir un code de bonnes pratiques établi au sein du National Farm Animal Care Council, représentant une diversité de parties prenantes dont des scientifiques. Le contenu de ce code semble relativement prescriptif en termes de moyens, y compris sur le logement, mais sera le fruit d'un consensus entre les différentes parties prenantes en s'appuyant sur les

travaux de recherche existant. Ce code est en cours de développement et devrait voir le jour en 2017.

Par ailleurs, le congrès mondial de cuniculture de 2016 a mis en évidence un intérêt croissant pour des travaux scientifiques sur **le logement en groupe des femelles** en Europe mais aussi hors Europe. Ces travaux sont le reflet de demandes sociétales qui engagent les filières cynicoles des différents pays, essentiellement européens, à revoir leur système d'élevage vers un système plus respectueux du bien-être de l'animal et plus proche de la vie sauvage du lapin. Nous avons pu constater au travers les résultats présentés qu'une solution économique et pratique était encore loin d'être trouvée malgré les perspectives plus positives d'un logement en groupe sur une partie du cycle. Nous pouvons regretter l'absence de la France dans ces réflexions avec notamment l'abandon du projet européen RABHO du fait de la fermeture de la station de recherche cynicole de Rambouillet. Toutefois, le projet qui démarre cette année sur les évolutions des systèmes d'élevage cynicole qui inclut une réflexion sur un système innovant et la modélisation des performances des lapins et des conséquences économiques pour les éleveurs des systèmes alternatifs testés dans le monde donne un nouvel élan aux travaux sur le logement des lapins en France. Enfin, certains essais présentés ouvrent des portes sur des pistes à explorer concernant les moyens de limiter l'agressivité lors du regroupement de femelles non familières (produits masquant les odeurs) ou encore sur les matériaux de nid qui pourraient être utilisés. Ainsi, des leviers de progrès en matière de bien-être animal sont encore à explorer en tenant compte de l'équilibre sociétal, environnemental et économique.



Utilisation des matières premières et alimentation Les apports lors du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture

par

François LEBAS* et François MENINI**

* Association Cuniculture, 87A Chemin de Lasserre, 31450 Corronsac, France

**MiXscience, Centre d'affaires Odyssée, ZAC Cicé Blossac, 35172 Bruz, France

Trente et une communications (1 rapport de synthèse franco-belge et 30 communications courtes) ont été présentées dans la section « Aliment et Alimentation », dont 8 françaises. Mais plusieurs communications concernant directement les possibilités d'utilisation de matières premières ou les techniques d'alimentation, ont été présentées dans d'autres sections en raison des effets principaux étudiés. Elles ont également été intégrées à notre analyse pour leur partie concernant la relation aliment-performances.

Par ailleurs pour l'étude des matières premières utilisées pour la constitution des aliments expérimentaux, toutes les communications du congrès ont été potentiellement prises en considération. Enfin, l'ensemble des communications a aussi été pris en considération pour l'analyse du mode d'alimentation employé lors des expériences: aliment unique *ad libitum* ou rationné, et aliments séparés.

I - LE RAPPORT DE SYNTHÈSE

Le rapport de synthèse franco-belge présenté par L. Maertens et T. Gidenne a été axé principalement sur les moyens d'améliorer d'efficacité alimentaire en élevage cunicole tout en préservant la santé des animaux et en réduisant les rejets dans l'environnement. Plutôt que de paraphraser ce travail de synthèse, il nous a semblé préférable de mettre ici simplement la traduction française de leur résumé pour en donner les traits essentiels.

L'alimentation représente la plus grande part des coûts de production en élevage. Par conséquent, l'efficacité alimentaire, exprimée généralement par l'indice de consommation (IC) est un indicateur clé pour évaluer les performances et la rentabilité d'un système d'élevage. Dans l'élevage intensif des lapins, l'IC d'élevage (maternité + engraissement) a diminué de 3,8 à 3,4 dans les élevages européens au cours des 15 dernières années. En conséquence, les rejets d'azote et de phosphore ont été réduits d'environ 10%. Cette amélioration provient d'un progrès conjoint en matière de contrôle sanitaire, de facteurs nutritionnels, de stratégies d'élevage et de progrès génétiques. Afin d'optimiser les IC d'élevage, il faut considérer à la fois les reproducteurs (maternités) comme les unités d'engraissement. Cette revue résume l'impact des différentes stratégies visant à optimiser l'IC dans des conditions de production intensive, dans lesquelles les lapins sont alimentés exclusivement par un aliment granulé [et de l'eau]. L'usage de reproducteurs performants se traduit par une diminution de l'IC dans la maternité. L'utilisation appropriée après le sevrage de régimes alimentaires avec des niveaux de nutriments adaptés pour optimiser la santé digestive, associée avec une restriction alimentaire, conduit à des pertes minimales et a un impact important sur l'IC. Si les différentes exigences en matière de fibres sont satisfaites, une augmentation du niveau d'énergie alimentaire, en particulier à l'étape de finition, réduit l'IC d'environ 0,15 point pour une augmentation de 0,5 MJ d'énergie digestible. Pour l'avenir, il semble possible d'améliorer encore l'efficacité alimentaire et donc de réduire à la

fois les intrants et les rejets dans l'environnement pour atteindre en élevage cunicole un indice de consommation d'élevage de 3,0 semblable à celui enregistré dans l'élevage porcin.

Nous pouvons ajouter à la conclusion des auteurs qu'avec un indice de consommation proche de celui des porcins, un IC de 3,0 est déjà atteint par les élevages français les plus performants, l'élevage des lapins fait beaucoup moins appel à des matières premières directement utilisables par l'homme que celui des porc (voir plus loin dans notre rapport la composition moyenne des aliments expérimentaux présentés lors du Congrès).

II - UTILISATION DES MATIÈRES PREMIÈRES

1/ Études de matières premières ± nouvelles

a/ Matières premières tropicales et exotiques

Lors de ce congrès peu de communications ont porté sur la valorisation de nouvelles matières premières tropicales ou exotiques.

Nous avons cependant retenu un travail du Nigeria sur l'utilisation du *tourteau de karité*, la partie de la graine restant après l'extraction du beurre de karité. Ce produit pauvre en protéines pour un tourteaux (10-15% /MS), limité à 2,5% en volaille, peut être incorporé jusqu'à 8% dans l'alimentation des lapins en engraissement en tant que source d'énergie, sans altérer les performances de croissance (testé à 0-2-4-6-8%),.

D'autres travaux, également du Nigeria ont confirmé les possibilités d'utilisation des feuilles de *Moringa oleifera* comme fourrage pour les lapins. L'incorporation est possible jusqu'à 40% d'un aliment concentré (testé avec 0-20-40%) sans altération de la croissance, ou de la qualité des carcasses. Toutefois cette information était déjà largement disponible grâce à plus de 25 publications internationales. Dans la même veine, une autre équipe nigériane a confirmé la possibilité d'emploi de 4 autres fourrages tropicaux chez le lapin en croissance, *Gliricidia sepium*, *Leucanea leucocephala*, *Tridax procumbens* et *Aspilia africana*, les deux derniers donnant les meilleures performances.

Un travail chinois a confirmé que l'acacia jaune à petites feuilles (*Caragana microphylla*), un arbuste de la famille des légumineuses (Fabaceae) poussant dans le nord de la Chine en climat tempéré froid, est une source fourragère potentielle intéressante pour l'alimentation des lapins en engraissement. Dans l'étude présentée au Congrès, elle a été testée au taux de 30% chez des lapins rex en croissance. Des résultats favorables sur l'utilisation de cette source de fourrage chez le lapin de chair avaient déjà fait l'objet de 2 communications en 2004 par la même équipe lors du congrès mondial qui s'était tenu au Mexique.

Enfin un travail égyptien a montré qu'à condition d'accroître sensiblement la proportion de tourteaux dans la ration des lapins en engraissement, la *bagasse* (reste de canne à sucre après extraction du jus de canne) peut sans altération significative des performances remplacer au moins la moitié du trèfle d'Alexandrie classiquement employé dans les rations égyptiennes comme source principale de fibres: testé avec 0 - 9,5 et 19% de bagasse dans l'aliment. L'IC n'est pas altéré pour une incorporation à 9,5% couplé à un apport d'un complexe d'enzymes. Les auteurs ont cherché à démontrer que l'utilisation de la bagasse pouvait être économique dans leur pays. Malheureusement dans leur calcul du prix de revient de l'aliment, ils ont compté la valeur de la bagasse comme nulle ce qui est absolument anormal. Dans les pays ayant une industrie sucrière ou de distillerie à base de canne à sucre, la bagasse industrielle est totalement réutilisée sur place dans l'usine comme source d'énergie pour fournir de la vapeur. Son prix d'intérêt est donc lié à celui du pétrole, c'est à dire très nettement différent de zéro. En fait, sa disponibilité pour l'alimentation animale est quasi nulle. De ce fait les conclusions

des auteurs sur les possibilités économiques d'utilisation de la bagasse dans leur propre pays sont erronées.

b) Les matières premières disponibles en France ou en Europe

Parmi les travaux étudiant des matières premières déjà connues et souvent utilisées en Europe on peut citer les 3 communications chinoises sur la **pulpe de citrus** (0 - 5 - 10 - 15 - 20%). Un travail tchèque sur l'utilisation de la **graine de lupin blanc** a redémontré que la graine de lupin blanc peut remplacer le tourteau de soja (taux étudié 10,5%). Un travail algérien a confirmé que la **drèche de brasserie** est une source alimentaire intéressante pour les lapins (taux testé : 30%). Parallèlement un autre travail algérien a montré que les grignons d'olive séchés au soleil peuvent être utilisés comme une bonne source de fibre associée à une apport très modéré en protéines: taux 6,4% de la MS pour les protéines brutes avec une digestibilité de 44% seulement. Les caractéristiques de l'olive, la météo, le procédé d'obtention du produit et le degré d'extraction d'huiles peuvent avoir une incidence sur l'apport nutritionnel (notamment en fibres et MG).

Un travail égyptien a confirmé que la **pulpe de tomate** restant après production des jus de tomate ou de ketchup, peut, après irradiation, être utilisée au taux de 20%. Mais l'intérêt de l'irradiation n'apparaît pas évident au vu des performances des lapins, en particulier en raison d'une mortalité élevée. Enfin, un autre travail égyptien a montré que les **déchets de triage des graines de pois chiche** (15 à 20% du poids des graines brutes avant triage), ayant une composition assez proche de celle la graine entière, peuvent être utilisés avec succès dans la ration des lapins (testé avec 0 - 5 - 10 - 15 et 20%). Toutefois il nous paraît important de souligner que l'utilisation de déchets de triage en général, et ceux correspondant aux pois chiches ne font pas exception, fait courir un risque important d'incorporation dans la ration des lapins de produits de qualité incertaine et surtout ayant un risque fongique élevé.

Dans un deuxième groupe nous avons réuni des matières premières moins classiques qui peuvent avoir un intérêt pour les lapins. Un travail italien a porté sur l'utilisation de la **pulpe de myrtille** (résidu du fruit après extraction du jus). La communication a porté sur l'effet (favorable) sur la composition des lipides du muscle *biceps femoris* mais sans fournir d'indication précise sur les performances de croissance. Au vu des poids d'abattage celles-ci ne sembleraient pas modifiées pour des taux d'incorporation de 0 - 5- 10 et 15% de la ration. Une étude algérienne sur la digestibilité de **l'ensilage de maïs séché** a montré que ce produit s'il était disponible aurait un bon potentiel comme source d'énergie pour l'alimentation du lapin (11,1MJ/kg MS) associée à des taux de fibres assez modeste (30% de NDF et 4% de lignine/MS) et un très faible apport de protéines digestibles (4,4% /MS). Deux autres travaux algériens ont aussi fourni la valeur nutritive des **glands de chêne** ou des **rameaux de frêne**. Ces deux types d'aliment étaient connus et utilisés pour les lapins au milieu du siècle dernier en France (pendant la seconde guerre mondiale en particulier), mais leur valeur nutritive précise n'était pas connue.

Enfin une mention très particulière doit être faite à un travail tchèque sur l'utilisation de la **racine séchée de chicorée** chez les lapins rationnés. Ce produit pauvre en protéines (6,8%) mais riche en fibres digestibles et contenant de l'inuline est considéré comme un stabilisant du fonctionnement digestif. Après broyage, des racines de chicorée ont été distribuées en supplément à des lapins rationnés en engraissement. L'intensité de rationnement était de moins en moins forte pendant la durée de l'engraissement : 70%, 80% puis 90% de l'*ad libitum* pour les périodes 36-57j - 57-64j et 64-71j, puis à volonté jusqu'à l'abattage à 78 jours, les racines de chicorée étant distribuées en plus à volonté. Sur l'ensemble de la période sevrage (36j) abattage (78j) le lot à volonté a consommé 153 g d'aliment/jour, le lot rationné 117 g/j (76,5% de l'*ad libitum* en moyenne) + 24g/j de racines de chicorée. Les poids à

l'abattage ont été similaires pour les deux lots (2995-2951 g) mais l'index de risque sanitaire nettement favorable au lot rationné + racines de chicorée : 14.1% vs 26,7% pour le témoin à volonté. En outre le rendement à l'abattage a été proche de celui du lot témoin (56.8% vs 57,4%) alors qu'il était classiquement réduit pour le lot de lapins rationnés sans additif (56.2%) servant de témoin négatif.

Pour une utilisation pratique, plus de détails sur certaines matières premières seraient nécessaires (type de pulpe de citrus, type et process de production des drèches de brasserie ou des racines de chicorée,...). Il convient aussi de souligner l'originalité du travail tchèque avec les racines de chicorée : aliment complet rationné + matière première fibreuse, qui mériterait d'être repris à plus grande échelle et avec d'autres matières premières au vu des bonnes performances techniques et sanitaires.

c/ Nature des matières grasses ajoutées

Un essai espagnol (Trouw Nutrition) conduit sur 660 lapins en engraissement (34-63j) a comparé trois sources de matières grasses - huile de soja, lécithine+huile de soja et saindoux - ajoutés à la ration à raison de 1,5 ou 4%, étudiées. Ceci a conduit à des aliments contenant en moyenne 3,5 ou 5,7% de lipides (2460 ou 2660 kcal d'énergie digestible par kg pour 14,4% de protéines digestibles). L'addition de 4% de matières grasses a significativement réduit l'ingestion (-5,5%; $P < 0.001$) et un peu la croissance (-3.3% ; $P = 0.063$). Le type de lipide ajouté n'a pas eu d'effet significatif sur la vitesse de croissance. Toutefois il y a eu un effet favorable non significatif en faveur du saindoux (45,1 vs 43.6 et 44,0 g/j) correspondant à une consommation d'aliment significativement plus élevée (110 vs 104 et 105 g/j, $P = 0.036$). Enfin, dans cet essai le saindoux a eu un effet favorable sur la viabilité des lapins par rapport à l'huile de soja (3,97% vs 10,0%) contrairement à ce qui a été vu dans d'autres essais. Le mélange lécithine+huile a donné des résultats erratiques pour la mortalité. Il est regrettable que la qualité des granulés n'ait même pas été évoquée dans cet essai alors que les effets du saindoux et de l'huile de soja ne sont pas identiques en particulier dans le cas d'une addition de 4%, ce qui ne manque pas d'influencer la consommation des granulés plus ou moins friable en fonction des lots.

Enfin et surtout les conclusions de cet essai ne sont applicables que dans les pays, dont l'Espagne, pouvant utiliser les graisses animales dans l'alimentation de leurs animaux, car en France tout produit d'origine animale est systématiquement exclu de l'alimentation animale.

2/ Estimation de la valeur nutritive des matières premières

A côté des études *in vivo* sur les possibilités d'utilisation des différentes matières premières, un travail de compilation de la valeur alimentaire publiée dans la littérature internationale pour différentes matières premières (plus de 160 essais et 4 bases de données) a été effectué par F. Lebas. Il en a déduit un système d'équation permettant une estimation de la teneur en énergie digestible ou de la digestibilité des protéines à partir d'une simple analyse chimique fournissant la composition en protéines, lipides, cellulose brute, NDF, ADF, ADL et en cendres. Bien que n'ayant pas la précision d'une (bonne) détermination de la valeur nutritive *in vivo* (étude de digestibilité), ces systèmes d'équation fournissent une assez bonne estimation de la valeur nutritive de matières premières ou de lots d'une matière première non encore étudiés *in vivo*.

3/ Les différentes matières premières utilisées dans les aliments expérimentaux

Les auteurs de 28 communications (sur 207 communications courtes) ont indiqué la composition centésimale des aliments expérimentaux utilisés, le plus généralement pour des lapins en engraissement, mais aussi pour des reproductrices ou des lapins à fourrure. Nous avons relevé la formule des différents aliments témoin, ainsi que celle des aliments expérimentaux ayant permis des performances au moins similaires à celles obtenues avec l'aliment témoin (différence non significative ou amélioration), soit au total 58 formules.

L'hypothèse forte que l'on peut faire est que ces auteurs considèrent pour les aliments témoins qu'il n'y a pas de risque particulier à employer ces matières premières dans l'alimentation des lapins et que les matières premières expérimentées n'ont pas de contre-indication aux taux étudiés puisque les performances sont au moins égales à celle du témoin. Les différents taux employés pour les 49 matières premières concernées sont donc indicateurs des possibilités d'emploi (tableau 1).

Les 28 communications provenaient de 7 pays (premier auteur) : Chine (9), Egypte (6), Algérie (4), France (4), Nigéria (3), République tchèque (1) et Italie (1)

Tableau 1 : Principales matières premières (MP) utilisées dans 58 formules expérimentales avec indication de la fréquence d'emploi (si présence dans au moins 5 formules), du taux moyen d'incorporation lorsque cette MP est utilisée, du taux maximum d'emploi observé et de la teneur calculée pour un aliment moyen représentant les 58 formules présentées lors du Congrès.

Les 17 matières premières principales (pour un total de 49 MP différentes)	Nbre de Formules	Taux moyen d'incorporation	Taux Maximum	Aliment "moyen"
Céréales (n=4)		%	%	%
Blé	10	9,6	16,0	1,66
Orge	22	15,9	36,0	6,02
Maïs	16	21,4	30	5,91
<i>Total céréales</i>	46	18,1	36	14,35
Issues de céréales (n=3)				
Son de blé et autres issues de blé	52	21,7	49,9	19,50
Son et issues de riz	10	20,3	27	3,50
Son et issues de maïs	8	32,6	40,0	4,49
<i>Total issues de céréales</i>	57	28,0	87,0	27,49
<i>Céréales + Issues</i>	57	42,3	87,0	41,84
Plantes fourragères (n=8)				
Luzerne	29	28,7	45,0	14,36
Trèfle (d'Alexandrie)	13	29,7	40	6,66
<i>Total plantes fourragère</i>	49	30,1	63,6	25,41
Sous produits fibreux (n=13)				
Pulpes de betteraves	15	12,9	28,6	3,33
Paille de céréales	7	6,8	20	0,82
<i>Total sous produits fibreux</i>	22	20,8	55,8	7,88
Tourteaux (n=9)				
T de soja	39	11,5	23,9	7,75
T de tournesol	11	14,0	19,0	2,66
T d'arachide	7	13,9	17	1,67
T de colza	7	4,7	7	0,57
<i>Total tourteaux</i>	52	17,5	30	15,67
Divers (n=12)				
Mélasse	19	3,2	4,0	1,05
Huiles ou graisses (origines variées)	10	1,3	2	0,22
Farine de poisson	8	1,6	2	0,22
Minéraux et vitamines	58	3,2	7,5	3,21

Cette compilation de 28 communications nous a permis d'identifier 58 formules différentes. Elles contiennent en moyenne 14% de céréales, 27% d'issues de céréales, 16% de tourteaux, 25% de plantes fourragères, 8% de sous-produits fibreux, 5% de produits divers, 1% de mélasse et 3% de minéraux et vitamines. Les taux d'incorporation des 17 matières premières le plus souvent utilisées (dans au moins 5 formules) sont réunis dans le tableau 1, avec indication du taux maximum utilisé.

Au plan de la fréquence d'utilisation on peut d'abord souligner la très forte fréquence d'incorporation du son de blé : 90% des formules en contiennent en moyenne 19,5%. Le tourteau de soja est présent dans les deux tiers des formules expérimentales (39/58) avec un taux d'incorporation de moyen de 11,5%. Pour sa part, la luzerne est présente dans la moitié des formules (29/58) avec un taux d'incorporation moyen de 28,7%. Lors du précédent congrès, la luzerne était présente dans 64% des formules expérimentales, avec un taux d'incorporation proche : 31%. Enfin il nous semble important de souligner que 20% des aliments étudiés ne contiennent pas de céréales (12/58).

Parmi les matières premières utilisées dans moins de 5 formules et présentant un intérêt actuel ou potentiel pour les aliments "lapin" fabriqués en France ou en Europe, les taux maximum utilisés sont les suivants: avoine 15%, tourteau de germe de maïs 15,2%, sainfoin 39,6%, pulpes de citrus 21%, pulpes de tomates 20%, marc de pomme 3,4%, marc de raisin 4,2%, anas de lin 7%, pellicules (son) de graines de moutarde 5%, graines de lupin blanc 10,5%, drèches de brasserie ou de distillerie 40%, graines oléagineuses entières ou extrudées (soja, lin ou colza) 3%, farine d'aiguilles de pin 3%.

4/ Qualité des matières premières et mycotoxines

Une matière première testée et connue pour être parfaitement utilisable pour l'alimentation des lapins peut être polluée en particulier par des mycotoxines malgré les efforts faits lors de la production et/ou de la conservation. En alimentation du bétail en général, des techniques de traitement des matières premières ou certains additifs ont été développés pour réduire voire même supprimer les effets nocifs de ces mycotoxines, mais leur efficacité a rarement été testé dans le cas précis du lapin, espèce particulièrement sensible aux mycotoxines. Lors du Congrès, deux études réalisées en France ont été présentées sur cette thématique.

Un travail franco-chinois (Anyou Biotechnology Group - Chine & Copri - France), a montré qu'en cas de pollution fongique d'une matière première (15% d'avoine riche en ergostérol), l'incorporation d'un adsorbant des mycotoxines, à base de végétaux issus de la pharmacopée chinoise, permet de réduire le taux de mortalité (14% au lieu de 20%) sur la première phase d'engraissement (<56 jours). Cette amélioration, de l'état sanitaire a été obtenue sans modification significative de la vitesse de croissance sevrage-abattage (35-70j), mais avec un amélioration de l'indice de consommation 35-70j et du rendement à l'abattage. Toutefois ce travail ne donne pas d'indication sur la nature des mycotoxines concernées. En effet le seul dosage de l'ergostérol mentionné par les auteurs permet d'affirmer que l'avoine utilisée a bien subi une pollution fongique (l'ergostérol est un composé spécifiques des parois des cellules fongiques et des levures) mais ne donne aucune indication sur la nature des mycotoxines concernées, ni même la certitude qu'il y en avait bien (condition nécessaire mais pas suffisante).

Un autre travail présenté par MG2Mix et Copri dans la section physiologie digestive, a montré qu'un adsorbant des mycotoxines de conception française associé à un protecteur hépatique (produits minéraux et organiques) a permis de réduire significativement de 18,5% à

13,9% la mortalité constatée sur l'ensemble de l'engraissement chez des lapins ayant reçu un aliment contaminé par 3 trois mycotoxines identifiées (déoxynivalénol, zéaralénone et acide tenuazonique). L'amélioration de santé a été obtenue principalement par réduction des troubles digestifs post-sevrage et a corrélativement été associée à une amélioration de la vitesse de croissance en particulier au début de l'engraissement (40,7 vs 36,8 g/j).

A côté de ces effets positifs indéniables des adsorbants de mycotoxines, il convient de souligner que les deux produits testés n'ont réduit la mortalité d'engraissement "que" de 4 à 6 points : 14% de mortalité résiduelle contre 18 à 20% pour les 2 lots contaminés. Des essais avec d'autres dosages ou d'autres produits sont donc souhaitables pour voir s'il est possible de supprimer totalement ou presque les effets d'une pollution fongique faible à modérée. En tout état de cause des matières premières sans mycotoxine sont toujours préférables.

III COMPOSITION des ALIMENTS et TECHNIQUES d'ALIMENTATION

1/ Mode d'alimentation des lapins expérimentaux

Avant d'analyser les communications abordant spécifiquement les techniques d'alimentation et la composition des aliments, il nous a semblé intéressant de voir comment les lapins expérimentaux ont été alimentés lors des multiples essais à l'origine des communications du Congrès, toutes sections confondues.

Le mode de distribution des aliments a été indiqué dans environ la moitié des communications : 101/207. Pour les autres communications, soit le mode de distribution n'a pas été indiqué et on doit le regretter, soit, le plus généralement, le concept n'était pas pertinent. Dans plus de 90% des situations, les lapins avaient à leur disposition un aliment unique + de l'eau, cette dernière étant toujours fournie à volonté. Dans 9 cas au total, les lapins avaient le choix entre 2 aliments solides, un concentré + un fourrage ou parfois plus d'un fourrage(choix entre fourrages) mais toujours avec de l'eau de boisson à volonté.

En *engraissement*, les lapins expérimentaux ont été alimentés à volonté dans les deux tiers des essais (58 cas sur 87). Ils ont été rationnés dans le quart des cas (23/87) et dans quelques cas restant (6/87) ils ont eu le choix entre plusieurs aliments, généralement un concentré rationné ou à volonté + un fourrage à volonté.

Pour les *lapines en reproduction* le mode de distribution des aliments a été le plus généralement à volonté, mais dans 2 cas sur 15, les lapines en reproduction ont reçu une alimentation en quantité limitée, avec ou sans un fourrage complémentaire.

Pour les *lapines futures reproductrices* peu d'essais, nous avons simplement relevé 2 cas d'alimentation à volonté et 2 cas de rationnement (comparaisons).

Enfin, les *lapins adultes* ou sub-adultes utilisés dans différents essais ont été alimentés à volonté dans 7 cas et rationnés dans 2 autres.

2/ Rationnement des lapins en engraissement

Quatre des communications présentées au Congrès concernent le rationnement des lapins en engraissement pendant des périodes plus ou moins prolongées.

Un travail chinois (Southwest University, Chongqing) a montré qu'un rationnement quantitatif éventuellement très marqué (30% - 50% ou 70% de l'*ad libitum*) pendant la semaine suivant le sevrage de lapins Hyla, suivi d'une alimentation à volonté, n'entraîne pas de modification

significative de la vitesse de croissance au cours des 5 semaines de l'engraissement (40-75 jours). Par contre ce court rationnement post-sevrage permet une réduction significative de l'indice de consommation : 2,97 en moyenne contre 3.33g/j pour le lot *ad libitum*, soit -11%, sans effet significatif du niveau de restriction. Toutefois ce travail ne donne aucune indication sur la mortalité ou la morbidité des lapins (36 lapins par lot), ni sur le rendement à l'abattage. Il serait intéressant que cet essai soit répété sur un plus grand nombre de lapins et dans plusieurs conditions d'élevage (souche, milieu, qualité de l'aliment).

Un travail italien (Université de Padoue) a présenté les résultats d'un rationnement quantitatif à 80% de l'*ad libitum* appliqué pendant les 3 semaines consécutives à un sevrage à 34 jours, suivi d'une réalimentation à volonté pendant 2 semaines. Le rationnement initial n'a pas entraîné de réduction de la vitesse de croissance globale sevrage-abattage ni du rendement à l'abattage ou de la composition des carcasses. Par contre il a permis une réduction de l'indice de consommation d'engraissement de 4%. Toutefois des troubles digestifs observés au début de l'essai ont eu pour conséquence un niveau de consommation réel du lot soi-disant rationné très différent du niveau théorique : 1^{ère} semaine 87%, 2^{ème} semaine 96% et 3^{ème} semaine 100%, ce qui ramène cette essai au niveau de celui de l'essai chinois présenté juste avant.

Un essai français (INRA Toulouse) a porté sur un rationnement à 70% de l'*ad libitum* appliqué du sevrage (28 jours) à l'abattage (64 jours). Classiquement le rationnement a réduit la vitesse de croissance (-17%) et l'indice de consommation (-15%), mais sans effet sur la mortalité globale des lapins : 10,6% en moyenne. Cet essai a été réalisé dans deux conditions hygiéniques : un bon nettoyage-désinfection de la salle d'engraissement et des cages avant l'entrée des lapins ou pas de nettoyage en dehors d'un simple brûlage des poils. Une hygiène dégradée (pas de nettoyage entre bandes) n'a pas eu pas d'effet sur le GMQ et l'IC mais a été associée, de manière inattendue, à une plus faible mortalité et morbidité 7,6% vs 16,6% (plus forte stimulation des défenses de l'organisme des lapins en milieu plus pollué ou niveau bas d'hygiène insuffisamment bas pour déstabiliser le sanitaire ?). Enfin dans cet essai les auteurs ont cherché à estimer les capacités de défenses immunitaires des lapins et ont constaté que le rationnement tend à réduire la production des IgG par les lapins.

Après ces travaux sur le rationnement quantitatif, un travail français (InVivo NSA) a montré que par rapport à un libre accès à la mangeoire (lot *ad libitum*), un accès limité à 14h/24h permet une amélioration du GMQ de 2,7% et une réduction de l'indice de consommation de 3,36 à 3,26 (-3%), notamment en début d'engraissement. Une mortalité nulle pendant cette partie l'essai n'a pas permis d'estimer l'impact sur l'état sanitaire des lapins. Par contre simultanément 2 lots étaient rationnés quantitativement à 80% de l'*ad libitum* avec 1 seule ou 4 distributions par jour. La distribution unique a entraîné les réductions classiques du GMQ (-11%) et de l'IC (3,07 vs 3.36). Les 4 distributions / jour se sont avérées nettement moins intéressantes qu'une distribution unique de la ration quotidienne: plus faible GMQ et tendance à entraîner un peu de mortalité (3.3% vs 0%). Il est dommage que les rendements à l'abattage n'aient pas été mesurés dans cet essai.

3/ Sources et niveaux d'énergie dans la ration

Un essai français (Techna) a été conduit pour déterminer le rôle de l'apport principal d'énergie dans l'aliment d'engraissement : lipides, amidon ou fibres digestibles. Cet essai s'est déroulé dans de bonnes conditions sanitaires (1,2% de mortalité pour le témoin et aucune pour les autres lots). A taux d'énergie digestible identique (calculé) un aliment où une part importante de l'énergie est apportée par des lipides (graines et huile de colza) ou des fibres digestibles

(pulpes de betteraves) donne de moins bonnes performances de croissance ou d'abattage qu'un aliment où l'amidon est la source principale (orge) ou surtout qu'un aliment ayant un apport d'énergie équilibré entre les 3 sources. Toutefois, l'amplitude observée pour les variations de vitesse de croissance n'est que 4% alors qu'aucune mesure *in vivo* n'a été faite pour vérifier que les 4 aliments expérimentaux avaient bien des teneurs identiques au moins en énergie digestible et en protéines digestibles. Enfin, il serait utile de répéter cet essai dans des conditions plus classiques de mortalité telles qu'observées sur le terrain (5-7% par exemple) pour que les effets des sources d'énergie puissent être estimés sur l'état sanitaire des lapins.

Un autres essai français (INRA Toulouse), avec une alimentation séparée mères/lapereaux, les auteurs ont étudié l'effet de la composition de l'aliment distribué aux mères reproductrices (120 lapines ayant donné 236 portées expérimentales) sur leur production laitière et les conséquences sur les performances des lapereaux qui ont tous reçu le même aliment type engraissement de 18 à 70 jours. Par rapport à un aliment de reproduction classique à 2,4% de matières grasses, un aliment enrichi en matières grasses à 4,9% (origine non précisée) distribué seulement de la mise bas à 25 jours n'a pas modifié significativement la production laitière contrôlée à 3 et 10 jours après la mise bas. Par contre cette production a été accrue sensiblement lors des contrôles à 17 jours (+26%) et à 23 jours (+16%), pour ne plus se différencier du témoin au 29^e jour de lactation lorsque les lapines étaient revenues à l'aliment classique de maternité. Cet accroissement temporaire de la quantité de lait disponible pour les lapereaux a entraîné une réduction significative de leur consommation d'aliment solide sur la période 18-25jours (7 vs 10 g/jour/lapereau) mais a cependant permis un accroissement un poids moyen des lapereaux à 18j (+11%) et 25 jours (+9%). Au sevrage, l'accroissement de poids vif résiduel (+3%) n'était plus significatif.

Pour le troisième groupe de lapines qui a reçu l'aliment type engraissement (celui des lapereaux) de 25 jours jusqu'au sevrage de la portée à 35 jours de lactation et l'aliment de reproduction le reste du temps, aucun écart significatif n'a été observé par rapport au lot témoin. Dans cette étude, les 3 types d'alimentation des mères n'ont pas modifié la viabilité des lapereaux allaités: perte de 8,1% en moyenne au cours de la période 3-35 j.

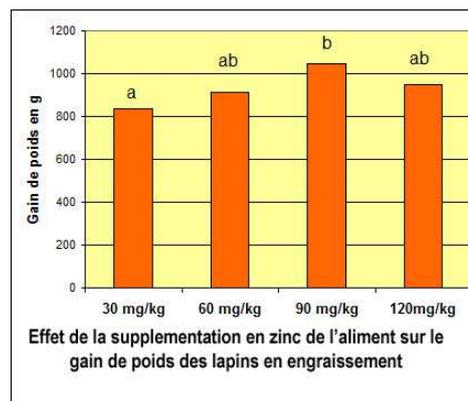
Après le sevrage, la croissance et l'indice de consommation ont été similaires pour les 3 lots. Mais les lapereaux dont la mère avait reçu l'aliment type engraissement de 25j au sevrage, ont eu une mortalité sevrage abattage significativement plus faible : 1,7% vs 4,7 et 5,8%. Dans la mesure où aucune indication n'a été fournie par les auteurs sur les conséquences de ces 3 types d'alimentation de maternité sur les performances de reproduction des lapines, il n'est pas encore possible de tirer une conclusion directement applicable de cet intéressant essai préliminaire.

4/ Equilibre nutritionnel de la ration

a/Zinc

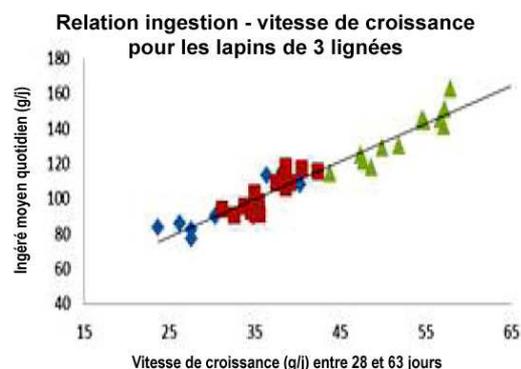
Un essai égyptien a montré qu'en période estivale (30-32°C et 50-65% d'humidité), dans une étude portant sur 4 taux de supplémentation en zinc (30 - 60 - 90 et 120 mg/kg d'aliment), un apport de zinc supplémentaire de 90 mg/kg d'aliment distribué aux lapines améliorerait significativement l'ingestion pendant la lactation (+15% d'ingéré) et le poids de portée au sevrage à 28 jours (+22%). Par contre les 3 autres taux de supplémentation, testés eux aussi avec seulement 15 lapines par lot, suivies sur une seule portée, ont donné des performances quasi identiques quelque soit le taux de zinc. Le même niveau de zinc supplémentaire de 90 mg/kg distribué en engraissement (20 lapins par lot) a favorisé la consommation (+9%) et la

croissance (+25%) sur une période d'engraissement d'une durée non précisée, par rapport à la supplémentation la plus réduite de 30 g/kg (graphique ci-contre). On doit regretter que l'apport de zinc par les matières premières n'ait pas été déterminé et surtout que l'essai ait été fait avec des lapins à faible productivité. Il vient cependant compléter les autres essais traitant du même thème, avec des résultats certes parfois contradictoires, mais il pourra éclairer les nouvelles recommandations suite à la nouvelle réglementation prévue en 2017 sur les teneurs maximales de zinc dans l'aliment.



b/ Apport en protéines

Une équipe espagnole (Université de Valence) s'est posé une bonne question : un aliment classique d'engraissement conçu pour des lapins croisés destinés à la boucherie permet-il à des lapins des lignes parentales à très haut potentiel de croissance d'exprimer la totalité de ce potentiel ? Les auteurs ont pointé comme facteur limitant potentiel la teneur en protéines, sans fournir de réelle justification à ce choix. Ils ont simplement constaté la réduction des teneurs en protéines pratiquée sur le terrain pour réduire l'incidence de l'EEL, sans remarquer que simultanément les teneurs en énergie digestible diminuaient aussi (plus de fibres), ce qui maintient à peu près constant le ratio protéines digestible/énergie digestible dans l'ingéré des lapins. Pour étudier leur idée; il aurait été logique de distribuer plusieurs types d'aliment avec des taux croissants de protéines digestibles par rapport à l'énergie, à des lapins ayant des potentiels de croissance variés (différentes lignées) et de déterminer leurs performances (croissance, efficacité digestive, ...). Au lieu de cela, ils ont distribué un aliment d'engraissement unique ayant 11,1% de protéines digestibles (calculées), dont la teneur en énergie digestible n'a même pas été précisée, et ils ont étudié la manière dont des lapins à vitesse de croissance différenciée valorisaient cet aliment unique. Ils ont effectivement identifié des différences dans l'utilisation des aliments entre les lapins ayant des croissances différentes en analysant la relation ingéré-vitesse de croissance. Classiquement ils ont montré que les lapins à croissance rapide sont ceux qui consomment le plus. Mais ils n'ont pas déterminé par exemple s'il y a des différences d'efficacité digestive (digestibilité des aliments) entre les animaux à fort et faible potentiel. Leurs observations sont relativement intéressantes, mais cela ne répond en aucun cas à la question posée : faut-il un aliment d'engraissement particulier pour les lapins à très fort potentiel de croissance ?



c/ Apport de Vitamine E et autres additifs nutritionnels

Une expérimentation française (Copri) a testé les effets de différentes supplémentations en vitamine E d'un aliment de reproduction couvrant déjà largement les besoins des animaux : la ration de témoin contenait 74 ou 80 ppm de vitamine E synthétique en sus de l'apport des matières premières, pour des recommandations à 50 ppm au total. Dans un premier essai incluant 4 bandes (octobre 2008 à juillet 2009), une supplémentation de l'aliment avec 51 ppm de vitamine E extraite de l'huile de soja (apport total de 125 ppm de vitamine E), les auteurs ont observé une tendance non significative à l'amélioration du taux de gestation (341 portées au total par niveau de vitamine E), sans modification de la prolificité (10,95 nés vivant /MB

en moyenne). Par contre ils ont observé une augmentation significative de la mortalité avant sevrage : 7,41 vs 4,50%, associée à une réduction du poids moyen au sevrage (948 vs 997g). Aucune différence significative n'a ensuite été enregistrée entre les lots après le sevrage en ce qui concerne la vitesse de croissance (38,3 g/j) ou la mortalité (9,35% en moyenne). Il reste à déterminer si l'effet néfaste de l'apport supplémentaire de vitamine E observé sur les lapereaux sous la mère est le fait de l'excès de vitamine E en général (alpha-tocophérol) ou de la source de vitamine E utilisée pour l'expérimentation (extraction d'un produit ± pur).

Dans un second essai portant sur 2 fois 40 portées (une série d'IA), les auteurs ont distribué 300 g d'un "booster" répartis sur les 15 premiers jours de lactation. Dans le lot témoin le booster contenait 30 ppm de vitamine E et 250 ppm dans le lot expérimental. Ces suppléments étaient faites avec de la vitamine E de synthèse. Le protocole appliqué n'est pas clair dans la mesure où les auteurs mentionnent une différence significative de prolificité entre les lots (en faveur du témoin 12,2 vs 9,4 nés vivants) c'est à dire avant même que le booster soit distribué. Ils mentionnent ensuite une plus forte mortalité des lapereaux avant comme après sevrage. Cet effet négatif, en particulier en engraissement (22% de mortalité contre 12,9% pour le témoin) semble difficilement attribuable au booster enrichi en vitamine E consommé uniquement par la mère.

Au vu de cet essai il n'est pour l'instant pas recommandable d'ajouter de la vitamine E dans l'alimentation des lapines au dessus de la couverture des besoins. Cet apport supplémentaire semble en effet pouvoir conduire à des contre-performances et en outre il a un prix relativement élevé.

Une autre communication relatant un travail réalisé en Egypte a montré qu'un apport plus massif de vitamine E dans l'alimentation des lapins en engraissement en période estivale (+200 ppm) a un effet favorable sur l'efficacité alimentaire (IC de 4,03 vs 4,36 pour le témoin). Un apport de sélénium (de 0,1 ppm) a aussi un effet favorable (IC 3,74), de même qu'un apport de tannins (0,15% - IC 3,66) sans modification de la vitesse de croissance pour aucun des traitements. Par contre des apports un peu différents de vitamine E (+100 ppm), de sélénium (0,2 ppm) ou de tannin (0,3%) n'entraînent aucune amélioration de l'indice de consommation.

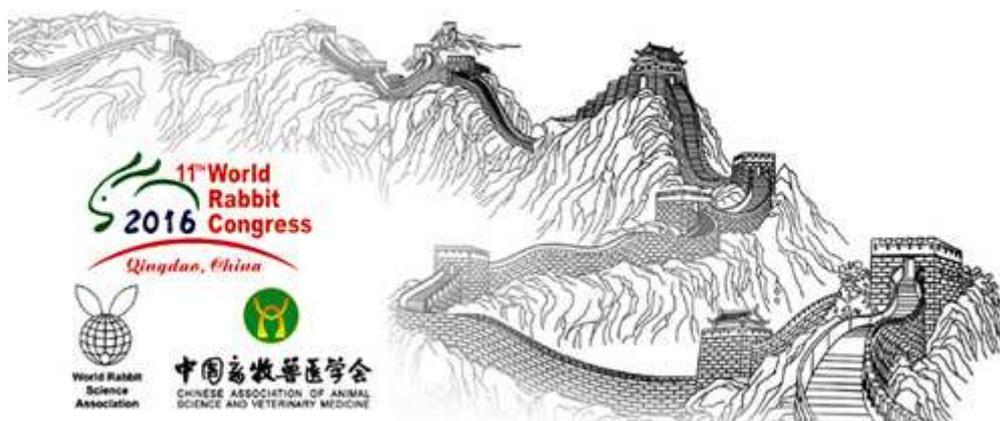
La conclusion pratique à la suite de ces essais sur des additifs nutritionnels, est qu'il faut continuer l'expérimentation pour y voir plus clair, et pour l'instant il semble préférable de s'abstenir de faire une supplémentation d'aliments couvrant déjà les besoins alimentaires connus.

IV - CONCLUSION GENERALE

Pour l'emploi des matières premières, les différentes communications présentées lors de ce Congrès ont surtout fourni des précisions sur les possibilités d'emploi de matières premières déjà connues. Elles ont fourni un éclairage complémentaire sur des limites d'emploi et la valeur nutritive déterminée *in vivo* ou par calcul à partir de la composition chimique.

Pour les techniques d'alimentation nous retiendrons que les études expérimentales chez le lapin en croissance se font toujours majoritairement (2/3 des cas) avec des lapins nourris à volonté. Si plusieurs communications ont approfondi nos connaissances sur les conséquences d'un rationnement, et d'autres ont soulevé la question de la révision des recommandations nutritionnelles actuelles, aucune étude n'a abordé la composition spécifique souhaitable pour un aliment rationné.

Enfin, quelques communications portant sur l'alimentation des lapines pendant la phase de reproduction ont montré que l'alimentation de la mère allaitante peut avoir des conséquences sur les performances des lapereaux, même après sevrage, indépendamment de l'alimentation des jeunes. Mais beaucoup de points de la relation alimentation de la mère - alimentation des jeunes avant et après sevrage restent mal connus et mériteraient plus de travaux de recherche.



Les apports en nutrition et en physiologie digestive lors du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture de Qingdao – Chine, en juin 2016.

par

Thierry GIDENNE¹ et Paméla VASTEL²

¹INRA Toulouse, UMR 1388 GenPhySE, CS 52627 - 31326 CASTANET-TOLOSAN

²Techna France Nutrition, BP 10 - 44220 COUÉRON

Dans le recueil des communications, la section « Nutrition et physiologie de la digestion » compte 26 communications sur un total de 226. Elle représente donc environ 10% des travaux présentés lors de ce 11^{ème} Congrès, soit environ moitié moins qu'en 2008 ou 2012.

Cependant dans cet article, nous avons choisi de reclasser les communications en fonction de leur contenu "réel". Ainsi, cette synthèse porte sur un total de 18 communications, pouvant se référer à d'autres sections.

En classant toutes les communications par nationalité du premier auteur, nous pouvons remarquer que la Chine (pays organisateur) arrive en tête du nombre de communications (n=6, figure 1). Assez peu de pays publient dans cette section, et contrairement aux précédents congrès, ni l'Italie ni l'Espagne n'ont communiqué dans cette discipline.

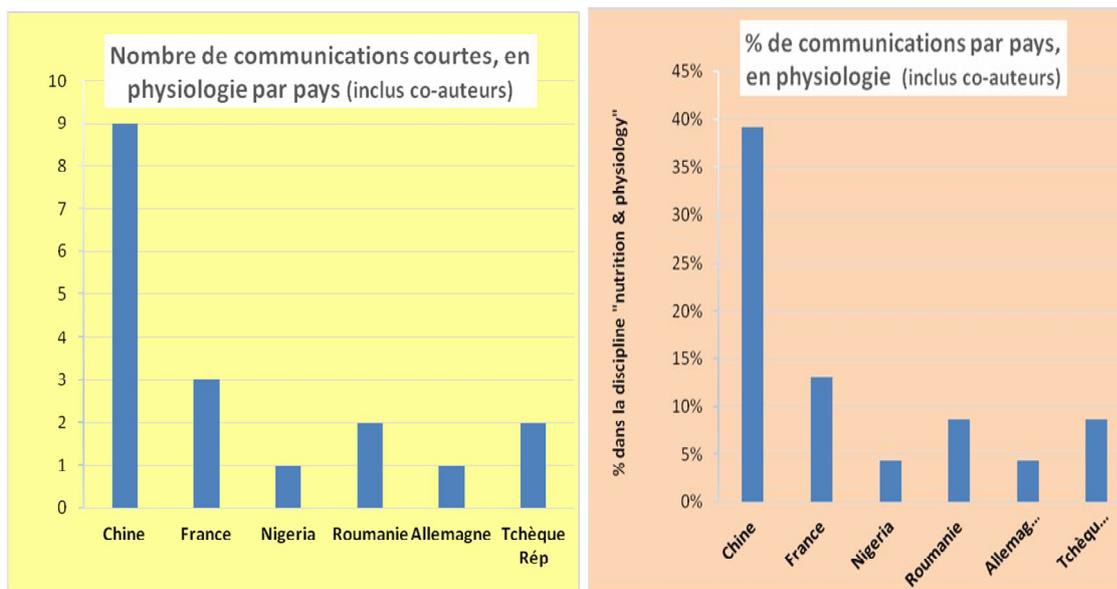


Figure 1: Répartition des communications dans la section nutrition et physiologie

Outre une section physiologie générale, nous avons classé ces 18 communications selon les facteurs de contrôle sur la physiologie : effets d'additifs, effets de la conduite d'élevage (rationnement, lumière...), effets de nutriments, effets de la structure physique de l'aliment.

I/ LES APPORTS EN PHYSIOLOGIE GENERALE

Comme pour les 3 précédents congrès, l'équipe Roumaine de Dojana (Bucarest) a présenté 2 communications: l'une portant sur les variations de profil d'enzymes sériques (Bălăceanu et al., p265) et l'autre portant sur les variations de profil sanguin (Bălăceanu *et al.*, p261).

La première étude compare les concentrations en amylase, lipase et trypsine sérique chez des lapereaux de 22 jours d'âge (avant sevrage à 30j), puis chez des lapereaux à 1, 8 ou 15j après sevrage, sachant qu'après sevrage ils sont nourris avec un aliment témoin ou riche en protéines, ou riche en amidon, ou encore riche en fibres. L'activité spécifique de l'amylase était 3 fois plus élevée chez les lapins sevrés d'un jour que chez les lapereaux 8j avant sevrage (22j). De plus, elle est modifiée par le régime, en effet dès 8j après sevrage, le niveau d'amylase double, sauf pour le régime « amidon » où il se voit quadruplé. De même, alors que l'activité de l'amylase continue à augmenter à 15j, elle tend à diminuer lorsque le régime est enrichi en protéine.

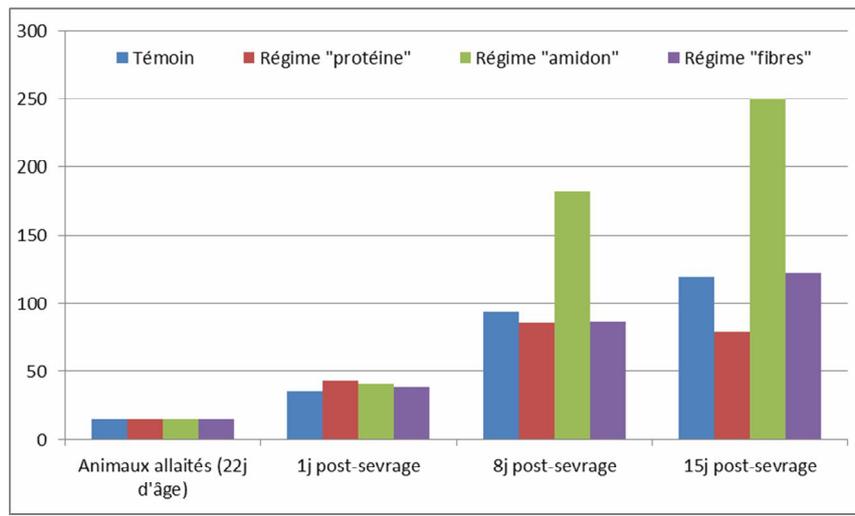


Figure 2: *Activité de l'amylase sérique chez les animaux allaités et les lapins sevrés nourris avec différents régimes alimentaires*

L'activité de la lipase sérique était maximale chez les lapins allaitants, puis très fortement réduite (10 à 6 fois) ensuite après le sevrage, sans effet du régime. L'activité de la trypsine sérique a doublé de 22 jours à 15 j après sevrage (45 jours d'âge), avec un léger effet favorable du régime riche en protéines.

Cette étude confirme que l'activité des enzymes est âge-dépendant, mais également liée à l'alimentation. Il reste à vérifier que ces variations de concentrations sériques sont corrélées aux concentrations dans la lumière intestinale et à l'efficacité de digestion? Si c'est le cas, cela soulignerait l'importance de l'alimentation autour du sevrage, et notamment sur les aliments présevrage, qui sont en majorité des aliments faits pour améliorer la santé digestive, et donc riches en fibres (mais faibles en protéines et amidon). Ainsi, cela pourrait affecter le développement des enzymes et donc la valorisation des nutriments en engraissement.

La seconde étude (Bălăceanu *et al.*, p261), moins attrayante, analyse les variations de divers paramètres biochimiques sanguins en fonction de variations du ratio amidon/fibre de l'aliment. Par exemple, la glycémie et les taux de protéines ont été légèrement modifiés. L'urée semble en corrélation avec le niveau alimentaire de fibre et d'amidon. Les variations de triglycérides, HDL ou LDL ne sont pas corrélés au ratio amidon/fibre. Mais, la portée de ces résultats est très restreinte car les écarts, notamment en cellulose brute pour les régimes « fibres » sont peu différents, et les profils fibres "Van-Soest" ne sont pas fournis.

L'étude de Liu *et al.* (p303) traite de physiologie assez fondamentale. Les effets d'une injection intraveineuse d'acétate (0,5 mg/jour/kg de poids) ont été étudiés sur l'ingestion : baisse de l'ingéré dans les 5h suivant l'injection. Divers paramètres ont ensuite été analysés

pour expliquer cette anorexie: les niveaux d'ARNm du neuropeptide Y hypothalamique (P=NS), ou les niveaux de protéine de p-ERK et de p-p38 MAPK (P=NS), ou la protéine kinases NH2-terminale phosphorylée (baisse, $P<0,05$). Ainsi, l'administration d'acétate induirait une anorexie en lien avec une augmentation de l'expression du gène POMC.

Le microbiote caecal a été étudié par des techniques de séquençage de l'ARNr16S (Deng *et al.*, p27), sur un groupe de 43 lapins de 60 jours d'âge, afin d'évaluer la biodiversité de la flore. Au total, 19621 signatures génétiques bactériennes (OTU) différentes ont été identifiées, et 42% d'entre elles sont partagées par un maximum de trois échantillons. Les auteurs concluent à une richesse microbienne (moyenne de Chao = 5971) et une diversité (moyenne de Shannon = 4,19) relativement élevées pour la flore caecale. On regrette que les auteurs n'aient pas présenté d'arbres phylogénétiques associés. Donc, malgré un séquençage assez profond, cette étude n'apporte pas de connaissances supplémentaires.

II/ EFFETS D'APPORT D'ADDITIFS

Deux études ont été retenues dans cette section.

Les effets de l'addition de racine de chicorée (Volek *et al.*, p467) dans la ration de lapins restreints comparés à un témoin alimenté librement ont été étudiés sur les performances et les paramètres fermentaires caeaux. Le problème principal est la confusion des effets du niveau d'ingestion et de l'addition de racine de chicorée (riche en inuline) qui rend difficile l'interprétation des résultats. Cependant, l'addition de racines de chicorée stimulerait l'activité fermentaire caecale (baisse de pH et hausse des AGV), qui pourrait permettre un meilleur contrôle sanitaire (notamment par la baisse de la morbidité), sans altérer les performances (poids, IC).

Les effets de l'addition d'un probiotique (Ren *et al.*, p327) "*Bacillus coagulans*" a été étudié à 2 doses (250 and 300 mg/kg) et comparé à un témoin (sans additif), sur les performances (35-84j) et le pH de différents segments digestifs. Les résultats, obtenus à partir de 3 groupes de 50 lapins, indiquent une amélioration des performances (meilleur gain de poids et meilleur IC: 4,29-4,10-3,89 resp. pour témoin, 250 et 300mg) et une plus forte acidité dans l'intestin grêle et le caecum ($P<0,05$). On peut regretter l'absence de mesures d'état sanitaire. L'intérêt, si ces résultats sont confirmés, serait la mise sur le marché d'un nouveau probiotique à base de bactéries (et non de levures), car à ce jour, ces bactéries n'ont pas d'autorisation en tant qu'additif pour les lapins.

III/ EFFETS DE LA STRUCTURE PHYSIQUE DE L'ALIMENT

Deux études se sont intéressées aux effets de paramètres physiques de l'aliment, ce qui est assez original. Ainsi, l'étude de Lang *et al.* (p 289) a comparé les effets, sur plusieurs paramètres physiologique, de foin de luzerne avec 3 structures différentes : haché, granulé, broyé.

Taille des particules (mm) ¹	Granulé	Broyé	Haché
> 1	71.04	59.89	
< 1 - > 0.5	18.38	17.17	
< 0.5 - > 0.2	6.08	17.17	
< 0.2	4.50	5.77	

Taille des particules (cm) ²		
> 1.9		23.02
< 1.9 - > 0.8		11.11
< 0.8		65.87

Tableau 1 : Répartition de la tailles de particules de luzerne en fonction du type de broyage

¹ Mesurée par analyse par tamisage humide. ² Mesurée avec une boîte à secousses

Les lapins nourris avec du foin de luzerne haché ont une teneur en matière sèche ($P < 0,01$) du chyme caecal (13,9%) inférieure à celle du groupe nourri avec la luzerne broyée (17,5%) ou granulée (20,0%). Le temps d'ingestion de l'aliment est jusqu'à 5 fois plus rapide pour les aliments granulé. Les lapins nourris avec du foin haché ont plus de grandes particules dans l'estomac (80% à 57% granulé, 54% broyé). Ces résultats confirment l'effet de la granulométrie sur la physiologie digestive du lapin. Des études complémentaires devraient évaluer l'effet sur les performances et la santé.

Li *et al.* (p. 427) ont comparé l'impact de différents fourrages grossiers sur la morphologie intestinale de lapins Rex à partir de 45j d'âge. Ils étaient nourris sur une période de 10 semaines, avec au choix 4 aliments contenant une forte proportion (25 à 40%) de l'un des quatre fourrages suivants : Caragana microphylla, clou de girofle, tige de haricot et coque d'arachide. Les résultats de cette expérience montrent que les différents fourrages grossiers n'ont aucune influence significative sur la longueur des villosités de l'intestin grêle de toutes les parties, mais ont une influence significative sur la profondeur des cryptes. Ainsi, Caragana microphylla pourrait augmenter la profondeur du duodénum et du jéjunum et affecter la fonction de sécrétion de l'intestin grêle. Des résultats de performances zootechniques seraient utiles pour confirmer l'importance de la qualité physique des matières premières, voire des aliments.

IV/ STRATEGIE D'ALIMENTATION ET CONDUITE D'ELEVAGE

L'équipe Tchèque de Tumova et Volek a présenté une étude (divisée en 2 comm.) analysant les effets d'une restriction courte (1 semaine, 32-39j d'âge) et intense (46% ou 60% de l'ingéré libre) sur divers paramètres. Nous retenons ici les effets sur la morphologie intestinale (p 331) et les performances de lapins sevrés à 25 jours d'âge. Le poids vif final (81 jours d'âge) et l'indice de consommation alimentaire ne sont pas affectés par cette stratégie de restriction. Le développement des reins, du cœur ou des poumons ne diffère pas entre les 3 lots, alors que le poids relatif du foie est réduit de moitié par la restriction ($P < 0,001$). Une "fois" de plus, cela confirme l'impact de la restriction sur le développement du foie.

Sur cet organe, Lu *et al.* (p431) ont mesuré les variations d'hormones et celles de paramètres sériques de lapins (sevrés à 40j?), en relation avec une semaine de restriction (40-47j?) à 30%, 50% ou 70% de l'ingéré libre (témoin). L'effet favorable, classique, de la restriction sur l'indice de consommation est retrouvé. A la fin de la semaine de restriction, on constate une

hausse de 15 à 20% de la concentration sérique en protéines totales, sans variation des autres métabolites sanguins (triglycérides, azote uréique, etc.). En revanche, on observe une baisse de 2 hormones dans le foie, hormone de croissance (GH) et IGF-1 (insulin-like growth factor-1 ou somatomedine C): IGF-1 (-20%) et GH (-10%). l' (P <0,05). A la fin de l'essai (4 semaines après), aucun effet de la restriction ne persiste sur les hormones ou les paramètres sanguins.

Les effets de la restriction (70% vs *ad lib*) ont aussi été analysés par Combes *et al.* (p373, INRA Toulouse), chez des lapins logés (28-64j) en condition d'hygiène normale ou dégradée (schéma 2x2, n=105/gpe), sur la maturation du microbiote et l'activité fermentaire caecale. L'hygiène dégradée était obtenue en ne nettoyant pas la salle d'élevage après la bande précédente de lapins. De plus, la réponse inflammatoire (haptoglobine) et immunitaire spécifique à l'ovalbumine (IgG anti-OVA) a été mesurée durant la croissance. L'effet favorable, classique, de la restriction sur l'indice de consommation est là aussi retrouvé. Chez le lapin, le modèle "hygiène dégradée", mis au point antérieurement chez le porc, ne fonctionne pas comme attendu, puisqu'on observe une légère baisse de l'ingestion (-3,5%), mais sans affecter la croissance, d'où une meilleure conversion alimentaire entre 42 et 64 jours. La mortalité est réduite entre 28 et 40 jours chez les lapins restreints (5 vs 13 morts/210), tandis que l'hygiène dégradées réduit la morbidité (7,8% vs 16,6% p <0,01) sans affecter la mortalité. L'activité fermentaire caecale est stimulée (+10%) chez les lapins restreints. Les réponses inflammatoires et immunitaires anti-OVA ont été peu affectées par l'hygiène de logement, en revanche la restriction pourrait limiter la production d'IgG anti-OVA. Le modèle de dégradation de l'hygiène devrait être plus intense pour produire des effets visibles sur la physiologie ou les performances.

La maturation du microbiote du lapereau a été étudiée en relation avec le choix des aliments pré-sevrage (Read *et al.*, p.443; INRA Toulouse). Trois aliments expérimentaux sont comparés (cf. tableau) avec 3 groupes de portées (n=56 au total) sevrées à 35j.

	Aliment R	Aliment L	Aliment H
ED (kcal/kg)	2525 (haut)	2235 (bas)	2445 (haut)
Prot. Digestibles (%)	12,8	9,8	10,7
Amidon (%)	16,6	7,2	11,5
Mat. Grasse (%)	3,1	2,6	2,6
Fibres Digestibles (%)	19,9 (bas)	25,8 (haut)	24,0 (haut)
ADF	17,3	22,0	20,0
NDF	32,0	39,0	35,0
ADL	5,6	6,9	5,8
Protéines dig/Energie dig	0,507	0,438	0,438

Tableau 2 : Composition chimique des aliments expérimentaux

Les lapereaux du groupe RL sont nourris avec l'aliment R de 18 à 28j puis avec l'aliment L de 28 à 49j), ceux du groupe LL sont nourris seulement avec l'aliment L, et HH avec H de 18 à 49j. Un plan de restriction est établi à partir du sevrage.

L'ingestion précoce (18-28j) d'aliment est 20% plus élevée chez les lapereaux ayant le même aliment que leur mère (groupe RL). Dans la semaine qui suit, on n'observe pas d'écarts d'ingestion entre les groupes. La croissance des 3 groupes est similaire jusqu'au sevrage. Puis à 42j le groupe LL présente un poids 7% plus bas que RL et HH (1064g vs 1130g), il en est de même à 49j. La mortalité est globalement faible et donc aucun effet des traitements n'est détectable.

Le microbiote caecal a été analysé par des techniques moléculaires (séquençage de l'ARN16S). Dans l'ensemble des échantillons, 5 phyla sont identifiés, avec 99.4% des séquences qui correspondent à seulement 2 phylas: Firmicutes 83.1% et Bacteroidetes 16.3%. Au début de l'ingestion d'aliment solide (18j) jusqu'à 28j, le microbiote caecal est très similaire pour les 3 groupes, puis les écarts entre groupe s'accroissent. La variabilité intragroupe des microbiotes est plus élevée dans le groupe LL à 28 jours. Entre 43 et 49j, la variabilité de la composition du microbiote est plus faible dans le groupe RL que pour LL. Cela suggère qu'une plus forte ingestion d'aliment solide dès 18j, permet une stabilité de l'écosystème digestif plus précoce.

La communication de Pan *et al.* (p319) s'intéresse aux conditions d'éclairage durant l'élevage en relation avec la santé et le bien-être, avec un objectif final d'améliorer les conditions d'ambiance lumineuse pour la production. Les résultats portent sur l'effet de différentes longueurs d'onde de lumière sur la croissance du lapin et l'expression de l'ARNm la calbindine-D28K (CaBP-D28K) dans l'intestin grêle. Quatre-vingt lapins (1486g de PV) ont été divisés en 4 groupes: groupe R (lumière rouge/ Lum.=14h/ 60lux), G (lumière verte / Lum.=14h / 60lx), groupe D (obscurité permanente) et groupe témoin (photopériode naturelle). Après 6 semaines, le groupe D présente une plus faible (-20%) expression de l'ARNm de CaBPD28K, qui pourrait être en lien avec le métabolisme calcique (via la vitamine D3). De même, la croissance du groupe D est 25% inférieure aux 3 autres. Il est reconnu comme nécessaire le recours à la lumière en maternité, notamment sur les performances de reproduction. Cette étude démontre l'intérêt de l'éclairage (couleur?) sur les performances d'engraissement, intérêt qu'il faut étudier relativement au coût énergétique que cela engendre.

V/ MATIERES PREMIERES ET PHYSIOLOGIE

Deux études sont rapportées dans cette section : une portant sur les effets du tourteau de noix de karité, l'autre sur la pulpe d'agrumes.

Le tourteau de noix de karité (SNM pour Shea Nut Meal) est le sous produit de l'extraction du beurre de Karité (Shea nut = noix de Karité). Ce tourteau contient des composés phénoliques, des tanins, des saponines ainsi que des alcaloïdes (théobromine) qui le rend très amer, désagréable et irrite le tractus digestif des animaux. Pour réduire la quantité de facteurs "toxiques", on détoxifie la farine de karité (ébullition, fermentation). Comme le noyer de karité pousse facilement au Nigéria, le tourteau est très disponible, mais souvent jeté. Idaho *et al.* (p.411) se proposent d'étudier ce tourteau pour l'alimentation du lapin et sa physiologie. Cinq groupes de 12 lapins ont été nourris pendant 8 semaines avec 5 aliments composés (granulés?, MAT= 16% et CB=11,5% en moyenne) contenant : D1=témoin sans SNM, D2: 2,0% de SNM, D3: 4,0%; D4=6,0%; D5=8,0%. Le SNM utilisé est très pauvre en protéines (MAT = 1.6% MS), et en fibres (7% de CB sur sec), très riche en matières grasses (60%) et en minéraux (20%). L'ingestion ou la croissance n'est pas modifiée par l'incorporation de SNM, mais trop peu de lapins sont étudiés. Plusieurs paramètres sanguins sont légèrement modifiés, mais sans corrélation avec le taux d'incorporation de SNM. On pourrait donc recommander l'incorporation de SNM jusqu'à 8% dans un aliment, sous peine de confirmer ces premiers résultats sur un bien plus grand nombre d'animaux.

Lu *et al.* (p.307) ont comparé la croissance et quelques paramètres sanguins chez 4 groupes de 48 lapins nourris de 42 à 70j avec 4 aliments composés, contenant 0%, 7%, 14% et 21%. La pulpe était incorporée en remplacement de germes de maïs, de farine de soja et de maïs, ce qui induit des écarts non négligeables sur le profil nutritionnel des aliments, et nous amène donc à être très prudents sur les conclusions. L'inclusion de pulpe d'agrumes n'a pas modifié la croissance (35 g/j). Le ratio albumine:globuline et la calcémie sont plus élevés dans les groupes avec pulpes. En résumé, la pulpe d'agrumes pourrait être incorporée jusqu'à 20% dans l'aliment, sans perturber les paramètres de croissance. Les effets sur les paramètres sanguins sont à relier au niveau de calcium de la pulpe de Citrus, niveau qui dépend de son procédé d'obtention (attention au risque de déséquilibre du rapport phosphocalcique et aux conclusions trop hâtives).

VI/ NUTRIMENTS ET PHYSIOLOGIE

Trois études ont porté sur l'analyse de l'immunité en lien avec des apports en fibres digestibles, en arginine ou en vitamine B6.

Dans le cadre général de trouver des alternatives aux antibiothérapies post-sevrage, le rôle potentiellement favorable d'une ingestion précoce (avant sevrage) de fibres digestible, pour stimuler l'activité microbienne et l'immunité est l'objectif principal de l'étude de Jacquier *et al.* (p. 419, INRA Toulouse). D'autres résultats issus de cette étude ont déjà été publiés aux JRC en 2015. Ainsi, 30 femelles ont reçu un aliment standard et 15 femelles un aliment médicamenteux (coli/OTC). A 15j d'âge les portées (9 à 10 petits) issues des femelles "ATB" ont reçu un aliment "témoin" riche en fibres peu digestibles (ADF) et hémicelluloses (groupe C). Les autres portées issues des femelles "sans ATB" ont été divisées en 2 groupes : la moitié a reçu un aliment "témoin" médicamenteux (tia/apra) typique de ceux utilisés en cas d'EEL (groupe ATB), et l'autre moitié un aliment riche en fibres digestibles (groupe RFF). Les lapereaux sont nourris ad libitum dès 15j (sevrage à 28j) et jusqu'à 45j. L'expression de gènes (transcriptomique) relatifs à la réponse immunitaire est analysée à partir de prélèvements sanguins et d'iléon. Seuls 9 gènes sont différenciellement exprimés (DE) à 29 jours selon les régimes, alors qu'aucune différence n'est observée à 45 jours. En revanche, l'effet de l'âge sur l'expression des gènes est très marqué, et semble différente selon les régimes. Dans le sang entre 29 jours et 45 jours, le nombre de gènes DE est de 1657, 438 et 0 resp. pour les groupes C, RFF et AB. Dans l'iléon, le nombre de gènes DE était de 128 pour RFF de 73 pour C et 36 pour ATB.

Ces résultats préliminaires suggèrent que la maturation (évolution avec l'âge) de l'expression des gènes en lien avec l'immunité serait modifiée par l'alimentation, avec un effet favorable au niveau iléal pour les lapereaux nourris avec le régime riche en fibres digestibles. A l'opposé, les lapereaux recevant l'aliment médicamenteux auraient une moindre expression génétique. Ainsi, un aliment enrichi en fibres digestibles pourrait stabiliser plus rapidement l'expression génique liée à l'immunité.

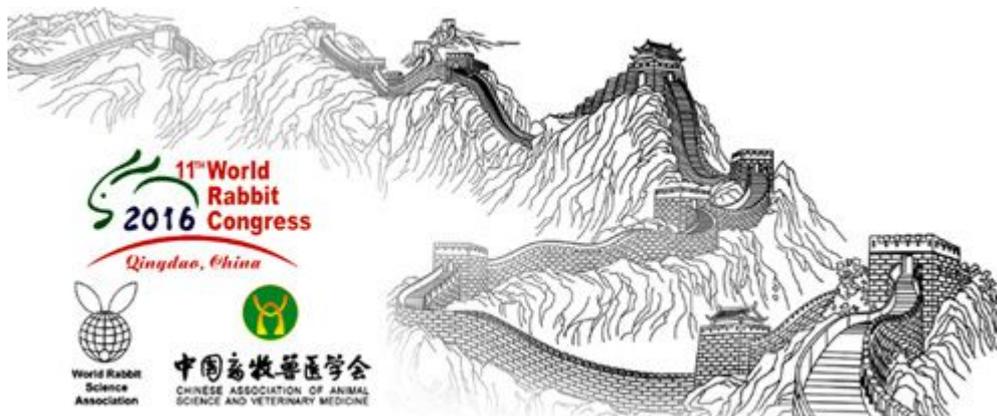
Pour étudier l'impact d'un ajout d'arginine sur la réponse lymphocytaire, Qin *et al.* (p. 323) ont comparé 3 groupes de 18 lapins de 49j, nourris pendant 42j avec soit: 0, 2 ou 4 g d'arginine / kg de MS. La réponse lymphocytaire a été analysée au travers de l'expression de l'ARNm de facteur de stimulation des colonies de granulocytes-macrophages (GM-CSF) dans le jéjunum. L'ajout d'arginine a favorisé la croissance (16,2 vs 18,6 vs 21,1 g/j resp. pour 0, 2 ou 4 g/kg d'arginine) mais n'a pas d'effet sur GM-CSF. Rappelons que l'arginine fait partie intégrante des recommandations en acides aminés, et que ses apports se font en totalité par les matières

premières puisque le coût de l'arginine synthétique est très élevé (relativement à la lysine ou la méthionine ou la thréonine).

Liu *et al.* (p. 299) ont évalué les effets de la vitamine B6 alimentaire sur quelques paramètres physiologiques liés à l'immunité. Cinq groupes (n=40) ont été nourris, avec 5 niveaux de supplémentation en vitamine B6 (0 "témoin", 5, 10, 20 et 40 mg/kg), du sevrage (30j) à 90j. L'apport de vitamine B6 affecte peu le poids du thymus ou de la rate, et reste sans effet sur les IgG sériques ou les IgE. En revanche, l'apport d'un supplément de vitamine B6 améliore sensiblement les taux sériques d'interleukine-6 et d'interféron- γ , ainsi que dans le duodénum et l'iléon. Les taux d'expression de l'ARNm de l'IL-6 splénique et de l'IFN- γ augmentent avec le niveau de vitamine B6 (P <0,01). Globalement, l'ajout de vitamine B6 (déjà fournie en grande partie par la caecotrophie) pourrait favoriser la réponse immunitaire non spécifique. L'augmentation de vitamine B6 pour des lapins en croissance, élevés en conditions intensive peut être une piste intéressante, mais des études complémentaires sont nécessaires pour confirmer l'effet sur la croissance et la santé.

VII/ CONCLUSIONS

En conclusion, la section physiologie est moins riche en communications et en enseignements que dans les congrès précédents. Du point de vue des méthodes, on note une recrudescence d'outils moléculaires et en particulier pour analyser l'expression de gènes en lien avec diverses fonctions physiologiques, l'immunité ayant la priorité. Quelques résultats originaux ont contribué à améliorer nos connaissances sur le microbiote et les effets de diverses stratégies d'alimentation. Les résultats sont souvent "préliminaires" et pour certaines études mériteraient d'être confirmés.



Techniques d'élevage et Économie : Les apports lors du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture

par

Guillaume LENOIR* et Michel COLIN**

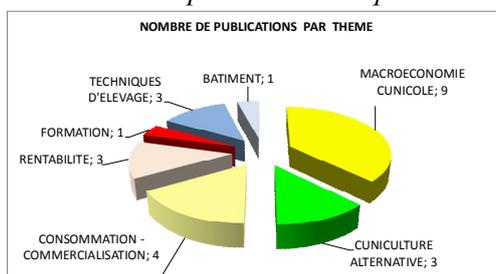
* Hycole, Route de Villers- Plouch, 59159 Marcoing (France)

** COPRI, Coat Izella N°2, 29830 Ploudalmézeau (France)

1. INTRODUCTION

Si la partie «Techniques d'élevage et économie » des 2 précédents congrès s'était caractérisée par une extrême dispersion des thèmes abordés conduisant les auteurs à qualifier le programme d'« Auberge espagnole », il n'en a pas été de même à Qingdao où au contraire elle aurait pu s'intituler « Economie et consommation ». Seules 4 publications sur 24 concernaient les aspects techniques dont 1 sur le bâtiment (Figure 1). Le thème le plus fréquemment abordé (9 publications dont une revue très complète en provenance d'Indonésie) concernait la description macro-économique de la cuniculture de plusieurs pays émergents pour lesquels on dispose désormais de données chiffrées et d'informations importantes. Venaient ensuite 4 communications sur la consommation abordées à la fois par des équipes chinoises, nigérianes et espagnoles; 3 sur les cunicultures alternatives, apanage exclusif de l'Europe; 3 sur la rentabilité essentiellement d'origine chinoise et une sur la formation.

Figure 1: Répartition des publications de la partie « Techniques d'élevage et économie » par thèmes



Au niveau géographique (Figures 2 et 2^{bis}), le fait marquant était le nombre élevé de communications asiatiques (11 sur 24), conséquence probable de la localisation du congrès en Chine mais vraisemblablement également de la réelle émergence de la cuniculture dans ces pays (voir paragraphe 2). Les pays européens et africains représentaient chacun 6 publications. Remarquons au passage la constance de la présence nigériane qui depuis 3 congrès apparaît comme l'un des principaux intervenants dans cette partie.

Figure 2 et 2^{bis} : Répartition par pays et par continents des publications de la partie « Techniques d'élevage et économie »



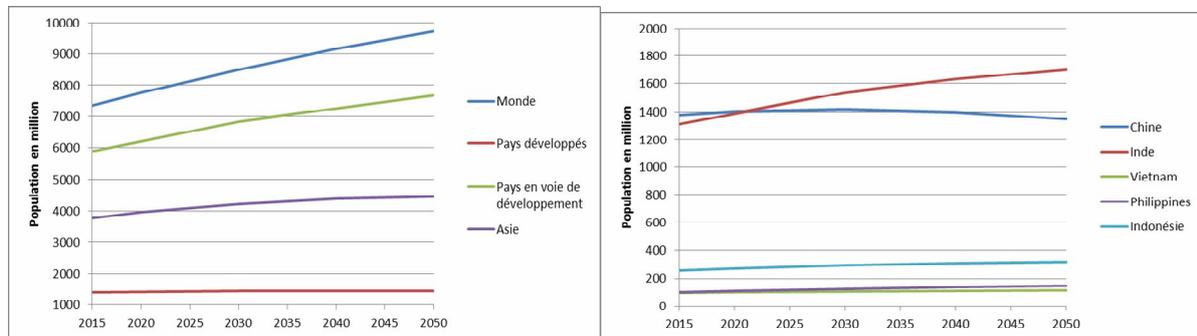
2. MACROECONOMIE CUNICOLE

Le rapport de synthèse de Raharjo et Bahar d'Indonésie fait un état des lieux de l'évolution de la production de lapins, des activités de recherche qui lui sont liées ainsi que des opportunités dans les pays d'Asie.

Contexte de la production dans les pays en voie de développement

L'ONU estime que la population mondiale passera de 7,35 à 9,73 milliards d'individus entre 2015 et 2050 (Figure 3). Cette augmentation aura lieu principalement dans les pays en voie de développement où l'accès à la nourriture est déjà assez souvent problématique aujourd'hui. Sur cette période, la population en Asie devrait croître de 700 millions d'habitants pour atteindre 4,47 milliards (Figure 3bis), soit 46% de la population mondiale contre 51,7% en 2015.

Figures 3 et 3 bis : Estimations de l'évolution de la population dans le monde et dans les pays d'Asie entre 2015 et 2050.



Dans le même temps, la FAO estime que la consommation de viande passera de 200 à 470 millions de tonnes / an du fait de l'évolution de la population mondiale et de l'augmentation du niveau de vie. Entre 2010 et 2020, la consommation de viande en Asie du Sud-Est devrait croître de 12,7 à 25,7 kg / an / habitant et de 39,1 à 49 kg / an / habitant en Asie de l'Est (Japon, Chine). Pour répondre à l'évolution de la demande, il est donc nécessaire d'augmenter de façon importante cette production de viande.

La production de lapins dans le monde

En 2013, selon la FAO, la production de lapins dans le monde est estimée à 1,172 milliard d'animaux abattus, soit 1,78 million de tonnes de viande, contre 884 millions d'animaux en 2000 (Figure 4).

Figure 4 : Evolution de la production mondiale et par continent de lapins entre 2000 et 2013

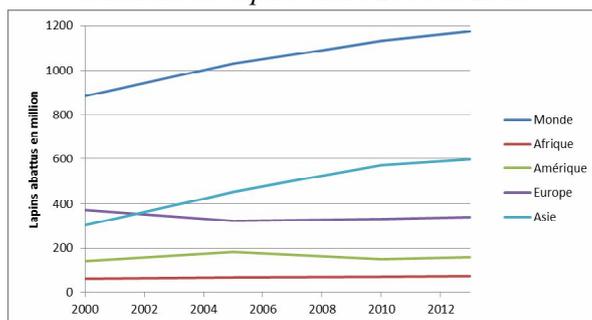
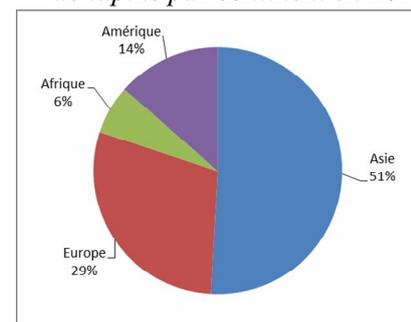


Figure 5 : Répartition de la production de lapins par continent en 2013



L'augmentation de la production s'explique principalement par le développement de l'Asie qui représente en 2013 (Figure 5) 51% des lapins abattus contre 34% en 2000. Sur les 596 millions de lapins produits en Asie, 475 millions l'ont été en Chine (41% de la production mondiale). La production de lapins s'est donc majoritairement développée dans ce pays avec une croissance de 70 % du nombre lapins abattus entre 2001 et 2010 principalement au travers de fermes de petite taille mais aussi de structures industrielles. Ces évolutions doivent tout de même être nuancées du fait que pour certains pays l'évaluation de la production est discutable et que les méthodes statistiques utilisées aujourd'hui peuvent être différentes de celles antérieurement en place.

Le développement de la production de lapins dans les pays d'Asie du Sud-Est est en partie lié à des programmes de création d'élevages de petite taille (Indonésie, Thaïlande, Vietnam notamment) afin de subvenir aux besoins des populations locales. L'espèce est de dimension réduite et avec un cycle de production court permettant de produire à partir de fourrages disponibles localement une viande de qualité à un coût faible. Dans ces pays, la présence endémique de la grippe aviaire et le coût élevé des céréales ont favorisé les élevages de lapins familiaux au détriment de l'élevage de poulets en basse-cour.

Dans ces pays, la consommation de lapin par habitant reste marginale entre 0,03 kg / an / habitant au Japon et 0,50 kg pour la Malaisie. Pour la Chine, la consommation moyenne est de 0,07 kg / an / habitant mais avec des écarts importants entre régions.

Production en Chine

Dans l'article de Wu et *al*, la consommation de la province du Sichuan est évaluée à 3,96 kg / habitant / an, suivi de la province de Chongqing avec 1,93 kg puis par celle de Guangdong (0,63 kg). En 2014, la production s'élevait à 785 000 tonnes de viande de lapin dont 1,2% ont été exportées. La production est donc principalement destinée au marché domestique. Il faut donc relativiser totalement le danger que la production chinoise de lapins ferait courir aux autres cunicultures. La production de viande de lapin représente en Chine seulement 1% de la production totale de viande. Elle est répartie entre des élevages de petites tailles (35 % de la production), des fermes de taille moyenne regroupées en coopératives (40%) et des groupes industriels (25%).

L'élevage de lapins a plusieurs finalités : la production de viande, de poil, de peaux ou d'animaux de compagnie. En 2012 dans la province du Shandong, pratiquement 75% des élevages étaient dédiés à la production de poil Angora et un peu plus de 25% à la production de viande. La Chine était en 2008, le 1^{er} producteur mondial de laine Angora avec 83% de la production. 91% des élevages destinés à la production de viande avaient entre 50 et 99 lapines. La production de lapins pour la fourrure, issues d'animaux de type Rex, est aussi une activité importante. D'après Wu et *al*, la répartition entre ces 3 activités fluctue en fonction des cours de chaque produit. En 2015, 80% des élevages de lapins étaient destinés à la production de viande contre 63% en 2011. La production de lapins de chair tend à se rationaliser avec l'apparition des fermes de tailles importantes utilisant des animaux issus de lignées hybrides importées ou de races locales sélectionnées ainsi qu'avec l'utilisation d'aliment complet. Toutefois, les élevages de petite taille conservent un mode de conduite traditionnel. Aujourd'hui, les éleveurs de taille petite et moyenne avec le soutien du

gouvernement tendent à se regrouper pour former des coopératives afin d'améliorer la gestion technique des fermes ou de commercialiser leurs lapins.

La majorité de la production se concentre dans 2 provinces principalement : le Sichuan et le Shandong (Tableau 1).

Tableau 1 : Répartition de la production de lapins par province en Chine en 2007 et 2013

Rang	2007		2013	
	Province	Lapins abattus (million)	Province	Lapins abattus (million)
1	Sichuan	174 984	Sichuan	503 665
2	Shandong	83 390	Shandong	199 094
3	Henan	39 922	Chongqing	62 442
4	Hebei	30 259	Henan	44 818
5	Jiangsu	28 499	Jiangsu	41 401
6	Chongqing	19 929	Hebei	40 417
7	Fujian	15 284	Fujian	33 066
8	Zhejiang	7 588	Jilin	18 831
9	Shanxi	4 887	Hunan	7 936
10	Hunan	4 648	Guangxi	6 718

La publication de Yan et Zhu évalue des index permettant de mesurer l'efficacité technique et économique des élevages de lapins. Cette étude souligne que les petits élevages (<1000 animaux) avaient une meilleure efficacité technique alors que les grands élevages (>10000 animaux) présentent une meilleure efficacité d'échelle. L'étude de Zhan et Zhu montre que les élevages de taille importante ont un meilleur ratio charges/produits que les petits et donc une meilleure rentabilité.

Production en Asie du Sud-Est :

La production dans les pays d'Asie du Sud-Est (Vietnam, Indonésie, Thaïlande, Malaisie, Cambodge) est principalement destinée à la subsistance des populations locales. Des élevages de très petite taille sont créés avec le soutien des gouvernements. Du fait, du manque de savoir-faire technique et d'intrants ainsi que d'une absence de commercialisation organisée de la viande de lapin, ces élevages ne se développent pas à l'échelle commerciale.

Au Vietnam, la production est estimée à 7,66 millions de lapins/ an en 2012 contre 3,45 millions en 2005 (Tableau 2). La majorité des élevages se trouvent dans les provinces les plus au Nord et les plus au Sud du Vietnam dans des exploitations de très petite taille. La consommation est estimée à 270g / habitant / an.

En Indonésie, le nombre de femelles est estimé à environ 1 million dont 70% se trouvent sur l'île de Java (Tableau 2). Il existe une activité importante de production de lapins pour l'industrie pharmaceutique et comme animaux de compagnie.

Tableau 2 : Evolution du nombre de lapins et de la production de viande au Vietnam et en Indonésie.

		2000	2005	2010	2012	2014
Vietnam	Nombre de lapins (x1000)	1 985	3 450	5 360	7 655	
	Viande de lapins (t)	5700	9900	15400	24600	
Indonésie	Nombre de femelles (x1000)			833	1 074	1 053
	Viande de lapins (t)			112	301	485

En Malaisie, le cheptel est évalué à 430 000 femelles pour 216 fermes.

En Thaïlande, le lapin est perçu comme un animal de compagnie, la consommation est donc très faible. Le cheptel est estimé à 6797 femelles réparties en 89 fermes. L'étude de

Kovitvadhii et *al* fait l'état des lieux de la production cunicole en Thaïlande à partir d'une enquête réalisée auprès de 41 élevages, 3 laboratoires et 2 abattoirs. Les élevages enquêtés produisent 17 000 lapins / an avec un rythme de production extensif. Les abattoirs ne peuvent pas couvrir la demande locale et estiment qu'il existe une possibilité de développement de la production. Le gouvernement a la volonté de développer la production et la consommation de viande de lapin.

Au Cambodge et Inde, la production de lapins est quasi inexistante, il existe tout de même quelques initiatives locales afin de mettre en place une production à petite échelle.

Développement de la production en Asie

Mise à part en Chine où la production tend à se rationaliser la production de lapins du reste de l'Asie est principalement effectuée à très petite échelle et destinée à la subsistance des populations locales.

Le développement de la production en Thaïlande, Indonésie et Malaisie passera par une meilleure acceptation de la part des consommateurs de ces pays de la viande de lapin ainsi que par la mobilisation de la recherche pour développer des techniques d'élevage adaptées aux conditions locales.

Production au Népal :

La publication de Chapagain et Lukefahr présente la mise en place de la production cunicole comme une solution à l'insécurité alimentaire et la pauvreté au Népal. Grâce au soutien de la WRSA et de l'ASFC, une station de démonstration a pu être reconstruite suite au tremblement de terre de 2015. 50 familles victimes ont ensuite reçu une formation, un soutien technique ainsi que des reproducteurs afin de mettre en place une production de subsistance et commercialiser l'excédent de production. L'objectif est que cette démarche serve de modèle à d'autres régions du Népal.

Production en Afrique :

Deux autres pays ont fait l'objet de publications concernant leur macroéconomie cunicole : le Nigéria et la Côte d'Ivoire. Au Sud-ouest du Nigéria, un questionnaire a permis de caractériser la production de 150 éleveurs. Il s'agit d'une population relativement jeune : 58 % de ces éleveurs ont entre 31 et 40 ans avec un âge moyen de 38 ans pour l'ensemble de la population. 70 % d'entre eux sont des hommes et 62 % avaient reçu une éducation. Aucun n'est éleveur à plein temps et 66% n'ont jamais reçu de visite concernant leur élevage de lapins. Ils ont en moyenne 6 ans d'expérience en cuniculture. Cependant 80% sont membres d'une coopérative. 71 % de ces éleveurs ont moins de 31 lapins et 66 % donnent des feuilles comme seul aliment. Les principaux facteurs expliquant la productivité sont l'âge, les années d'expérience, le revenu de l'exploitation, et l'accessibilité aux prêts. On a donc bien une cuniculture vivrière avec cependant un souci de pouvoir mieux vendre ces lapins et un début d'organisation par le biais d'une coopérative dont le rôle n'est cependant pas précisé. Une meilleure accessibilité aux prêts, la mise en place de techniciens visitant les élevages et la création d'un abattoir permettrait rapidement la situation.

De la même façon, 198 élevages ont été étudiés sur le district d'Abidjan et ont montré un développement de l'activité. Elle reste cependant une occupation secondaire dans 95 % de cas, gérée par les hommes dans 94,7% des élevages. 54,8% ont moins de 20 reproducteurs ;

27,1% entre 20 et 50 lapines reproductrices; 12,3% entre 50 et 100 et seulement 5,9 % plus de 100. Le rythme de reproduction est extensif. Le nombre de lapins à la naissance est de 6 en moyenne et la durée de lactation de 30 à 35 jours. Ces données soulignent également le côté vivrier de cette cuniculture comme au Sénégal et au Bénin mais identifie la possibilité des progrès rapides par développement d'un meilleur management.

3. CUNICULTURE ALTERNATIVE

Un travail collectif impliquant l'INRA et l'ITAVI a étudié les performances de consommation et de croissance de lapins bio élevés sur pâture pendant la partie terminale de l'engraissement. Les lapins sevrés à 52 jours étaient placés dans des cages mobiles sur pâture jusqu'à 100 à 120 jours d'âge. Ont ainsi été réalisées 6 répétitions impliquant 6 à 7 cages de 6 lapins chacun (Soit 36 à 42 par essai). Outre le pâturage, les lapins recevaient du foin à volonté et 80 grammes d'aliment lapin bio. La quantité d'herbe consommée était évaluée par coupe d'un échantillon d'herbe sous les cages à leur arrivée et à leur départ. Les résultats montrent que ce type d'élevage est compatible avec des mortalités d'un niveau acceptable (Tableau 3) mais les performances pondérales sont faibles : 15 à 25 grammes de croissance / jour. La consommation de pâture dépend du site et de la saison en relation avec la composition botanique de l'herbe et surtout avec la quantité de biomasse disponible ; celle de granulé est par contre relativement constante. Au total, compte tenu de la teneur en eau de la pâture, la consommation quotidienne de matière fraîche atteint 353 grammes / lapin soit environ un quart de leur poids. Elle se décompose en 76 % de pâture, 21 % de granulé et 2% de foin.

Tableau 3: Performances de croissance, de mortalité et de consommation de lapins bio élevés sur pâture pendant la partie terminale de l'engraissement.

SAISON	PRINTEMPS			AUTOMNE		
	OCEANIQUE	CONTINENTAL	MEDITERRANEEN	OCEANIQUE	CONTINENTAL	MEDITERRANEEN
AGE AU DEMARRAGE (JOURS)	43	59	55	45	55	56
AGE EN FINITION (JOURS)	101	121	103	108	118	94
GMQ (G /J)	15.1	25.8	26.2	15.4	20.4	22.9
MORTALITE (%)	5.6	4.8	4.9	5.6	0.0	3.4
CONSOMMATION (G / J)						
HERBE	55	39	78	35	31	51
GRANULE	72	71	69	72	71	52
FOIN	8	6	16	6	5	0
TOTAL	135	116	163	113	107	103

Un travail hollandais de l'université de Wageningen traitait de l'évolution des systèmes d'élevages développés ou se développant aux Pays-Bas pour satisfaire les exigences du consommateur en termes de bien-être animal. Après avoir rappelé la très forte pression médiatique existant dans le pays sur ce sujet, les auteurs précisent notamment qu'a été substitué au simple concept de souffrance celui du respect du comportement naturel de l'animal d'où des problématiques beaucoup plus complexes. Pour toutes les productions incluant le lapin, un inventaire de tous les aspects insatisfaisants dans les méthodes d'élevage actuelles a donc été dressé en demandant aux scientifiques et aux éleveurs de trouver rapidement des solutions en liaison avec différentes organisations non gouvernementales comme le Dierenbescherming (Organisation de défense des animaux) dont la stratégie est la

négociation avec l'industrie plutôt que la confrontation. Trois programmes sont ainsi en cours d'étude ou / et de réalisation :

Cages femelles bien-être : Dès 2002, le gouvernement néerlandais envisageait une loi interdisant l'élevage du lapin en cage mais a finalement abandonné le projet. Un guide de bonne conduite de la profession réalisé en collaboration avec le Dierenbescherming a mis en avant le concept de cages bien-être disposant d'un enrichissement, d'une mezzanine et d'un sol conçu pour diminuer les problèmes de pattes. En 2011, 50 % des élevages utilisaient déjà ce type de cages qui sera obligatoire en 2016. L'adoption de ces cages bien-être a d'ailleurs été associée à une amélioration des performances ce qui a facilité leur adoption.

Parcs : A côté des cages femelles bien-être et à la demande des distributeurs belges (qui représentent une part majeure du marché des lapins hollandais), les éleveurs hollandais se sont engagés dans l'engraissement des lapins en parcs de 20 lapins. Malgré des débuts difficiles au niveau des résultats techniques, la crainte d'une disparition du marché pour les lapins engraisés en cages et une incitation au niveau des prix d'achat ont abouti à ce que 60 à 70 % des lapins soient aujourd'hui engraisés en parcs.

Elevage des lapines en colonies : Beaucoup d'études ont été consacrées à l'élevage des lapines en colonie. Ainsi, dès l'année 2005, a été testé un système consistant à laisser les lapines en colonie avec un nid individuel dans lequel elles pouvaient rentrer grâce à un collier électronique. Il a dû être abandonné en raison de comportements d'agressivité des lapines. Dans les études actuellement en cours, les femelles sont logées individuellement en début de lactation (ce qui correspond au comportement naturel) et en groupe quand les lapereaux commencent à sortir du nid (ce qui correspond également à leur comportement naturel et elles ne manifestent plus de comportements d'agressivité à ce stade). Les premiers essais sont encourageants et on recherche actuellement comment valoriser cet avantage supplémentaire en termes de techniques d'élevage.

Cette publication insiste sur l'originalité de l'expérience hollandaise et belge. Bien que confrontés à une très forte pression de leurs opinions publiques sur le problème du bien-être, ces pays ont choisi de ne pas légiférer et de laisser leurs associations de producteurs mettre en place elles-mêmes de nouvelles contraintes de production en partenariat étroit avec les associations de défense des animaux et surtout avec les distributeurs écoulant leurs produits afin de dégager une plus-value permettant de financer ces nouveaux investissements.

La dernière publication sur le bien-être émanant de l'équipe italienne de Pérouges a également traité de la mise au point d'un matériel permettant l'élevage des lapines en colonie. Elle sera présentée dans la partie « Ethologie et Bien-être ».

4. RENTABILITE

Les 3 seules publications consacrées à la rentabilité des activités cunicoles n'avaient que peu de rapport avec les préoccupations de la cuniculture européenne. Un travail tunisien étudiait la rentabilité de 276 éleveurs en soulignant l'importance du coût alimentaire. Il rappelait l'importance d'une meilleure organisation de la filière pour rendre celle-ci plus compétitive. Deux publications chinoises présentaient l'évolution prospective des prix du lapin de chair et de la laine angora. La première prévoit une augmentation modérée mais régulière de la consommation de viande de lapin en Chine qui passerait de 0,634 kg à 0,736 kg / habitant / an

entre 2016 et 2025 soit une augmentation de 16 %. Les exportations seraient encore plus faibles qu'aujourd'hui. La publication sur le lapin angora recherchait la possibilité d'appliquer des modèles financiers pour prévoir l'évolution du prix de la laine angora. Les auteurs soulignent la nécessité d'utiliser un ensemble de 3 indicateurs pour avoir une prévision fiable. Une étude hongroise de Szendro et *al* avait pour but d'évaluer la valeur économique de 3 lignées sélectionnées sur différents critères. L'objectif était de comparer les performances des animaux à poids identiques ainsi que des indicateurs économiques. Les résultats des 2 lignées sélectionnées sur les qualités de carcasse et la croissance offrent la meilleure rentabilité. Un des résultats montre que le croisement le plus favorable financièrement pour l'éleveur (PLarge * PKa) n'est pas forcément le plus intéressant pour l'abattoir (Pka * P White). En effet, le facteur influençant le plus la rentabilité de l'éleveur est l'efficacité alimentaire, alors que le rendement carcasse et le % de morceaux nobles ont le plus gros impact sur la rentabilité de l'abattoir.

5. CONSOMMATION – COMMERCIALISATION

Quatre études concernaient la consommation et la commercialisation de la viande de lapin. Un très intéressant travail espagnol étudiait les comportements achat de 4 catégories de consommateurs se différenciant par leurs critères d'appréciation de la valeur :

- Consommateurs peu concernés (36,8 % des consommateurs totaux). En général, peu intéressés par les caractéristiques des produits alimentaires et leur préparation. Concernant le lapin, 17 % de ces consommateurs l'achètent une fois par an ; 12,3 % une fois tous les 2 ou 3 mois ; 39,4 % au minimum une fois par an. Le lieu d'achat est le supermarché ou l'hypermarché. Ils attachent de l'importance au prix et à l'aspect du produit. Ils considèrent la viande de lapin comme savoureuse et bonne pour la santé mais ne sont pas intéressés par des produits nouveaux.
- Consommateurs aimant cuisiner (18,4 % des consommateurs totaux). Ils aiment acheter leur viande chez un boucher et se font conseiller par lui, y compris pour la viande de lapin. Ce segment est celui avec la plus forte proportion d'acheteurs réguliers. Ils sont intéressés par les produits nouveaux.
- Consommateurs hors foyer et recherchant la commodité (28,6 % des consommateurs totaux). Ils achètent en général la viande au supermarché ou à l'hypermarché mais pour le lapin, vont dans des magasins spécialisés où ils recherchent des produits prêts à consommer. Ils sont intéressés par l'innovation. Ce segment est le deuxième pour la consommation de lapin. 77,9 % considèrent la viande de lapin comme savoureuse et 28,1 % comme pauvre en graisse.
- Consommateurs rationnels avec peu d'intérêt pour la préparation des repas (16,2 % des consommateurs totaux). 58,1 % de ces consommateurs achètent leurs lapins à un boucher de proximité, en carcasse pour des raisons de prix. Ils attachent une grande importance à l'aspect et l'information sur le produit. Ils considèrent la viande de lapin comme savoureuse mais sont peu intéressés par l'innovation.

Pour les auteurs, cette segmentation permet de définir des offres produits et des actions différenciées de marketing adaptés à chacun de ces 4 segments afin d'être plus efficace dans la promotion du produit.

Deux études chinoises s'intéressaient aux habitudes de consommation de la viande de lapin en Chine ainsi qu'au packaging. La première résultait d'interviews réalisées sur plusieurs milliers de personnes dans 11 villes. Celles-ci ne sont malheureusement pas identifiées ce qui limite un peu l'intérêt de l'étude en raison des très fortes disparités existant en Chine entre les régions pour la consommation de viande de lapin. Le tableau 4 montre une nette progression du pourcentage de ménagères ayant consommé de la viande de lapin et qui passe de 36 % à presque 50 % mais ces consommations restent peu fréquentes et non régulières. D'ailleurs, une partie importante de cette consommation se déroule dans les restaurants spécialisés ou dans les restaurants hot-pots. Dans les autres cas, les lapins sont achetés au supermarché ou dans des marchés de producteurs mais rarement chez des grossistes. Les principaux obstacles à la consommation sont l'absence d'habitudes de consommation (56%), le manque d'information sur cette viande (37,8 %) et le fait de ne pas savoir la cuisiner (21,8 %). Les consommateurs connaissent partiellement les propriétés nutritionnelles de la viande de lapin. Du reste la seconde étude signale l'absence de véritable marketing sur ce produit et un packaging le mettant peu en valeur, en soulignant la nécessité d'y remédier. Il n'est pas inintéressant de remarquer que beaucoup de ces caractéristiques de la consommation de viande de lapin en Chine se retrouvent dans de nombreux pays dont la France.

Tableau 4: Pourcentage de consommateurs de viande de lapin en Chine et intentions de rachat

	2011	2012	2013	2014	2015
Proportion de ménagères consommant du lapin	36.1	38.6	44.5	46.3	49.8
Intentions de reconsommation	40.6	44.0	53.8	43.5	40.1

Enfin, la dernière publication concernant la commercialisation de la viande de lapin présentait une intéressante étude nigériane sur les « Points faibles – points forts – Menaces – opportunités » de la production de viande de lapin dans ce pays. Elle montre notamment que la production de viande de lapin présente de nombreux avantages et opportunités au Nigéria mais reste insuffisamment connue et organisée au niveau de la production (Tableau 5)

Tableau 5: Points faibles – points forts – Menaces – opportunités de la viande de lapin au Nigéria

POINTS FAIBLES	POINTS FORTS
Faible rentabilité	Haute prolificité
Mauvaise qualité des intrants	Capacité à consommer les fourrages
Lapin vu comme un pet	Utilisation de ressources renouvelables
MENACES	OPPORTUNITES
Faible consommation	Apport alimentaire pour les producteurs
Image insuffisante	Pas de tabous ethniques ou religieux
Peu de savoir-faire	Faible investissement
Pas de politique gouvernementale	Multiples modes de préparation culinaire

6. FORMATION

L'objectif de la publication d'Oseni et Lukefahr est de déterminer comment améliorer le programme de la formation de Licence en sciences animales afin de motiver les étudiants à s'engager dans la production cunivole au Nigéria. En effet diverses études ont démontré que pour les pays en voie de développement la production de lapins est un moyen de réduire la pauvreté, d'améliorer l'autonomie des populations et de développer les compétences

entrepreneuriales. L'étude a souligné la nécessité d'améliorer la formation avec des thèmes en lien avec l'entrepreneuriat, le développement d'élevages locaux, la connaissance des « filières » locales, l'économie et « l'agri-business ».

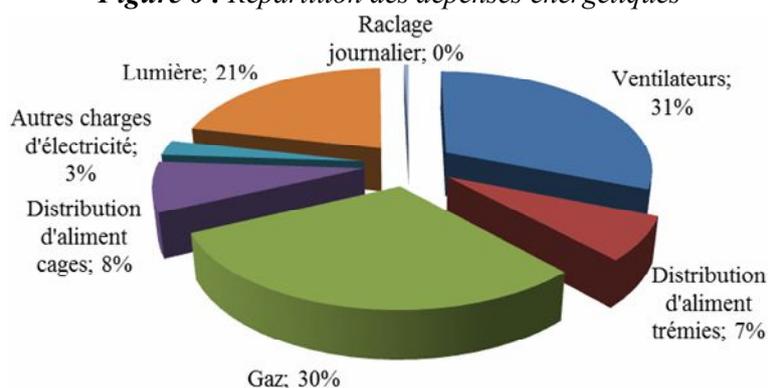
7. TECHNIQUES D'ELEVAGE ET BATIMENTS

Une publication du Mexique (Luis et *al*) évalue l'intérêt de la lactation contrôlée durant 14 jours sur la mortalité des lapereaux et la production laitière des femelles. Elle montre que la lactation contrôlée a un effet bénéfique sur la mortalité des lapereaux.

Une étude du Kenya (Mahunguane et *al*) avait pour but d'évaluer l'effet de l'âge au sevrage dans les fermes de petites tailles sur les qualités de carcasse des lapins. Le sevrage à 4 semaines et l'utilisation d'un aliment commercial ont un effet favorable sur le poids des animaux à l'abattage.

Une étude originale de Menini et *al* avait pour but de présenter les différents postes de dépenses énergétiques d'un bâtiment élevage en France. Les résultats montrent que le principal poste de dépense en énergie est de l'électricité utilisée par les ventilateurs suivie par le gaz servant au chauffage (Figure 6).

Figure 6 : Répartition des dépenses énergétiques



L'étude a aussi évalué l'origine des pertes de chaleurs du bâtiment : 55% d'entre elles sont liées à l'extraction de l'air par les ventilateurs et 24% au sol. Grâce à ces éléments, les auteurs proposent des solutions d'optimisation de la ventilation et de disposition du chauffage.

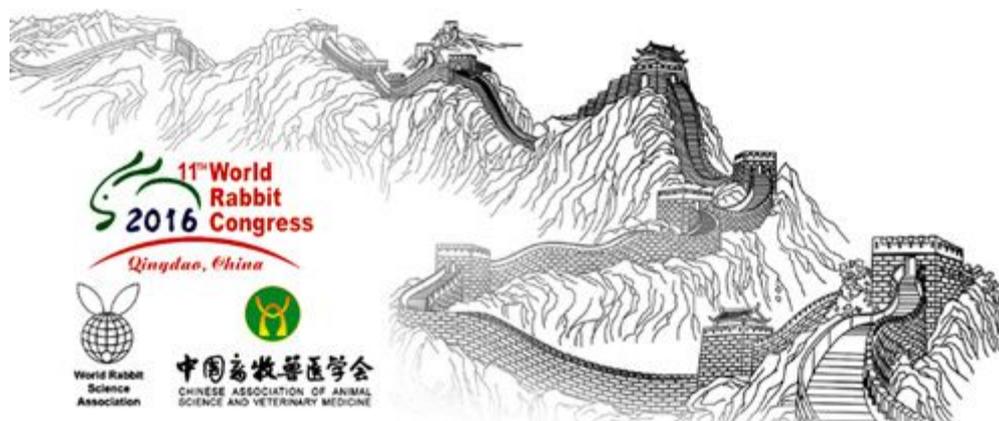
8. EN GUISE DE CONCLUSIONS

En conclusion, cette présentation de la partie «Techniques d'élevage et économie» du congrès de Qingdao met en lumière l'existence de 2 réalités cunicoles totalement différentes :

- Celle des pays émergents dont l'importance croissante est apparue depuis le congrès de Vérone en 2008. Ces pays ont identifié la production cunicole comme une solution pour fournir des protéines de bonne qualité à leur population à partir de matières premières non utilisables par l'homme et avec un risque faible d'épizootie. Ils sont encore dans une phase de « découverte » de leur propre cuniculture qui accède au rang d'activité économique à part entière. Ces études confirment les réelles opportunités de la cuniculture mais soulignent également des facteurs limitants comme une formation technique insuffisante des éleveurs et une connaissance faible de la viande par le consommateur.

- Celle des pays développés essentiellement l'Europe principalement préoccupée de considérations sociétales : bien-être animale, production bio...sur lesquels sont concentrés l'essentiel des efforts de recherche et de développement. Il est significatif qu'aucun pays européen n'ait présenté une communication sur la situation économique globale de sa cuniculture, se concentrant uniquement sur des niches.

Cet écart de dynamisme entre ces 2 cunicultures ne peut qu'à terme remettre en cause le rôle de leadership qu'avait acquis l'Europe en matière de savoir – faire cunicole. Le congrès de Nantes permettra-t-il un rééquilibrage de cette situation ?



Poils & Fourrure : Les apports du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture

par

Daniel ALLAIN* et Joël DUPERRAY**

INRA, UMR GenPhySE Center de recherches de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan
EVIALIS, Talhouët 56250 SAINT-NOLFF

Dix-huit communications (un rapport invité et 17 communications courtes) ont été présentées lors de la session : Poils & Fourrure soit nettement plus que lors du précédent congrès (3 communications : 2 en session génétique et 1 en session nutrition et physiologie digestive). Toutes les communications proviennent de Chine, à l'exception d'1 de France.

L'ensemble de ces communications peut s'articuler autour de 3 volets :

- Technologies de transformation des peaux (5 communications dont papier invité) : 4 sur la fourrure rex et 1 sur le poil angora ;
- Génomique et transcriptomique des gènes modificateurs de la structure ou la couleur du pelage (6 communications) : 5 sur le lapin Rex et 1 sur le lapin angora ;
- Maîtrise production poils et fourrures (7 communications) : 5 sur la production de lapin rex et 3 sur le lapin angora.

1. TECHNOLOGIES DE TRANSFORMATION DES PEAUX ET DU POIL (4 communications + papier invité)

Le processus de tannage des peaux et de filature du poil demeure une préoccupation importante de l'industrie de transformation de la fourrure et du poil angora en vue de satisfaire aux besoins et recommandations exigés par le marché (occidental en particulier) et la présence/absence de résidus chimiques (formaldéhyde) dans les produits finis.

Le papier invité sur les procédés innovants de tannage des peaux et transformation textile des poils traduisait ces préoccupations. Ce papier invité comportait 2 parties : l'une présentée par **Zhang Zongcai sur le processus de tannage des peaux et l'autre par Zhang Yi** sur la filature et transformation des poils. Dans chacune des 2 parties, les orateurs ont fait une présentation/description préalable intéressante des différentes étapes du processus industriel de tannage des peaux et de filature du poil. Ensuite, chacun des 2 orateurs ont présenté les principales préoccupations technologiques de l'industrie du tannage et de la filature.

1.1. Tannage de peaux

En ce qui concerne le tannage des peaux, l'industrie continue à utiliser largement le chrome, l'alun, le formaldéhyde, le glutaraldéhyde, des huiles et différents produits de synthèses organiques. Ces différents agents de tannage et en particulier le formaldéhyde et le chrome sont responsables d'une forte pollution de l'environnement via le rejet des eaux usées, mais portent atteinte aussi à la santé des consommateurs via la présence de résidus dans la fourrure. D'où des **recherches principalement orientées sur des méthodes alternatives à l'utilisation du formaldéhyde et du chrome dans le tannage des peaux et/ou la teinture des fourrures** incluant l'usage de différents composés complexes à base d'aluminium et de

zirconium, ou de nouveaux solvants et complexes organiques et nouveaux sans formaldéhyde ni chrome, voire l'usage de techniques de sonification ou de biotechnologies (traitement enzymatiques) pour dégraisser et nettoyer les fourrures.

Outre ce rapport de synthèse, 2 autres communications ont présenté des résultats sur des méthodes alternatives utilisant un composé complexe de zirconium-aluminium en alternative au formaldéhyde ou une méthode de teinture à basse température. Une méthode de dosage du formaldéhyde et du glutaraldéhyde résiduel dans les fourrures a par ailleurs fait l'objet d'une communication.

1.2. Filature et Transformation du poil angora

Le poil de lapin est difficile à transformer en fil 100% angora, en raison de la faible dimension des écailles du poil qui limite l'adhésion des poils entre eux lors de la fabrication du fil. D'où un risque important de perte de poil ou « pilling » à l'usage des produits finis 100% angora confectionnés.

Les recherches sont principalement orientées vers l'**utilisation de nouvelles méthodologies de cardage et filature en pur (100%) poil de lapin** en vue de fabriquer des nouveaux produits finis de haute qualité **sans défaut de « pilling »** à l'usage tout en maintenant les qualités intrinsèques du poil de lapin : finesse, souplesse, légèreté et capacité d'absorption de l'humidité (dont la transpiration) afin de mieux répondre à la demande des consommateurs.

De nouvelles cartes ont été développées. Des méthodes d'enrobage et/ou traitements de surface du poil (émulsion de polymères) sont proposées afin d'améliorer la cohésion des fibres dans le fil et les opérations de teinture par dispersion à l'aide de différents polymères.

Concernant les recherches sur la fabrication de nouveaux produits en angora, une communication a fait état d'une méthode d'enrobage du poil avec des produits anti-bactériens en vue de fabriquer des produits plus hygiéniques.

2. GENOMIQUE ET TRANSCRIPTOMIQUE DES GENES MODIFICATEURS DE LA STRUCTURE OU DE LA COULEUR DU PELAGE (6 communications)

2.1. Expression des gènes de coloration chez le lapin rex.

Les travaux de recherches sur l'identification et l'expression des gènes de coloration du pelage chez le lapin rex ont fait l'objet de 4 communications.

Les chercheurs chinois réalisent beaucoup de travaux de génétique moléculaire sur l'expression différentielle des gènes au niveau de la peau en vue d'identifier les gènes responsables de la couleur du pelage. Ces méthodes basées sur le séquençage des ARNm et leur quantification mesurée par qRT-PCR exprimés dans la peau permettent d'identifier les ensembles de gènes (plusieurs centaines en général) associés à l'expression d'un patron de couleur. Cela a été fait par analyse comparative entre des rex blancs, des rex chinchilla (2 communications) et chez le castor rex (1 communication) en comparant les zones colorées du dos et les zones blanches du ventre.

Une mutation autosomale récessive du gène MLPH (délétion 1bp dans exon 6 du gène) a été identifiée comme responsable du phénotype « dilute » ou dilution de la couleur de la robe chez le lapin dans le cadre d'une collaboration entre l'université de Bologne en Italie et l'INRA (Fontanesi et al 2014). Une communication lors du dernier congrès mondial a permis de valider et confirmer le rôle de cette mutation du gène MLPH en mesurant l'expression de ce gène sur 32 animaux castor ou chinchilla porteur ou non du phénotype « dilute ». Le

niveau d'expression du gène *MLPH* est très fortement réduit (5 à 7 fois) chez les animaux porteurs du phénotype « dilute ».

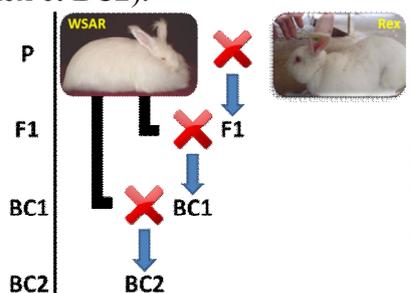
2.2. Expression des gènes contrôlant le développement du pelage chez le lapin.

Une communication a mis en évidence, par analyse histochimique de section de peaux, le rôle de la protéine Wnt-10b et de la β -caténin dans le développement et le fonctionnement cyclique des follicules pileux de la naissance jusqu'à l'âge de 2 mois chez le lapin. L'expression de la protéine Wnt-10b est exclusivement observée dans le bulbe pileux et dans les gaines internes et externe du follicule pileux à la naissance et aux âges de 6 et 8 semaines lorsque le follicule démarre un nouveau cycle de croissance et exclusivement dans les gaines du follicule pileux à 2 et 4 semaines d'âge lorsque le poil est en croissance. D'où l'hypothèse d'un rôle important de la protéine Wnt-10b dans le cycle du follicule pileux par la voie de signalisation Wnt/ β -caténine.

Commentaire : le rôle de cette voie de signalisation est déjà connu et a été mis en évidence chez la souris.

2.3. Identification des gènes responsable de la longueur des poils chez le lapin longueur des poils chez le lapin angora.

Une étude visant à identifier les gènes responsables de la longueur des poils a été conduite dans une population d'animaux issus d'un croisement en retour entre le lapin Angora de souche Wan et un lapin rex (F1 : Angora* rex ; BC1 : croisé F1 * rex et BC2 : croisé BC1 * Rex et BC2).



Cette étude a été conduite à l'aide d'une analyse d'association entre les phénotypes mesurés de la longueur des poils observés dans 2 groupes de lapins croisés à poil court ou long et le séquençage d'une bibliothèque de fragments courts d'ADN couvrant l'ensemble du génome du lapin qui a permis d'identifier 365 662 SNP.

Elle a permis de confirmer le caractère récessif du phénotype angora dans les populations F1, BC1 et BC2 et d'identifier des zones des chromosomes 1, 2 et 15 associés au phénotype angora.

Commentaire : L'approche du génotypage par séquençage représente une voie d'investigation intéressante. Mais le dispositif n'a pas permis de confirmer mais seulement suspecter comme probable un résultat antérieur sur l'identification du gène *FGF5* comme responsable de la mutation angora chez le lapin (Mulsant et al, 2004). Le dispositif aurait pu également permettre d'identifier confirmer le gène *LIPH* responsable de la mutation rex (Diribarne et al, 2012).

3. AMELIORATION DE LA PRODUCTION POILS & FOURRURE (7 communications)

La maîtrise et l'amélioration de la production de poils et fourrures a fait l'objet de 4 communications chez le lapin rex et 3 communication chez le lapin angora.

3.1. Effets de supplémentation et additifs alimentaires chez le lapin rex.

Trois communications ont présentés des résultats d'essais de supplémentation dans l'alimentation.

En testant différents taux de **supplémentation en cystine** (de 0% à 0.8%) dans la ration, une supplémentation en cystine de 0.6% permet d'améliorer différentes caractéristiques

(épaisseurs, couleur de la robe, résistance des poils et résistance mécanique des peaux) de la qualité des fourrures. A noter que ni le taux de protéines ni les taux de cystine et de méthionine du régime de base ne sont connus (bien que demandés) ce qui rend bien évidemment délicat l'interprétation des résultats.

Les effets d'une **supplémentation en acide pantothénique** de 0, 10, 20, 40 ou 80mg/kg pour un taux global mesuré de 6.7, 15.2, 27.3 48.8 et 88.7 mg/kg, ont permis de montrer qu'une supplémentation de 20 à 40 mg/kg (soit une teneur globale de 27.3 à 48.8 mg/kg) permet d'améliorer la croissance des animaux entre 3 et 5 mois d'âge, l'indice de consommation, la surface, le poids et la hauteur de la fourrure des animaux à l'abattage ainsi que différents paramètres de qualité de la viande (rendement carcasse, pH, couleur de la viande, résistance au tranchage).

Les effets d'une **supplémentation en mélatonine** de 0, 10, 25 ou 40 mg/kg sur les performances de croissance et de qualité des peaux produites à l'âge de 130 ou 150 jours ont été étudiés chez le lapin Rex. L'ajout de mélatonine n'a aucun effet sur la croissance et l'indice de consommation des animaux. Par contre une supplémentation de 25 ou 40mg de mélatonine permet d'obtenir des fourrures plus denses avec des poils plus longs et un cuir plus fin à l'âge de 130 jours comparativement à des animaux témoins (0% de mélatonine) âgés de 150 jours.

Commentaire : Le rôle de la mélatonine administrée sous forme d'implants ou par voie orale pour maîtriser le cycle des mues et accélérer la production d'une fourrure ou d'un pelage de type hivernal est connu depuis 35 ans. Son administration dans l'aliment est une voie originale, mais probablement coûteuse en quantité de matière car seule la mélatonine consommée dans la seconde partie de la journée ou en fin de phase claire a un effet. D'autre part la mélatonine étant considérée comme un neuro peptide hormonal, son usage dans l'alimentation n'est pas recommandé et reste interdit dans le contexte réglementaire européen. Un traitement photopériodique a un effet aussi, voire plus efficace.

3.2. Management de la production de fourrure rex en Mongolie Intérieure

La variabilité de la qualité de la fourrure (longueur, largeur, surface, densité de fourrure et hauteur des poils) de 4 souches de lapin rex (Venus, Hebei, Color et local) a été étudiée pendant 3 ans en fonction de la saison d'abattage (âge de 5,5 mois) des animaux dans les conditions climatiques difficiles de la région montagneuse de Hulunbeier en Mongolie intérieure.

Les animaux étant élevés en bâtiment, les conditions climatiques difficiles n'ont pas eu d'impact significatif sur la qualité des fourrures produites. Les peaux produites en été et en hiver sont de moins bonne qualité. Il en est de même pour les peaux produites avec la race locale de rex

3.3. Le lapin angora

Les caractéristiques de 2 nouvelles souches de lapin angora, l'une à toison laineuse, le Zhexi, l'autre à toison laineuse, le Wan ont été présentées lors du dernier congrès mondial.

Le lapin angora Zhexi est une nouvelle souche à toison laineuse reconnue en 2010. Elle a été obtenue par croisement des 3 souches de lapins angora chinois (Shengzhou, Zhenhai et Pingyang angora rabbits) qui avait été obtenus suite à des croisements entre des races angora chinoises et des lapins angora de souche allemande importés au cours des années 80. Le lapin Zhexi est un animal de grande taille (5.3 - 5.5 kg) produisant 1.8 - 2.0 kg poil/an (intervalle entre tonte de 70-75 jours). En Chine il existerait environ 3 millions de lapin Angora de souche Zhexi répartis dans 20 Provinces.

Le lapin angora Wan est une nouvelle souche à toison jarreuse reconnue en 2010. Elle a été obtenue par croisement entre un lapin angora de souche allemande et un lapin de chair néo-zélandais sélectionné durant 20 ans sur la jarrosité de la toison. C'est un animal de plus petite taille que le lapin Zhexi, 4.2 kg, produisant 1.5 kg de poil / an (avec un intervalle entre tonte de 61 jours) contenant une proportion de poil jarreux de 16-17%.

Commentaire: Ces données démontrent que les chinois ont fait un effort particulier de sélection à partir des souches allemandes importées dans les années 80. Ils disposent aujourd'hui de 2 souches très productives à toison laineuse ou jarreuse.

La durée de vie productive et l'intervalle entre tonte, 2 critères de variations importants de la productivité du lapin angora ont été étudiés en vue d'optimiser la production de poil dans un élevage commercial. L'intervalle entre tonte optimum est de 75 jours lorsque les fibres atteignent une longueur de 55mm. La production de poils la plus faible est observée chez le jeune entre la 2^{ème} et la 3^{ème} tonte. Elle est maximale entre la 4^{ème} et la 12^{ème} tonte, puis décroît ensuite. La durée de vie productive est de 28 mois. La production de poil et l'indice de consommation poil (35-70) varient selon la saison avec une production de poil plus faible en été.

Commentaire: Ces données collectées dans un élevage commercial, apporte un éclairage intéressant sur la productivité de l'élevage de lapin angora en Chine.

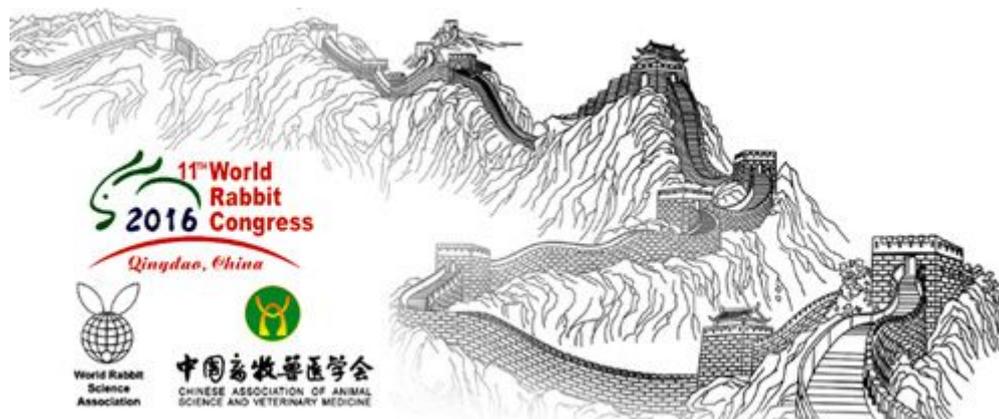
4. CONCLUSIONS

L'essentiel des communications de la session poils & fourrure, provenait de Chine qui à ce jour est le principal, voire l'unique, producteur mondial de poil angora et de fourrure Rex. Les recherches sur cette thématique sont plus ou moins inexistantes dans les autres pays à l'exception jusqu'à présent de la France.

Les recherches et communications présentées lors de ce congrès mondial concernent principalement le secteur de la transformation des peaux et du poil, sujet d'importance pour la Chine qui est aussi au niveau mondial le principal transformateur de poil angora et de peaux de lapin. L'intégralité de sa production est transformée sur place. Mais selon les variations d'une demande plus ou moins spéculative la Chine peut importer des millions de peaux chaque année en provenance des abattoirs de lapin de chair européen. Ce qui n'est pas sans conséquences sur le marché et la production du lapin de chair en Europe lorsque le prix des peaux achetées en abattoir varie entre 0 et 30-35 % de la valeur du lapin de chair payé à l'éleveur.

Plusieurs communications en génétique moléculaire avec un ensemble de travaux de génomique sur les gènes de coloration ont également été présentées confirmant l'intérêt apporté par les chercheurs chinois à ces nouvelles technologies. Mais peu de communications ont apporté de nouvelles connaissances.

De même dans le domaine de la maîtrise de la production, l'absence de nouvelles connaissances ou méthodes de production pourrait s'expliquer par une certaine méconnaissance ou difficultés, pour les chercheurs chinois, d'accès des travaux déjà publiés. D'où leur demande de collaboration à laquelle il nous sera difficile de répondre en l'absence d'un maintien de ce type de recherche en Europe.



Qualité de la viande et des produits Les apports lors du 11^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture

par

Marie BOURIN* et Chantal DAVOUST**

* ITAVI, URA - INRA Centre Val de Loire, 37380 NOUZILLY

** INZO°- Rue de l'église - BP 19 - Chierry - 02402 CHÂTEAU THIERRY Cedex

1- INTRODUCTION

La session " Qualité de la viande et des produits " a permis la production de 16 communications, soit 7,3% des communications produites dans le cadre de ce congrès (Tableau 1). Cette proportion est plus faible que celle observée en 2008 à Vérone et 2012 à Sharm El-Sheik

Tableau 1 : Nombre de communications sur la viande, présentées lors des derniers congrès (mis à jour à partir de l'analyse de Combes et Vastel, Ombres & Lumières 2013)

Années	2000	2004	2008	2012	2016
Nombre de communications	20	19	32	22	16
% ensemble des communications	8,8	8,2	11,3	10,8	7,3
Nombre de pays (1er auteur)	6	8	11	8	9

Les publications provenaient de 9 pays différents (Figure 1) dont près de la moitié (43,7%) étaient issus de pays africains, 1 quart de l'Europe et 1 quart de l'Asie, les 7 % restants provenant de l'Amérique du Sud.

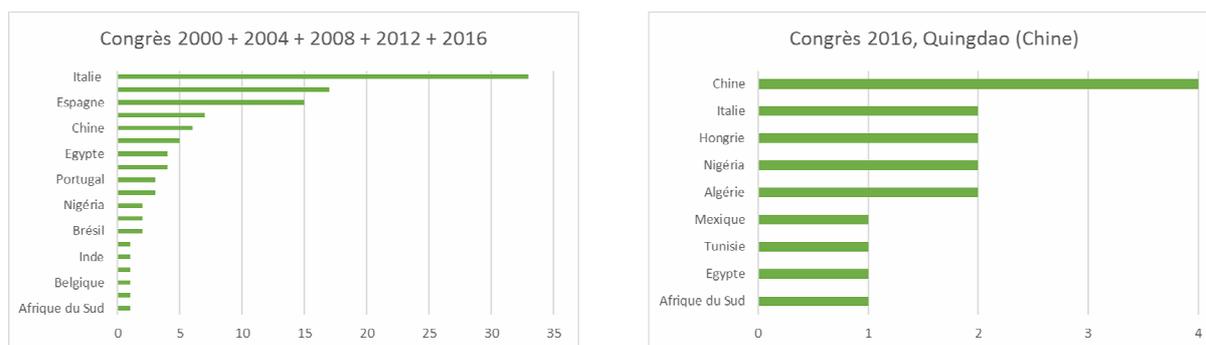


Figure 1 : Répartition des communications de la session "Qualité de la viande de lapin et des produits" entre les différents pays (1er auteur) (mise à jour à partir de l'analyse de Combes et Vastel, Ombres & Lumières 2013)

La plupart des communications se sont intéressées aux différentes stratégies alimentaires et leurs impacts sur la composition corporelle (Figure 2). Quelques une traitaient de la qualité organoleptique, nutritionnelle et technologique, ainsi que du rendement à l'abattoir.

Les 2 publications de Moumen et al (2016) n'ont pas été détaillées du fait de leur faible intérêt, en effet leur évaluation concerne uniquement une race locale de lapin qui n'est comparée à aucune autre. Il s'agit essentiellement de résultats descriptifs.

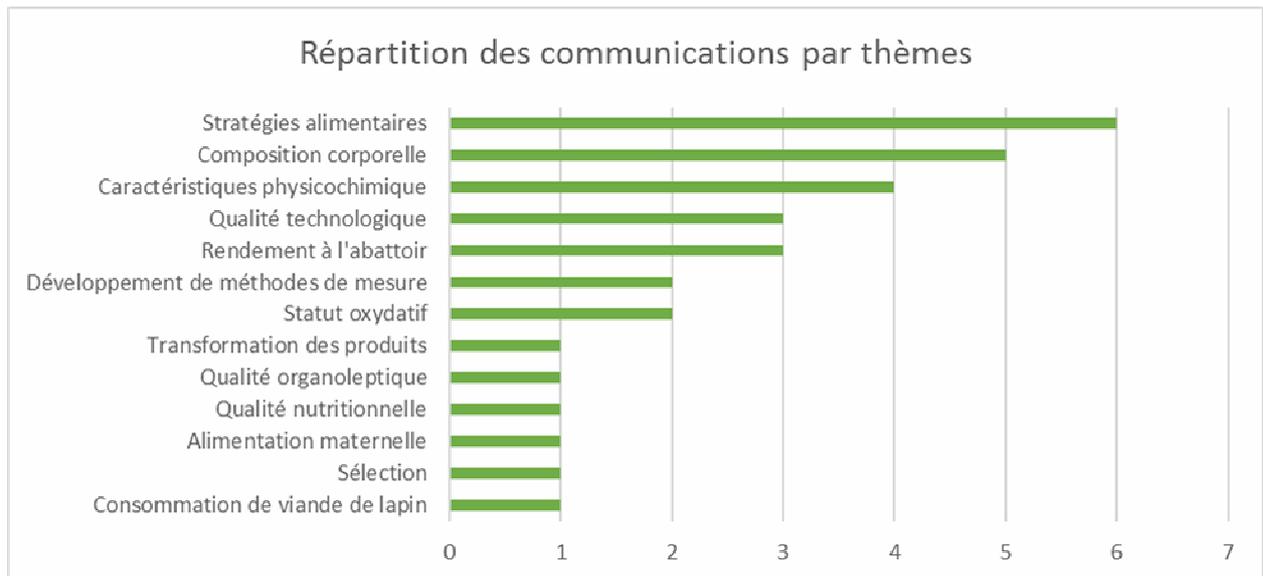


Figure 2 : Répartition des communications de 2016 selon les différents thèmes

2 - LA CONSOMMATION DE LA VIANDE DE LAPIN AU NIGERIA

Papoola *et al.* (2016) a conduit une enquête visant à évaluer les habitudes de consommation des habitants de Ibadan, capitale et principale ville de l'État d'Oyo, au Sud-Ouest du Nigeria. Après Lagos et Kano, Ibadan est la troisième plus importante ville du pays. Il ressort de cette enquête que sur les 249 personnes interrogées, les répondants étaient essentiellement des hommes ayant un niveau d'étude et des revenus élevés. 67 % des répondants n'avaient jamais mangé de viande de lapin. La non consommation de viande de lapin tenait essentiellement au fait que cela ne faisait pas partie de leurs habitudes et que la viande de lapin est assez peu accessible sur le marché. Les auteurs préconisent de faire la promotion de la viande de lapin en appuyant sur les qualités nutritionnelles de cette viande.

Cet essai n'a été réalisé qu'auprès des habitants d'une grande ville, qui ne sont pas représentatifs de la population du Nigéria. Il aurait été intéressant d'évaluer les différences de consommation de la viande de lapin avec la population rurale, par exemple puisque l'élevage s'adapte bien à des conditions traditionnelles de production. Aucune communication ne relate le nombre d'élevages et leur localisation nigériane. Cette étude souligne le manque de visibilité dans une ville, de cette viande dans un pays en voie de développement.

3 - LES STRATEGIES ALIMENTAIRES VISANT A AMELIORER LA QUALITE

3-1 Ajout d'additifs nutritionnels

Dans cette thématique, 2 articles traitent du statut oxydatif des lapins. Abdel-Khaled *et al* (2016) ont évalué l'effet de la supplémentation en Sélénium (Se) à différentes concentrations sur l'activité de la Glutathione peroxidase (GPx) et la qualité de la viande. Les auteurs rappellent que la supplémentation de l'aliment en Sélénium n'est a priori pas nécessaire pour la croissance des lapins. Cependant, le Sélénium est décrit comme jouant un rôle prédominant dans la régulation de la GPx, qui appartient à une classe d'enzymes protégeant les cellules de l'oxydation dans les tissus animaux. Les résultats de leur étude indiquent que l'activité de la GPx augmente avec le niveau de Se jusqu'à une concentration de 0,2 mg Se/kg, et diminue

pour les concentrations au-delà. Par ailleurs, la supplémentation en Se joue un rôle au cours de la conservation de la viande à -20°C, notamment en améliorant sa capacité de rétention en eau après 1, 2 et 3 mois de conservation. Par contre, le bénéfice de la supplémentation en Se à 0,2 mg Se/kg sur le statut oxydatif de la viande, ne se voit qu'après 3 mois de conservation, l'effet étant même inversé après 1 mois de conservation.

Mattioli *et al* (2016) ont quant à eux évalué l'effet d'une supplémentation d'un extrait éthanolique de germes de blé (EWS) distribué dans l'eau de boisson (1,5 mL/jour pendant 50 jours) sur le statut oxydatif de lapins en engraissement. L'extrait éthanolique de germes de blé limite l'oxydation des lipides plasmatiques (43,2 vs 59,5 nmol MDA/mL pour le lot témoin), et ne dégrade pas le niveau d'oxydation des protéines. Par ailleurs, les concentrations plasmatique et musculaire de cholestérol étaient inférieures dans le groupe EWS. L'addition d'EWS semble ainsi améliorer le statut oxydatif du lapin en modifiant le profil phytochimique de la viande (antioxydants, cholestérol), ce qui améliore sa qualité.

Les résultats de ces deux études semblent intéressants mais il est dommage que les auteurs n'aient pas donné d'information sur les performances zootechniques des lapins. L'étude a été réalisée sur 6 et 10 d'animaux par groupe respectivement, ce qui est un effectif faible pour en ressortir des différences statistiques. Aucune estimation du coût de ces suppléments n'est donnée.

3.2 : Effet de matières premières spécifiques

La modification de la composition en acides gras a été étudiée dans 2 articles. Dabbou *et al* (2016) ont évalué les effets du marc de myrtilles sur la qualité nutritionnelle des acides gras du muscle *Biceps femoris* de lapins hybrides (Hypharm), en substituant 50, 100 ou 150 g/kg de l'aliment classique par du marc de myrtilles. Au moment de l'abattage, à 83 jours d'âge, les aliments contenant du marc de myrtilles n'ont pas modifié le pH, la couleur, la perte en eau ni le taux de cendres et de protéines du muscle. Par contre, le profil en acides gras (AG) a été modifié avec une augmentation des acides gras polyinsaturés (AGPI) et des AG n-3, et une diminution des AG saturés (AGS) et mono insaturés. L'aliment à base de marc de myrtille améliore également le ratio AGPI / AGS et AG n-6 / n-3 de la viande de lapin et même la concentration en marc de myrtille la plus faible (50 g/kg).

Dans cette étude (Dabbou et al, 2016), il n'est pas précisé quelles matières premières de l'aliment témoin, ni dans quelles proportions, remplace le marc de myrtille. Par ailleurs, la disponibilité du marc de myrtilles est très restreinte en France. D'autre part, il n'est pas certain que les résultats soient les mêmes pour un abattage plus précoce (70 jours au lieu de 83 jours).

Dans la seconde étude décrite par He *et al* (2016), la pulpe de citrus a été intégrée à l'aliment à différents niveaux de concentration (7, 14 et 21 %) et son effet a été évalué sur la qualité technologique et composition en AG des muscles *Longissimus lumborum* et de la patte arrière. Le pH des muscles étudiés et les pertes en eau étaient plus élevés chez les lapins nourris avec le la pulpe de citrus et ce, quelle que soit la concentration. De plus, l'ajout de pulpe de citrus semble augmenter les proportions en AG Insaturés (AGI) et AGPI dans les muscles étudiés. L'auteur conclut que la pulpe de citrus a un double intérêt, d'une part au regard de la qualité de la viande et d'autre part d'un point de vue économique.

Dans cette étude, aucune information n'est donnée sur la composition de l'aliment, outre le fait que de la pulpe de citrus a été intégrée à la formule. Par ailleurs aucune information sur le coût de production de l'aliment n'est donnée, il n'est donc pas possible de conclure

sur l'intérêt économique de l'introduction de la pulpe de citrus dans l'aliment. Les conclusions sont donc à prendre avec prudence.

Mendoza-Velásquez *et al.* (2016) ont montré que la couleur et le pH de la viande n'étaient pas impactés par la supplémentation en Omega 3 de l'aliment (40 mg/Kg de poids corporel) distribué par voie orale pendant 50 jours. Le poids vif à l'abattage n'a pas été impacté par l'incorporation d'Oméga 3 dans la ration alimentaire.

Malheureusement, l'auteur n'a pas étudié le profil en AG de la viande, ce qui manque pour la discussion des résultats. Par ailleurs, l'origine des Oméga 3 n'est pas spécifiée.

Des lapines ont été nourries au moment de la gestation et de l'allaitement avec un aliment enrichi en AG n-3. Ainsi 3 régimes alimentaires ont été testés durant la phase maternité, 1 classique dit témoin, et 2 enrichis en AG n-3 (huile de poisson ou graines de lin). L'objectif était de vérifier si cette alimentation maternelle enrichie en AG n-3 pouvait modifier l'expression et l'activité de la Δ^6 désaturase dans le foie de la descendance. A la naissance, l'activité de l'enzyme ainsi que l'expression du gène étaient sous régulés chez les petits des mères ayant reçu l'aliment enrichi en graines de lin. Par contre, après 20 jours de lactation, le gène était surexprimé dans le foie des lapereaux dont les mères avaient reçu l'aliment enrichi en huile de poisson. La supplémentation de l'aliment maternel en AG n-3 a modifié le métabolisme des acides gras des lapereaux essentiellement pendant la période de lactation.

L'ajout d'huile poisson n'est pas autorisé en France en nutrition animale, par ailleurs, il peut comporter des risques d'inappétence de l'aliment pour le lapin. Quid des effets de cet enrichissement en AG n-3 sur la phase d'engraissement ?

Enfin Ayandiran *et al.* (2016) ont étudié la qualité de la carcasse et la composition sanguine de lapins nourris avec des restes de pain de l'industrie boulangère (riche en énergie, à faible teneur en fibres mais à haute teneur en vitamines) et des feuilles de *Moringa oleifera* (fourrage de haute qualité). Pour ce faire, les restes de pain et les feuilles de *Moringa oleifera* sont venus en remplacement de l'alimentation dans différentes proportions (0, 25, 50 et 100 %). Aucune différence significative n'est observée concernant le poids à l'abattage, par contre les animaux nourris exclusivement avec les restes de pain et les feuilles de *Moringa oleifera* avaient des pattes avant et arrière plus grosses que celles des autres lapins. Par ailleurs, le taux de cholestérol dans le sang était inférieur, et la concentration en globules rouge supérieure, pour les lapins nourris avec les restes de pain et les feuilles de *Moringa oleifera* et ce quel que soit le niveau d'intégration dans la ration alimentaire. De plus, le taux de protéines dans le sang était supérieur chez les lapins nourris exclusivement avec les restes de pain et les feuilles de *Moringa oleifera* comparé aux 3 autres traitements.

L'emploi des restes de pain et des feuilles de Moringa oleifera semble être une bonne alternative dans des pays en voie de développement à une alimentation classique étant donné que les performances de croissance ne sont pas affectées, cependant aucune information n'est donnée sur la qualité nutritionnelle ou organoleptique des produits.

4- LES EFFETS DE L'AGE A L'ABATTAGE SUR LA COMPOSITION ET LE RENDEMENT EN CARCASSES

L'effet de l'âge à l'abattage sur la composition de la carcasse a été évalué dans 2 articles. Li *et al.* (2016) ont évalué les conséquences d'un abattage à 60, 70 et 80 jours sur la composition en AG, la teneur en cholestérol, eau, cendres, protéines et gras intramusculaire

de deux muscles que sont le *Longissimus dorsi* et la patte arrière. D'après les résultats, la viande des lapins abattus à 70 jours présentait le meilleur profil en AG (forte proportion des AGPI), ainsi qu'une faible teneur en cholestérol et en gras intramusculaire. North *et al.* (2016) ont examiné les rendements de différentes parties de la carcasse pour 2 lignées (Californian et hybrid Dutch red X Californian) à différents âges. Les lapins étaient abattus toutes les 2 semaines entre 9 et 17 semaines d'âge. Les résultats de cette étude montrent qu'un abattage à 13 semaines permet d'améliorer le rendement des morceaux de la carcasse à forte valeur ajoutée. Par ailleurs, la lignée Californian semble obtenir de meilleurs rendements que la lignée hybride.

Contrairement à ce qui est annoncé dans le titre, aucune valeur sur la composition de la carcasse n'a été mesurée. De plus, l'aliment distribué n'était pas optimisé pour les lapins puisqu'il s'agissait d'un aliment pour veaux. Dans les 2 articles, aucune information n'est fournie sur la composition en matière première de l'aliment distribué aux lapins, ni sur les modalités de distribution de la ration.

5 - TRANSFORMATION DES PRODUITS

Wang *et al.* (2016) ont mesuré les transferts de masse de la viande lors du saumurage à différentes concentrations en sel (5, 10, 15, 20 et 25 % NaCl w/w). Le gain de poids et la teneur en eau de la viande diminuent alors que la teneur en sel augmente quand la concentration en sel de la saumure augmente.

L'auteur annonce dans son résumé que la structure des myofibrilles ainsi que la texture de la viande seront également analysées, hors aucun résultat n'est présenté sur ces deux points. Par ailleurs, l'intérêt de ses travaux n'est pas explicité. Nous ne comprenons pas très bien pourquoi il cherche à voir les effets du saumurage sur la viande de lapin. Est-ce pour trouver un nouveau moyen de conservation ou de préparation de la viande ? Aucune indication ne nous permet de répondre.

6 - DEVELOPPEMENT DE METHODES POUR ANALYSER LA QUALITE DES CARCASSES.

Donko *et al.* (2016) ont mis au point un système de mesure par tomographie de la composition corporelle en matières grasses chez le lapin vivant. Les meilleurs résultats sont obtenus pour les coupes de 2 mm avec une correction morphologique. Le coefficient de corrélation de Pearson entre l'estimation du taux de la quantité de gras corporel et la mesure réalisée par dissection est de 0,68. Cette méthode non invasive permet d'évaluer la composition corporelle du lapin vivant, ce qui confère un gain de temps et une meilleure répétabilité comparé à la méthode de dissection.

Plusieurs publications relatent de l'intérêt de la méthode par tomographe notamment dans la session génétique quel que soit le stade de production.

7 - ET AUSSI..

Une sélection divergente sur la teneur en gras corporel montre que dès la première génération, les lapins des deux lignées présentent des taux d'engraissement différents (Szendro *et al.*, 2016). Ces différences s'accroissent à la deuxième génération.

Cette communication est étroitement liée à la génétique. Les objectifs de l'études ne sont pas définis : intérêt de produire des carcasses moins grasses ? De connaître les composantes génétiques liées à l'engraissement ?

L'identification des composés volatiles présents dans la viande de lapin a été réalisée afin de mieux comprendre ce qui caractérise son odeur. Au total, 35 composés volatiles ont été identifiés et quantifiés par spectrométrie gazeuse tels que des aldéhydes, alcool, acides, composés hétérocycliques et esters. Les aldéhydes ressortent comme étant les composés clé de l'odeur de la viande de lapin, et sont également ceux pouvant être à l'origine d'une odeur désagréable. Par ailleurs, la concentration de ces composés était supérieure dans la viande des mâles comparée à celle des femelles.

Ces informations sont déjà connues dans d'autres espèces (viande des mâles plus odorante que celle des femelles. Intérêt de cette étude ?

8 - CONCLUSION

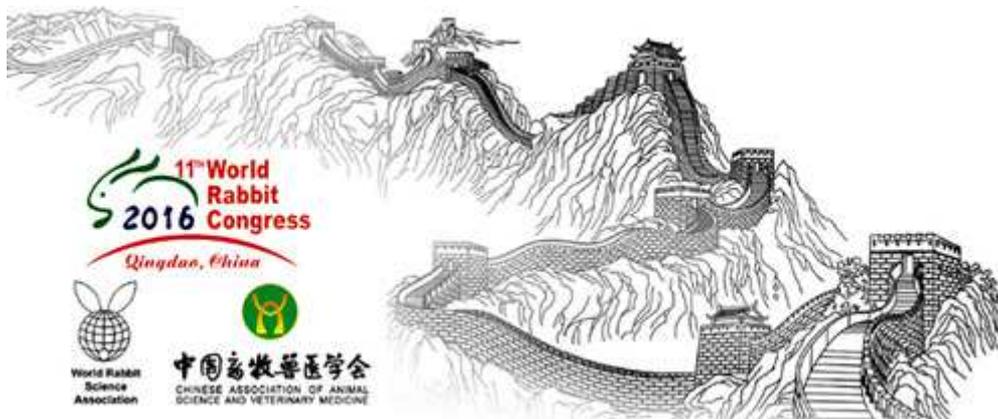
Les communications consacrées à la qualité de la viande et des produits, ont conforté un certain nombre d'acquis.

Certaines études manquent de rigueur scientifique (effectifs trop faibles, non communication de la composition des aliments...) et l'attribution de certaines communications ne semble pas toujours judicieuse par rapport au thème choisi.

Beaucoup d'études portent sur l'utilisation dans l'alimentation de matières premières alternatives ou sur l'utilisation de suppléments nutritionnels visant à améliorer la qualité nutritionnelle des produits ou de conservation. Dans la plupart des articles, peu d'informations sont données sur la composition des aliments et les rations distribuées et il est difficile de discuter les résultats sur ces points.

Par ailleurs, l'amélioration de la qualité nutritionnelle passe entre autre, pour les auteurs, par l'amélioration du profil en AG de la viande de lapin. Compte tenu de la faible teneur en AG dans la viande de lapin, l'intérêt nutritionnel d'un enrichissement en AGPI sera sans doute assez limité pour l'homme.

De plus, aucune étude n'a été présentée sur le rendement carcasse alors que tous les facteurs explicatifs sont loin d'être connus.



Session pathologie : Apports du 11^e Congrès Mondial de Cuniculture, Qingdao, Chine

par

Samuel BOUCHER*, Bernadette LE NORMAND**,
Dominique LICOIS***, Sylvie COMBES****

*Labovet Conseil, Les Herbiers (85)

** VeLVet, St Brice en Cogles (35)

*** Retraité INRA, St Laurent-en-Gâtines (37)

****INRA, GenPhySE (NED), Castanet-Tolosan (31)

1. GENERALITES

Le thème dominant les 32 publications (dont 1 synthèse) ou posters de la session pathologie est le parasitisme, avec 10 publications sur les coccidies et la coccidiose, et 5 publications sur d'autres parasites (digestifs ou cutanés). Le deuxième sujet est la maladie hémorragique virale (VHD) avec 6 publications.

La Chine a fourni 42% des publications ; le deuxième contributeur est la France (19%).

2. COCCIDIES ET COCCIDIOSES

Dix papiers relatifs à ce thème ont été présentés lors du congrès, soit pratiquement un tiers de l'ensemble des communications de la session pathologie, la majeure partie émanant de la Chine ; logique, la Chine était le pays organisateur du congrès, mais cela souligne probablement aussi l'importance des coccidies et des coccidioses pour ce pays ou tout du moins l'importance que les chinois leur accordent avec une volonté majoritairement orientée vers la vaccination. En effet, 7 communications y ont été consacrées.

L'un des articles a fait l'objet d'une synthèse associant aussi la VHD et avait pour titre : Control of rabbit coccidiosis and rabbit haemorrhagic disease: impact of recombinant DNA technology (Suo et al., National Animal Protozoa Laboratory & College of Veterinary Medicine, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Après avoir présenté des données générales sur les coccidies du lapin (cycle, espèces, signes cliniques et lésionnels...) et sur les coccidioses (pathogénicité, immunogénicité) et leur traitement par les anticoccidiens, Xun Suo a plus largement développé les aspects de vaccination, en commençant par l'utilisation comme vaccin, de souches sauvages ou précoces vis-à-vis des coccidioses du lapin.

En effet, longtemps la vaccination anticoccidienne n'a pu être abordée que sous l'angle de vaccins vivants car il n'était pas possible pour les *Eimeria* de vacciner avec des parasites inactivés (chaleur, formol...) ou par des fractions parasitaires. C'est dans ce cadre qu'ont été développées, d'abord chez les volailles, puis chez le lapin, des souches précoces dont la pathogénicité était fortement atténuée alors que leurs propriétés immunogènes étaient conservées. Pour le poulet, plusieurs vaccins de ce type ont pu être commercialisés (Paracox®, Livacox®...). Malheureusement chez le lapin, bien que des souches précoces aient été obtenues concernant la plupart des espèces d'*Eimeria* (travaux de Licois et al. ou Pakandl, dans les années 1990), aucun vaccin commercial n'a vu le jour (faute de développement en

raison d'un marché mondial trop faible). La Chine, avec sa production cunicole nationale qui est maintenant la première productrice mondiale, va peut-être changer la donne. Les Chinois ont su s'associer avec des chercheurs de renommée internationale en matière de coccidies, même si c'est chez le poulet, et plusieurs articles sont déjà publiés dans de très bonnes revues. Depuis le début des années 2000, grâce au développement de la biologie moléculaire qui est en constante évolution, à la fois au plan des matériels et équipements, qu'au plan des techniques en génie génétique, de nouvelles stratégies se sont développées avec notamment le recours aux antigènes recombinants pour les vaccins et particulièrement ici pour les vaccins antiparasitaires. Rappelons que l'on distingue actuellement plusieurs types de vaccins: vivants atténués, vaccins inactivés, antigènes vaccinaux purifiés (sous-unités d'agents infectieux et anatoxines), ADN nu, vecteurs bactériens ou viraux...

Xun Suo a donc présenté l'état des recherches menées sur les possibilités de vaccination à l'aide d'antigènes recombinants, avec là aussi beaucoup de références aux recherches en aviaire dans ce domaine. Il faut savoir que le génome d'*E. tenella* a été séquencé (60Mb - 14 chromosomes de 1 Mb à > 6 Mb). Grâce à cette avancée, il devenait alors possible d'identifier des antigènes parasitaires pouvant entrer comme composants dans le développement de vaccins à sous-unités (Shirley et al., 2005). Cependant seul le CoxAbic®, un vaccin à sous-unité est commercialisé avec succès pour le moment (Wallach et al., 2008).

Plusieurs étudiants du laboratoire de Xun Suo ont présenté leurs travaux relatifs à l'obtention de vaccins potentiels dirigés contre les coccidies et correspondant à certains types de vaccins cités ci-dessus.

Le travail de Wang et al., rapporte l'utilisation de vaccins vivants (non atténués) concernant 3 espèces de coccidies (*Eimeria intestinalis*, *E. magna* et *E. media*) administrées en mono-espèce ou en co-infection (les 3 espèces). Les résultats obtenus ne sont pas nouveaux et sont similaires à ceux obtenus dans le laboratoire de l'Inra. Un élément intéressant (bien que cela ne soit pas précisé dans ce papier) est que le laboratoire chinois a isolé une souche d'*E. intestinalis* de terrain, qui serait peu pathogène.

Les communications de Gu et al., et de Li et al., sont dévolues à l'obtention de souches précoces concernant respectivement *E. media* et *E. intestinalis*. Il s'agit d'un copier-coller de ce qui a été fait dans les années 1990 (Licois et al., 1990, 1994, 1995). Les différences sont 1-/ que les souches sauvages initiales proviennent de Chine, 2-/ que pour *E. intestinalis*, il ne semblerait pas y avoir de modification morphologique au niveau de l'oocyste sporulé (absence de gros globule réfringent) alors que pour toutes les souches précoces obtenues par nous-même ou par Pakandl, il y a cette modification (celle-ci n'existe pas non plus pour les souches précoces aviaires). Les auteurs démontrent que les souches précoces, même administrées à doses élevées, sont peu ou pas pathogènes mais qu'elles protègent les lapins vis-à-vis d'une inoculation d'épreuve avec les souches sauvages dont elles dérivent.

Trois autres communications abordent la possibilité de vaccination avec des antigènes recombinants. Mais pour chacune, il s'agit d'une approche préliminaire car la plupart des travaux présentés constituent plutôt des mises au point méthodologiques pour construire des souches transgéniques par ingénierie génétique, que de véritables essais de vaccination.

Tao et al., ont utilisé *E. magna* et se sont intéressés à une protéine, la "profiline" (déjà identifiée chez *E. tenella* et *E. acervulina*), qui joue un rôle dans l'invasion de la cellule hôte et de la migration du parasite jusqu'à son site de développement chez les apicomplexes (*Toxoplasma gondii*, *Neospora caninum*, *Eimeria* spp...). La séquence génomique codante

pour la profiline a d'abord été identifiée chez *E. magna*, puis clonée et enfin son expression révélée au niveau postérieur du cytoplasme et au niveau membranaire des sporozoites d'*E. magna*.

Les mêmes auteurs, Tao et *al.*, ont construit par transfection (électroporation des sporozoites) et en utilisant des séquences régulatrices de *E. tenella* et *Toxoplasma gondii*, une lignée transgénique de *E. magna* exprimant des gènes marqueurs : une protéine fluorescente jaune et une protéine fluorescente rouge. Ces marqueurs fluorescents ont permis de vérifier qu'ils étaient exprimés durant toutes les étapes du cycle parasitaire (lors de la gamogonie, de la sporogonie et des différentes schizogonies).

Enfin, Shi et *al.*, utilisant la même technologie que Tao et *al.*, mais avec un seul marqueur fluorescent et chez *E. intestinalis*, obtiennent des résultats similaires concernant l'expression du gène marqueur, tout au long du cycle du parasite. De plus des essais *in vivo* montrent que la souche transfectée se multiplie moins et est moins virulente que la souche sauvage mais qu'elle reste très immunogène (protège les animaux vis-à-vis d'une inoculation d'épreuve avec la souche sauvage).

Toutes ces approches démontrent qu'il est possible de transférer des sporozoites et d'obtenir des lignées de coccidies susceptibles d'exprimer des gènes d'intérêt dans le cadre d'une vaccination ou d'être utilisée en tant que telles comme vaccin. Cependant, comme le souligne Xuo dans son rapport introductif, un long chemin reste à parcourir avant d'obtenir des vaccins recombinants commercialisables car de nombreuses questions restent en suspens : quels sont les antigènes et combien seront nécessaires pour induire une immunité protectrice contre plusieurs espèces sur le terrain ? Quelle est la meilleure voie d'administration ? Comment faire en sorte que l'expression de l'antigène exogène soit suffisante pour induire des réponses immunitaires protectrices, tant quantitatives que qualitatives ? Quelle réponse faut-il privilégier (humorale, cellulaire, muqueuse ?), etc...

Reste que pour le moment, le meilleur moyen de lutter contre les coccidioses du lapin repose sur l'utilisation des anticoccidiens.

C'est dans ce sens que Li et *al.*, ont étudié l'action thérapeutique et prophylactique du Ponazuril, une triazine dérivée du toltrazuril, un anticoccidien de synthèse. Les effets sur l'excrétion oocystale et sur les performances zootechniques ont été mesurés après inoculation expérimentale (vis-à-vis de 5 espèces (*E. flavescens*, *E. intestinalis*, *E. magna*, *E. perforans* and *E. stiedai*, (à 10 et 20 mg/kg, en préventif et à 15 et 30 mg/kg, en curatif), ou en essai terrain (0, 10, 30 and 60 mg/kg). Selon les auteurs, le ponazuril s'avère globalement efficace dans la gamme 10-30 mg/kg, en réduisant l'excrétion d'oocystes et en maintenant le GMQ à un bon niveau (en préventif ou curatif). A 60 mg/kg, des problèmes d'appétence ont été observés (gaspillage d'aliment) et l'Indice de Consommation augmente nettement.

La Communication de Kimse et *al.* fait un état des lieux sur les différentes espèces d'*Eimeria* identifiées en Côte d'Ivoire et leur fréquence, chez des lapins en croissance ou en reproduction. Les données ont été obtenues à partir de près de 1000 lapins provenant de 18 élevages. Les 11 espèces de coccidies décrites chez le lapin ont été retrouvées dans les élevages, le plus souvent par association de 3 espèces chez les lapins. Mais globalement cette communication n'apporte pas d'éléments originaux.

Pas plus d'ailleurs que celle de Yang et *al.*, qui ont aussi déterminé les espèces de coccidies et leur fréquence dans une région montagneuse de Chine, dénommée la Réserve des Trois Gorges. Selon les auteurs, avec près de 45 millions de lapins élevés, l'élevage cunicole est devenu, depuis 1993, la plus importante activité économique agricole de cette région. Plus de

3000 échantillons provenant de 213 fermes ont été analysés. *E. irresidua* est l'espèce la plus représentée (> 42%). Personnellement, j'émettrais un certain doute sur l'identification précise des espèces dans la mesure où les auteurs font mention de l'existence d'*E. neoleporis*. Or cette coccidie est une coccidie du *Sylvilagus floridanus* (Cottontail Rabbit) et n'existe pas chez *Oryctolagus cuniculus*. Morphologiquement, *E. neoleporis* ressemble à *E. coecicola*.

3. AUTRES PARASITES

Une première étude française d'H. Legendre et *al.* s'intéresse aux propriétés du sainfoin sur des nématodes parasites digestifs du lapin (*Trichostrongylus colubriformis*). Le sainfoin est incorporé à hauteur de 40% dans l'aliment en substitution de la luzerne : l'addition de sainfoin ne modifie pas l'excrétion des œufs mais diminue leur faculté d'éclosion. Ce phénomène est attribué aux tanins du végétal.

Cette étude confirme d'autres observations que nous avons pu faire avec des effets intéressants de certains extraits végétaux sur les parasites. Il convient de rappeler les recommandations de l'Agence du Médicament Vétérinaire sur le respect de la législation : les produits à base de plantes, quand ils sont présentés comme ayant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies, sont classés dans la catégorie des médicaments. Pour les matières premières et aliments composés, les allégations relatives aux propriétés de prévention, de traitement ou de guérison faisant que le produit répond à la définition du médicament ne sont pas autorisées.

Une deuxième étude française de B. Le Normand et *al.*, montre l'intérêt de l'utilisation du kit Mini-Flotac© développé par le Pr Cringoli pour la parasitologie dans les pays en voie de développement : ce kit très rapide permet un suivi de l'excrétion des œufs de parasites en élevage (*Passalurus ambiguus*, oxyures). Afin de déterminer si un élevage est infesté, des prélèvements restreints aux nullipares de plus 15 semaines et aux primipares sont les plus sensibles.

Les oxyures sont des facteurs de baisse immunitaire chez les animaux infestés et peuvent entraîner une irrégularité de fertilité chez les lapines reproductrices. Leur maîtrise revêt une importance particulière pour améliorer la productivité d'un élevage et la défense contre les maladies.

Une étude chinoise sur la teigne due à *Microsporum canis* a été conduite par Chenwen et *al.* ; les auteurs ont testé des extraits alcooliques d'écorce de Phellodendron et de graines de Cochinchina (plantes utilisées dans la médecine chinoise ; *Cochinchina mormodica* est utilisée sur les dermatophytoses humaines en Chine) *in vitro* puis *in vivo*. Les tests en laboratoire démontrent un arrêt du développement du champignon et les doses nécessaires sont comparées au clotrimazole (dérivé imidazolé à propriétés antifongiques reconnues) : la combinaison des 2 plantes produit un effet jugé comparable à celui du clotrimazole et l'analyse en microscopie électronique montre une atteinte de la membrane des spores, des noyaux et des organites du champignon. Les expérimentations cliniques montrent que le clotrimazole est nettement plus efficace que le mélange de ces 2 plantes, même si son effet est un peu plus tardif. Le mécanisme d'action de ces plantes n'est pas encore éclairci.

Ces 2 plantes ont des effets métaboliques décrits dans la littérature (notamment sur la multiplication cellulaire).

4. VHD

*Une table ronde sur la VHD a été organisée durant Le Congrès Mondial de Qingdao. Chaque pays a présenté l'avancée du virus variant dans son pays. On se rend compte que le Portugal, l'Espagne, la France, la Sardaigne voient leur territoire colonisé quasi exclusivement par le RHDV2 au détriment du RHDV classique. Les italiens, en outre, nous ont fait part de contamination de lièvres (*Lepus corsicanus* ou *Lepus capensis*) par le RHDV2. La France, l'Italie et l'Espagne ont confirmé la contamination du lièvre brun européen (*Lepus europeus*) par ce même virus. Tous les pays présents à cette table ronde ont exprimé leur crainte face au développement de l'épizootie. La plupart ont désormais des vaccins propres à leur pays ou importés.*

Dans un article publié à ce Congrès Mondial, la Chine fait part de l'isolement d'un nouveau variant de RHDV classique du groupe G2 sur son territoire.

Huit isolats viraux collectés dans 6 provinces chinoises différentes entre 2009 et 2014 ont été analysés. Sept des virus font partie du génogroupe 6 (RHDVa) qui est le génogroupe majoritaire en Chine. La huitième souche fait quant à elle partie du groupe 2 (RHDV) originel. Les auteurs concluent que les virus du génogroupe 6 n'ont pas complètement remplacé les virus du génogroupe 2 originels. Ils pensent à une coévolution des groupes viraux sur leur territoire actuellement.

L'Italie, dans un autre article, mentionne la présence de RHDV2 sur son territoire, tant dans la faune sauvage que chez le lapin domestique. L'étude de 13 cas situés dans le Sud du pays a montré que les virus RHDV et RHDVa côtoyaient encore le virus variant RHDV2, entre mars 2013 et mai 2015, dans des élevages rationnels ou des élevages fermiers.

Concernant la vaccination contre la maladie hémorragique virale, deux papiers proviennent d'un laboratoire producteur de vaccin espagnol, un autre d'une collaboration de divers instituts en Chine. Le premier texte fait état de l'efficacité et de l'innocuité d'un vaccin inactivé dirigé contre le virus RHDV2. Le producteur qui détient aussi un vaccin dirigé contre le RHDV classique explique que le taux d'immunité croisée étant extrêmement faible, il était nécessaire de disposer de vaccins dirigés contre le RHDV2. L'expérience a consisté à vacciner 60 lapins de 28 jours, répartis en 3 groupes de 20 sujets, avec, soit un vaccin classique et variant bivalent, soit un vaccin RHDV2 monovalent, soit du PBS, puis de les inoculer, 7 jours après vaccination, avec du virus RHDV2. Aucun signe clinique ou lésion au point d'injection n'a pu être relevé avant ou après vaccination sur les sujets vaccinés. Des prises de sang ont été réalisées juste avant et 7 jours après vaccination pour doser les anticorps contre RHDV2 par une méthode ELISA. Aucun lapin vacciné n'est mort à l'issue du challenge vaccinal. 63% des lapins non vaccinés (soit 12 lapins) sont morts. Tous les lapins vaccinés ont présenté une séroconversion en produisant des anticorps anti-RHDV2, 7 jours après l'épreuve. Les auteurs concluent que les deux types de vaccination contre la VHD à RHDV2 sont identiques en termes d'efficacité de protection contre le RHDV2 ou d'innocuité et qu'il n'y a pas d'interaction entre les 2 types de vaccination.

Un autre article provenant du même laboratoire producteur de vaccin fait un rappel sur l'épisode de VHD à RHDV2 qui a émergé en Espagne en 2011, rappelant qu'à cette époque co-circulaient les virus RHDV classique et RHDV2. Au final, sur 104 exploitations situées sur 17 provinces, 65 cas ont pu être attribués à la forme variante 2010 de la maladie. La mise en place d'un plan de surveillance par le gouvernement et d'un plan de vaccination anti-RHDV2 par l'Agence espagnole du Médicament ont eu lieu pour contrôler l'épizootie espagnole. Le travail présenté compare deux périodes, avant et après vaccination des élevages

(octobre 2013 juillet 2014 puis juillet 2014/ août 2015) et il montre une corrélation entre le nombre de cas et le programme de vaccination anti-RHDV2. Sur toute la période d'enregistrement, 48,51% des échantillons collectés en élevage ont été positifs alors qu'après vaccination, cette valeur tombe à 44,07%. Les auteurs montrent aussi que les virus RHDV2 français et italiens sont plus proches entre eux qu'ils ne le sont des virus RHDV2 espagnols ou portugais à une souche d'exception près.

Un article chinois fait état de vaccins dirigés contre la maladie hémorragique virale à l'aide d'une technique utilisant l'ADN recombinant. Les auteurs rappellent le peu d'immunité croisée conférée par une vaccination avec un vaccin contre un RHDV classique face à une VHD à RHDV2. En outre, le fait de ne pas pouvoir cultiver les virus RHDV sur des tissus cellulaires en laboratoire oblige traditionnellement à développer des vaccins issus d'animaux expérimentalement infectés. La technologie de l'ADN recombinant peut être utilisée pour la fabrication de vaccins anti VHD. Ainsi, la protéine de capsid VP60 à elle seule peut permettre d'induire une protection contre la maladie. La VP60 peut se polymériser par exemple avec le VLPs (virus like particles), formant alors un nouveau vaccin ne contenant pas de matériel génétique viral. Ce second type de vaccination offre une bonne immunité et une bonne innocuité. Les auteurs rapportent aussi l'utilisation, en France puis dans les autres pays, de virus recombinants comme celui de la myxomatose pour produire un vaccin contre la VHD, virus qui englobent l'ADN codant pour la VP60. Des recombinaisons avec du matériel génétique de plantes et l'ADN codant pour la VP60 permettent aussi de créer une substance protégeant le lapin contre une épreuve virale à RHDV ce qui épargne des vies animales par rapport à la fabrication classique de vaccins.

Les auteurs ont quant à eux développé un vaccin recombinant à l'aide d'un système Baculovirus exprimant la VP60. Ce type de vaccin conférerait une immunité identique à celle que donne un vaccin traditionnel produit sur tissus. Il protégerait en 7 jours pour une période de 7 mois et peut se conserver 24 mois entre 2 et 8 degrés.

Enfin, en dehors des vaccins, un article écrit par des chinois présente une méthode de fabrication sur souris BALB/c, d'anticorps monoclonaux reconnaissant les virus RHDV et RHDV2.

La Chine ne fait pas état de l'apparition du RHDV2 chez elle. Les virus de génogroupe 2 initiaux (RHDV dits classiques qui avaient envahi le monde il y a plus de 20 ans) y sont toujours présents, même si le groupe dominant semble être aujourd'hui le G6. Le RHDV2 quant à lui colonise l'Europe et devient le virus dominant à l'Ouest de l'Europe. Va-t-il un jour gagner la Chine en passant d'Ouest en Est comme le RHDV, son ancêtre, l'avait fait entre 1984 et 1988 ?

5. EEL

Aucune communication n'a été présentée concernant l'EEL mais il y avait néanmoins un rapport consacré à cette maladie, ayant pour titre : "Recent advances on ERE in growing rabbits", présenté par I. Badiola et al. (Espagne).

Cet article est décevant en terme de qualité scientifique et plutôt qu'une synthèse, c'est une somme de travaux de l'équipe, non publiés par ailleurs, collés bout à bout et mal décrits et incomplets.

Pour commencer, Badiola met en avant l'implication de *Clostridium perfringens* dans le développement de l'EEL, dans la mesure où son équipe aurait pu reproduire avec certaines

souches de *C. perfringens*, des symptômes propres à l'EEL, notamment l'impaction caecale. Mais il ne précise pas de quel toxinotype il s'agit, ni quelles toxines ces souches pourraient produire (quels gènes sont présents ?), ni s'il a utilisé des lapins EOPS et aucune publication dans une revue scientifique n'est venue confirmer ses affirmations. Et paradoxalement, il souligne en même temps que l'EEL est une maladie multifactorielle.

Trois expérimentations sont ensuite présentées:

- La première décrit l'effet de l'âge sur l'évolution du microbiote caecal : 3 âges x 4 aliments (2 types de fibres et supplémentation avec des oméga 3 et 6) : les effectifs ainsi que la composition de l'aliment ne sont pas précisés. Globalement, l'auteur confirme l'évolution du microbiote avec l'âge et notamment l'augmentation des Firmicutes au détriment des Bactéroidetes, l'effet aliment n'est pas discuté.

- La seconde concerne l'EEL : des animaux sont prélevés dans 5 fermes au sevrage (28-30j) ou à l'abattoir entre 60 et 75 j d'âge (effectif non précisé). *Clostridium perfringens* (données non incluses en Figure 2), *Bacteroides thetaiotaomicron*, *Bacteroides fragilis* et *Akkermansia muciniphila* seraient liés aux symptômes d'EEL (la figure ne le montre pas !). Puis sont présentés des travaux sur *Clostridium perfringens*, chez des animaux atteints ou non d'EEL avec identification de protéines de haut poids moléculaires. On ne sait pas si les gènes de ces protéines sont portés par des plasmides (recherches en cours). Ces protéines sont ensuite étudiées par Maldi TOF. Ce sont des peptidases qui possèdent une activité mucinase.

- La troisième expérimentation concerne l'inoculation de 4 souches de *Bacteroides* chez des lapereaux de 8 jours directement dans l'estomac : hypothèse probiotique. Ce choix de *Bactéroides* comme probiotique est surprenant sachant que chez le lapin la maturation est associée à une diminution de ce genre. Par ailleurs un peu plus haut dans le texte l'auteur mentionne que des niveaux élevés de *Bacteroides* seraient associés à l'EEL ! La raison de ce choix s'explique vraisemblablement par le fait que *Bacteroides* est une des bactéries anaérobies strictes que l'on sait le mieux cultiver et qui est utilisée dans les autres espèces dans lesquelles son abondance reste élevée (homme, rat, porc, ruminants, etc...). Notons toutefois que chez le lapin, ce genre (*B. fragilis* et *B. subtilis*) a été utilisé pour montrer la stimulation du développement de follicules et la diversification du répertoire d'anticorps dans l'appendice vermiforme (gène V(D)J (Rhee et al. 2004, Hanson et Lanning 2008, Zhai et Lanning, 2013). Les individus inoculés avec des souches de *Bacteroides* présenteraient des taux plus bas de *Bactéroides* que chez le témoin. L'inoculation semble avoir un effet sur l'expression de 4 paramètres immunitaires (cytokines) et augmenterait la diversification des chaînes V(D)J des immunoglobulines (analyse de la diversité des gènes au niveau de la muqueuse de l'appendice vermiforme par séquençage (VDJ). On peut émettre un doute sur la survie de *Bacteroides* dans l'estomac !

6. ANTIBIORESISTANCE

Une étude italienne conduite par Agnoletti et al. a porté sur l'antibiorésistance de souches colibacillaires isolées sur 32 élevages (5 animaux prélevés par élevage) entre 2010 et 2014. Plus de 70% sont résistantes aux tétracyclines, antibiotique largement utilisé en Italie ; les

niveaux de résistance sont très élevés. L'utilisation des antibiotiques a chuté sur cette période en Italie mais les auteurs qualifient les niveaux de résistance d'alarmants.

Avec les chiffres fournis, nous avons pu faire un comparatif pour donner des ordres de grandeurs concernant l'usage des antibiothérapies en France et en Italie :

<i>mg/kg</i>	<i>2010</i>	<i>2014</i>	<i>Chute</i>
<i>Italie</i>	<i>2673</i>	<i>1898</i>	<i>-29%</i>
<i>France</i>	<i>799</i>	<i>595</i>	<i>-26%</i>

Dans 27 élevages canadiens (12 animaux prélevés par élevage), une étude similaire (Xie et *al.*) porte sur l'isolement d'entérobactéries sur les crottes. Les colibacilles sont isolés dans tous les élevages, avec 19% des souches résistantes à au moins une famille d'antibiotique, et la résistance la plus fréquente concerne la famille des tétracyclines. 2 souches de salmonelles sont isolées dans le même élevage (sérovars London et Kentucky).

La résistance aux antibiotiques des bactéries intestinales, commensales ou pathogènes, quelle que soit l'espèce animale, est souvent très forte pour la famille des tétracyclines.

En 2010 en France, une étude effectuée sur 200 prélèvements fécaux prélevés sur des lapins à l'abattoir a permis l'isolement de 82 souches de E. coli : plus de 85% étaient résistantes aux tétracyclines.

En 2000/2001, une étude comparative sujets exposés (éleveurs de porcs en contact avec les animaux)/sujets non exposés chez l'homme, a permis de mettre en évidence, sur les entérobactéries intestinales, un taux de résistance aux tétracyclines de 70,9 % chez les personnes exposées contre 43% chez les personnes non exposées.

Une autre étude italienne (Brunetta et *al.*) a porté sur les staphylocoques résistants à la pénicilline présentant un danger pour la santé humaine (souches MRSA) : la contamination d'une ferme par une souche de SARM a fait l'objet d'un suivi durant 3 ans. Les lapins sont porteurs avec une prévalence de 53 à 93% suivant la période, et les personnes au contact des animaux sont régulièrement détectés porteurs.

Une étude française (Le Normand, Boucher, Journées de Recherche cunicole, 2015) portant sur plus de 300 souches de staphylocoques, a démontré l'absence de SARM. Ici, l'élevage contaminé se situe à 140 mètres d'un élevage de porcs, espèce impliquée dans le portage de souches SARM. Ce cas semble toutefois indiquer que les souches de staphylocoques SARM ne sont pas facilement éradiquées dans un élevage contaminé : le vide sanitaire doit être envisagé.

7. DIVERS

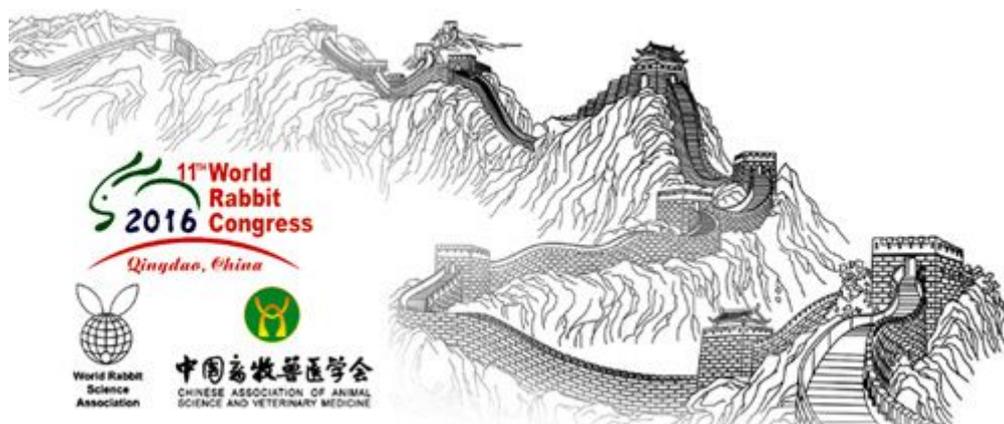
La cicatrisation de l'ombilic du lapereau a été étudiée par S. Boucher et *al.* et a apporté des éléments jusque-là mal connus car peu étudiés. En effet, la législation concernant le transport des animaux, lorsqu'elle mentionne l'obligation d'une cicatrisation de l'ombilic, est adaptée aux ruminants pour lesquels ce phénomène est assez facile à caractériser. Cette étude conduite sur 2862 lapereaux de souche Hy+ et 40 lapins nains. Elle permet de dire que l'ombilic est complètement cicatrisé à 6 jours de vie, le cordon ombilical tombant entre 6 et 15 jours.

Une étude hollandaise pose une question combinant logement et santé : les problèmes de santé sont-ils transférés plus tard en parcs ? Pour répondre, des lapereaux ayant eu des problèmes au nid ou sans problèmes de santé au nid sont suivis dans les parcs : ce suivi ne met pas en évidence de différence entre les groupes.

Ce protocole aurait pu être intéressant si les critères mesurés avaient été précis : le critère de mortalité, sans cause déterminée, est bien trop grossier pour pouvoir tirer des conclusions scientifiques étayées.

L'intérêt et les limites de l'ajout de pelotes fécales dans le nid sur les performances et la santé après sevrage ont été abordés par une publication française (Shi D *et al.*). L'étude porte sur 363 nids, 183 ayant fait l'objet d'un apport de pelotes fécales tous les jours de 2 à 18 jours, et 180 ayant été maintenu en nids de contrôle. Le suivi des lapereaux n'a pas permis de mettre en évidence de différence d'instabilité digestive entre les lots ; l'apport de pelotes fécales semble améliorer la croissance. Des études complémentaires doivent confirmer ces observations.

Le microbiote du lapin est peu connu ; pourtant, l'évolution des connaissances conduit aujourd'hui les scientifiques à considérer l'unité animale comme l'organisme + son microbiote + son environnement. Ces études sont complétées par une approche de biologie moléculaire et constituent un domaine de recherche indispensable.





List of Communications

Breeding and Genetics N=1 + 30

- Fontanesi L.** (Italy) - The rabbit in the genomics era: applications and perspectives in rabbit biology and breeding. (Invited paper). 3-18.
- Chen D.J., Sang L., Sun S.K., Chen Y.F., Xie X.P.** (China) - Cloning and sequence analysis of Nramp1 gene in Fujian yellow rabbit. 19-22.
- Chen Y.F., Chen D.J., Sun, S.K., Sang ., Xie X.P., Ding X.H.** (China) - Characteristics and performances of the minxinnan black rabbit. 23-26.
- Deng F., Jia X., Chen S.Y., Wang J., Lai S.J.** (China) - Profiling of intestinal microbiome in rabbit. 27-30.
- Emam A.M., Afonso S., Azoz A.A.A., González-Redondo P., Mehaisen G.M.K., Ahmed N.A., Ferrand N.** (Egypt, Portugal & Spain) - Microsatellite polymorphism in some Egyptian and Spanish common rabbit breeds. 31-34.
- Emam A.M., Afonso S., Azoz A.A.A., González-Redondo P., Mehaisen G.M.K., Ahmed N.A., Ferrand N.** (Egypt, Portugal & Spain) - Origin of Egyptian and Spanish common rabbits: evidence from mitochondrial DNA cytochrome b sequence analysis. 35-38.
- Fu C.Y., Ning L.C., Liu L., Li F. C.**(China)- Identification of the rabbit GPR41 and GPR43 genes and their expression pattern in different tissues and developmental stages. 39-42.
- Garreau H., Gilbert H., Molette C, Larzul C, Balmisse E., Ruesche J., Secula-Tircazes A., Gidenne T., Drouilhet L.** (France) - Direct and correlated responses to selection in two lines of rabbits selected for feed efficiency under ad libitum and restricted feeding. 43-46.
- Garreau H., Ruesche J., Gilbert H., Balmisse E., Benítez F., Richard F., David I., Drouilhet L., Zemb O.** (France) - Microrabbits: a factorial design to evaluate genetic and maternal effects on growth and feed efficiency in a line selected for residual feed intake. 47-50.
- Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., Garreau H.** (France) - Genetic parameters for resistance to infectious diseases in two French paternal meat rabbit lines. 51-54.
- Kasza R., Donkó T., Szendrő Zs., Radnai I., Gerencsér Zs., Kacsala L., Farkas T.P., Matics Zs.** (Hungary) - Divergent selection for total body fat content 1. effect on the reproductive performance of rabbit does. 55-58.
- Kasza R., Donkó T., Szendrő Zs., Radnai I., Gerencsér Zs., Kacsala L., Farkas T.P., Matics Zs.**(Hungary) - Divergent selection for total body fat content of rabbits: 2. effect on productive performance - Preliminary results. 59-61.
- Kuang L.D., Xie X.H., Lei M., Li C.Y., Ren Y.J., Guo Z.Q., Zheng J., Zhang X.Y., Zhang C.X., Yang C.** (China) - Expression patterns of two genes associated with adipose deposition during growth and development in two rabbit breeds. 63-66.
- Lenoir G., Garreau H.** (France) - Survival analysis of longevity in breeding does. 67-70.
- Lenoir G., Morien F.** (France) - Estimation of genetic parameters for carcass traits evaluated by in vivo real-time ultrasonography in meat rabbit breeding. 71-75.
- Martínez-Álvaro M., Blasco A., Hernández P.** (Spain) - Effect of selection for intramuscular fat on fatty acid composition of several muscles in rabbits. 77-80.
- Martínez-Álvaro M., Penalba V., Blasco A., Hernández P.** (Spain) - Effect of selection for intramuscular fat on instrumental texture and sensory traits in rabbits. 81-84.
- Mínguez C, Sánchez J. P, Hernández P., EL Nagar A.G., Ragab M., Baselga M.** (Ecuador, Spain and Egypt) - Genetic analysis of meat quality traits in the progeny of rabbit does coming from a diallel cross. 85-88.
- Nagy I., Szendrő K., Garreau H.** (Hungary & France)- Developing selection indices for pannon large rabbits selected for average daily gain and thigh muscle volume, 89-92
- Ondruska L., Parkanyi V., Vasicek D.** (Slovakia) - The CRP promoter polymorphism of domestic rabbits. Preliminary study. 93-97.

- Orheruata A.M., Imasuen A.J., Ichekor C. (Nigeria)** - Assessing the genetic similarities and distance among rabbit populations using the random amplified polymorphic DNA (RAPD) technique. 99-102.
- Oseni S.O., Ajayi B.A., Popoola M.A. (Nigeria)** - Performance indices of New Zealand white does in south-western Nigeria. 103-106.
- Ponce de León R. E., García Y., Guzmán G. S., Fraga L.M. (Cuba)** - Viability and prolificacy traits in diallel crosses of four rabbit breeds. 107-110.
- Robert R., Li M., Garreau H. (France & China)** - Comparison of the genetic parameters and evolution of two raised populations separately but with the same origin and renewed from the same nucleus. 111-114.
- Sánchez J.P., Ramon J., Rafel, O., Ragab M., Piles M. (Spain & Egypt)** - Using collective feed intake data to select for feed efficiency on full or restricted feeding regimen. 115-118.
- Sang L., Chen D.J., Sun S.K., Chen Y.F., Xie X.P. (China)** - Sequence analysis of cDNA encoding Fujian yellow rabbit inhibin beta-a subunit precursor protein. 119-122
- Savietto D., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Pascual J.J. (France & Spain)** - Adjusting the age pyramid to promote a more sustainable and healthful rabbit production system. 123-127.
- Wang J.L., Elzo M.A., Jia X., Chen S., Lai S. (China & USA)** - Calpastatin gene polymorphism is associated with rabbit meat quality traits. 129-132.
- Wang L., Jia X., Chen S., Wang J., Lai S. (China)** - Polymorphisms of PIK3CA and AKT3 genes and their association with growth traits of rabbits. 133-135.
- Xie X.P., Chen D.J., Sun S.K., Sang L., Chen Y.F., Lan Y.S., Lin P.P. (China)** - Characteristics and performances of the Fujian White Rabbit. 137-140.
- Zhang X.Y., Li C.Y., Zhang C.X., Zheng J., Yang C., Kuang L.D., Ren Y.J., Guo Z.Q., Lei M., Huang D.P., Deng X.D., Xie X.H. (China)** - Single nucleotide polymorphisms in the rabbit toll-like receptor 1 (TLR1), TLR4 and TLR5 genes. 143-145.

Reproduction N= 1 + 20

- Daader A.H., Yousef M.K., Abdel-Samee A.M., Abd El-Nou S.A. (Egypt)** Recent trends in rabbit does reproductive management: special reference to hot regions. (Invited paper). 149-166.
- Abdel-Khalek A.E., El-Ratel I.T., Younan G.E., Sara F. Fouda, Wafa W.N., El-Nagar H. (Egypt)** - A potential role for coenzyme Q10 as energy and antioxidant agent in embryo production from follicular oocytes in rabbits. 167-170.
- Ahmad E., Naseer Z., Aksoy M. (Turkey & Pakistan)** - Supplementation of extender with reduced glutathione (GSH) preserve rabbit sperm quality after cryopreservation. 171-174.
- Amroun T.T., Bianchi L., Zerrouki-Daoudi N., Lebas F., Charlier M., Devinoy E., Martin P., Miranda G. (Algeria & France)** - Characterization of the protein fraction of milk produced by two genetic types of rabbits in the region of Tizi-Ouzou. 175-179.
- Bebin K., Destombes N., Robert R., Fournier E., Briens C., Gardan-Salmon D. (France)** - Effect of plant extract on rabbit embryonic viability. 181-184
- Dessouki S.H.M., Mehaisen G.M.K., Abbas A.O., Ashour G. (Egypt)** - Sperm motility traits of cooled rabbit semen with different levels of melatonin. 185-188
- Eiben Cs., Sándor M., Sándor F., Kustos K. (Hungary)** - Effect of photostimulation, light source and season on reproductive performance of rabbit does. 189-192
- El-Ratel I.T., Younan G.E., Sara F.F., Wafa W.N., El-Nagar H., Abdel-Khalek A.E. (Egypt)** - Effect of free l-carnitine added to maturation medium on in vitro maturation, fertilization and culture of rabbit oocytes. 193-196.
- Farkas T.P., Szendrő Zs., Matics Zs., Radnai I., Mayer A., Gerencsér Zs. (Hungary & Germany)** - Effect of different nest materials on performance of rabbit does. 197-200.
- Fayeye, T.R., Ayorinde, K.L. (Nigeria)** - Gestation length, litter size at birth and their effects on gestation weight gain, kindling loss, live body weight of kit and survival in domestic rabbit in Nigeria. 201-204.
- Felipe-Pérez Y. E., García-Dalmán C., Gaytán-Mancilla F., López-Rodríguez J.L., Cano-Torres R., Pescador-Salas N. (Mexico)** - Oral administration of n-3 polyunsaturated fatty acids and rabbit reproductive parameters. 205-208
- Ola S.I. (Nigeria)** - OLIRAV: A simple, disposable rabbit artificial vagina device/procedure. 209-212.
- Robert R., Bebin K., Loussouarn V., Dobe P., Gardan-Salmon D., Destombes N., Briens C. (France)** - Pregnancy diagnosis: a new, non-invasive method to estimate the prolificacy potential during rabbit gestation. 213-216.

- Rodríguez M., Febrel N., López-Tello J., García-García R.M., Arias-Álvarez M., Millán P., Formoso-Rafferty N., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. (Spain)** - Preimplantational study in rabbit does supplemented with n-3 polyunsaturated fatty acids. 217-220.
- Rodríguez M., López-Tello J., Arias-Álvarez M., García-García R.M., Formoso-Rafferty N., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. (Spain)**..Fetoplacental and organ development in fetuses of rabbit does supplemented with n-3 PUFA during pregnancy. 221-224.
- Rosell J.M., de la Fuente L.F. (Spain)** - Infertility of female rabbits on commercial units.225-228.
- Sun C., Xie S., Huang T., Wang A., Zhang W., Wang D., Sun G., Qiao R., Han X., Li X., Li M. (China)** - Molecular cloning and mRNA expression analysis of GDF9 gene in New Zealand White rabbits. 229-232.
- Wang F.F., Wu Y.J., Qin Y.H. (China)** - Effects of immunization against inhibin on the semen quality in Rex rabbits in summer. 233-236
- Zahid N., Erkmen T.E., Ejaz A., Emrah İ., Ayşe N.A., Melih A., Nihat T.(Turkey & Pakistan)** - Dietary quercetin might alleviate heat stress-induced testicular histopathological changes in rabbits. 237-240.
- Zerrouki-Daoudi N., Chibah-Ait Bouziad K., Lebas F. (Algeria & France)** - Effect of litter size at birth and of number of suckled kits, on the milk production in two genotypes of rabbit does raised in Algeria. 241-245.
- Zhang K., Chen S., Du D., Fu X., Wen B., Liu N., Xu C., Yu Z., Jian W., Wang P., Guo X., Wang L., Yang H., He G., Liu H. (China)** - Phenotypic variation of teat number in Chuanbai Rex rabbit and association with SNPs polymorphism of ESR and FSH β genes. 247-249.

Nutrition and Digestive Physiology N = 20

- Abdel-Khalek A.M., Soliman A.S., Rabie T.S., Greash M.K. (Egypt)** - Effect of dietary supplementation with potential antioxidants and tannins on growing rabbit performance during summer season. 253-256.
- Ayandiran S.K., Odeyinka S.M. (Nigeria)** - Performance and digestion of rabbits fed bread waste and Moringa oleifera leaf as energy and protein sources. 257-260.
- Bălăceanu R.A., Cotor G., Codreanu I., Stoica L., Dojană N. (Romania)** - Changes in blood parameters in post-weaning rabbits fed by different fibre or starch dietary level. 261-264.
- Bălăceanu R.A., Raită Șt., Tobă G.L., Stoica L., Dojană N. (Romania)** - Serum digestive enzyme activity before and after weaning in rabbits fed on protein, starch or fiber enriched diets...265-268.
- Chodová D., Tůmová E., Volek Z. (Czech Republic)** - One week feed restriction in early weaned rabbits: 2-slaughter parameters and muscle fibre characteristics. 269-272.
- Dairo F.A.S., Agunbiade S.O., Durojaiye B., Onisile D.S. (Nigeria)** Utilization of different plant leaf meals by growing rabbits. 273-276.
- Dorchies P., Menini F.X., Salaiin J.M., Bourdillon A., Tétrel P. (France)** - Effect of a low energy feed given ad libitum on preparation of young rabbit females for their reproductive career- preliminary results. 277-280.
- Kacsala L., Gerencsér Zs., Szendrő Zs., Nagy, I., Radnai I., Odermatt M., Matics Zs. (Hungary)** - Piglet feed based additional solid feed for suckling kits.281-284.
- Kacsala L., Szendrő Zs., Gerencsér Zs., Radnai, I., Kasza, R., Odermatt M., Matics Zs. (Hungary)** - Additional solid feed for suckling kits - effect of thyme supplementation. 285-288.
- Lang C., Masthoff T., Spies M., Weirich C., Hoy St. (Germany)** - How does the structure of feedstuffs influence ethological and nutritional parameters of rabbits. 289-292.
- Lebas F. (France)** - Estimation of digestible energy content and protein digestibility of raw materials by the rabbit, with a system of equations. 293-297.
- Liu G.Y., Zhao N., Zhu Y.L., Wu Z.Y., Liu L., Li F.C. (China)** - Effects of dietary vitamin B6 on the non-specific immune response of growing rabbits. 299-302.
- Liu L., Sui X., Li F. (China)** - Acetate inhibits hypothalamic JNK signalling in rabbits. 303-306.
- Lu J., Long X., He Z., Yang Y., Shen Y., Pan Y., Zhang S., Li H. (China)** - Effect of dietary citrus pulp on growth performance, blood metabolites of rabbits. 307-310.
- Malabous A., Colin M., Gerfault V., Prigent A.Y., Shi D. (France)** - Influence of a mycotoxin binder compound, defitox®, on the performances and some biochemical and histological characteristics of growing rabbits fed by mycotoxins contaminated feed..311-314.
- Minuti A., Uboldi O., Calamari L., Piccioli-Cappelli F., Bani P., Ferrari A., Gachiuta O., Trevisi E. (Italy)** - Metabolic and biochemical pre-partum conditions in primiparous and multiparous rabbit does with different litter size. 315-318
- Pan X., Qin F., Yang J., Pan Y., Shao L., Li S., Zhang L., Wang J. (China)** - Growth and expression of CaABP-D28K in small intestine of the rabbit, according to wavelengths of light. 319-322.

- Qin F., Pan X.Q., Yang J., Shao L., Li S., Zhang L.L., Li J. (China)** - Effect of dietary arginine on rabbit growth and mRNA expression of GM-CSF in jejunum. 323-326.
- Ren Y.J., Zhu L., Xie X.H., Kuang L.D., Guo Z.Q., Zhang X.Y., Li C.Y., Yang C., Zhang C.X., Zheng J., Lei M. (China)** - Effects of *Bacillus coagulans* on performance and intestinal physiology of growing rabbits. 327-330.
- Tůmová E., Chodová D. (Czech republic)**. One week feed restriction in early weaned rabbits:1- Performance and internal organs development. 331-334.

Feeds and Feeding N= 1 + 30

- Maertens L., Gidenne T. (Belgium & France)**. Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects (Invited paper)..337-352
- Abdel-Khalek A.M., Ragab Ayat A. (Egypt)** - Effect of dietary zinc levels on some performance traits of doe and weaning rabbits under summer season conditions. 353-255
- Abu O.A., Turner L.S. (Nigeria)** - Chemical composition of some tropical forages and coefficient of preference in rabbits. 357-360
- Arnau-Bonachera A., Baselga M., Pascual J.J. (Spain)** - Feed intake in reproductive rabbit does: animal's view.. 361-364
- Birolo M., Trocino A., Tazzoli M., Maccarana L., Xiccato G. (Italy)** - Effect of feeding programme on growth and body balance of meat rabbits. 365-368
- Bouchier M., Rebours G., Vastel P., Reys S. (France)** - Effect of feed energy supply form on fattening rabbits' performance and feeding cost. 369-372
- Combes S., Massip K., Martin O., Furbeyre H., Balmisse E., Le Floch N., Zemb O., Oswald I.P., Gidenne T. (France)** - Effect of housing hygiene conditions and feed intake on specific and inflammatory immune response, bacterial cecal fermentation and survival of rabbits. 373-376
- Djellal F., Kadi S.A., Madani T., Abbas K., Bannelier C., Gidenne T. (Algeria & France)** - Nutritive value of fresh ash (*Fraxinus angustifolia*) leaves for growing rabbits. 377-390
- Dorbane Z., Kadi S.A., Boudouma D., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. (Algeria & France)** - Nutritive value of crude olive cake (*Olea europaea* L.) for growing rabbit. 381-384.
- Duperray J., Grand E., Launay C., Laurent J.M., Adelis R. (France)** - Interest of a fasting period to improve growth performances of fattening rabbit.385-388.
- El-Tahan H.M., Amber Kh., Morsy W.A., Kotb S.G., Farag M.D. (Egypt)** - Effect of using low protein diet with irradiated tomato pomace on growth performance of growing new rabbits. 389-392.
- Hassan F.A., Ibrahim M.R.M., Basyony M.M. (Egypt)** - Effect of chickpea screenings by-products as untraditional energy source on performance of growing rabbits. 393-396.
- Guermah H., Maertens L. (Algeria & Belgium)** - Feeding value of brewer's grain and maize silage for rabbits. 397-400
- Guo Z.Q., Lei M., Li C.Y., Ren Y.J., Kuang L.D., Zhen J., Zhang X.Y., Zhang C.X., Yang C., Xie X.H. (China)** - Research on nutrition evaluation of citrus pulp in meat rabbit. 401-403
- Gu W.T., Colin M., Wang G.Q., Liu C.X., Zhang L.X., Yang H.J., Prigent A.Y. (China & France)** - Influence of a mycotoxin binder based on chinese herb extracts on the mortality and performances of the growing rabbits. 405-409
- Idahor K.O., Yakubu A., Sokunbi O.A., Osaiyuwu O.H., Jibrin M., Yakubu A.F., Bello A.Y., Musa Y., Musa A. (Nigeria)** - Proximate composition of shea nut meal, its inclusion in grower rabbit diets and elicited physiological responses. 411-414.
- Ismail F.S.A., Elgogry M.R., Morsy W.A., El-Tahan H.M. (Egypt)** - Effect of using sugarcane bagasse with or without enzymes in rabbit diets on growth performance of growing rabbits. 415-418.
- Jacquier V., Combes S., Estelle J., Oswald I.P., Gidenne T., Rogel-Gaillard C. (France)** - Impact of antibiotherapy and rapidly fermentable fiber in the diet of young rabbit assessed by transcriptomic approaches: preliminary results. 419-422
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Djourdik S., Aberkane N., Bannelier C., Gidenne T. (Algeria & France)**..Feeding *Quercus ilex* acorns to fattening rabbits: effects on growth and carcass characteristics. 423-426.
- Li Y.Q., Ren K.L., Cao L., Zheng J.T., Niu X.Y., Liang M.W., Wang F., Feng G.I. (China)** - The effects of different coarse fodders in diet to tissue morphology of digestive tract in rex rabbit. 427-430.
- Lu J., He Z., Shen Y., Dai X., Wang D., Zhang J., Li H. (China)** - Effect of feed restriction on growth performance, blood metabolites and liver hormones in rabbits. 431-433.
- Marín-García P.J., Ródenas L., Martínez-Paredes E., Blas E., Cervera C., Pascual J.J. (Spain)** - Are growing diets providing enough protein to high growth rate rabbits? 435-438

- Read T., Combes S., Gidenne T., Destombes N., Balmisse E., Aymard P., Labatut D., Bébin K., Fortun-Lamothe L. (France)** - Effect of energy level in doe diet on intake and performances of young rabbits before and after weaning. 439-442
- Read T., Fortun-Lamothe L., Gidenne T., Destombes N., Cauquil L., Pascal G., Gabinaud B., Balmisse E., Aymard P., Labatut D., Combes S. (France)** - Effects of feeding strategy on the maturation of cecal microbiota in young rabbits. 443-446.
- Ren Z.J., Song B., Wang J.L., Feng Q. (China)** - Effects on intestinal health of weaned-rex rabbits on diets with different NDF levels. 447-450
- Saiz A., Nicodemus N., Marco M., Fernandez B., Terreros E., García-Ruiz A.I. (Spain)** - Effect of type and dietary fat inclusion on growing rabbit performance and nutrient retention from 34 to 63 days of age. 451-454
- Thu N.V., Dong N.T.K. (Vietnam)** - A response of feed intake, carcass value and economic return of crossbred rabbits (New Zealand x local) to the mixed or separate feedings. 455-458
- Uhlířová L., Volek Z., Marounek M., Skřivanová E. (Czech Republic)** - The effect of a diet based on whole lupin seed (*Lupinus albus* cv amiga) on sanitary risk index and the growth of growing-fattening rabbits. 459-462.
- Vastel P., Bouchier M., Rebours G., Faussier G., Coulmier D. (France)** - Comparison of two methods related to the ligneous fraction analysis. 463-466
- Volek Z., Uhlířová L., Marounek M., Tůmová E., Zita L. (Czech Republic)** - The effect of dried chicory root added to the restrictive feed ration of rabbits on health status, performance and caecal and carcass traits. 467-470.
- Zarraa S., Colin M., Prigent A.Y., Shi D. (France)** - Possible deleterious effects of excessive consumption of vitamin E in rabbit performance and health before and after weaning. 471-474.

Pathology and Hygiene N = 2 + 30

- Xun S., Fang W., Liu X.Y., Song Y.H., Wang Y.Z., Xue J.B., Tao G.R., Fan Z.Y., Li C., Hu B., Gu X.L., Wei H.J., Qiu R.L., Liu X. (China)** - Control of rabbit coccidiosis and rabbit haemorrhagic disease: impact of recombinant and technology (Invited paper). 477-489.
- Badiola I., Perez de Rozas A., Gonzalez J., Aloy N., García J., Carabaño R. (Spain)** - Recent advances in ERE in growing rabbits (Invited paper). 491-502.
- Agnoletti F., Brunetta R., Bonfanti L., Ferro T., Guolo A., Marcon B., Puiatti C., Bano L. (Italy)** - Antimicrobial resistance and drug consumption in rabbit farming. 503-507.
- Boucher S., Plassiart G., Bignon L. (France)** - Study of the healing of rabbit farms umbilics (*Oryctolagus cuniculus*) newborns. 513-516.
- Brunetta R., Mazzolini E., Bano L., Berto G., Guolo A., Ferro T., Puiatti C., Rigoli R., Tonon E., Zandonà L., Drigo I., Agnoletti F. (Italy)** - A three-year prospective study shows clonal spreading of t5210 ST398 MRSA in rabbits and farm workers of one industrial farm. 517-520.
- Garcia J., Rosell J.M. (Spain)** - Ulcerative pododermatitis on a rex rabbit farm, Spain, 2005-2015. 521-523.
- Grand E., Weissman D., Jarrin M., Adelis R., Launay C. (France)** - Methodology of reproduction of colibacillosis on rabbits: effect of the age at inoculation and the strain. 525-529.
- Gu X., Wang Y., Fang S., Li C., Tao G., Cui P., Suo X., Liu X. (China)** - *Eimeria media*: selection and characterization of a precocious line. 531-534.
- Hu B., Fan Z.Y., Wang F., Song Y.H., Wei H.J., Liu X., Qiu R.L., Xu W.Z., Yuan W.Z., Xue J.B. (China)** - A new variant of rabbit hemorrhagic disease virus g2 strain isolated in China. 509-512.
- Kimsé M., Dakouri S.A., Koné M.W., Komoin O. C., Coulibaly M., Yapi Y.M., Fantodji A.T., Otchoumou A. (Côte d'Ivoire)** - Rabbit's coccidian species in a tropical endemic area. 541-544.
- Kylie J., Reid-Smith R., McEwen S., Weese J.S., Boerlin P., Turner P.V. (Canada)** - Evaluation of antimicrobial resistance in Ontario commercial meat rabbits. 545-548.
- Le Normand B., Chatellier S., Mercier P. (France)** - Natural *Passalurus ambiguus* infestation in a rabbit farm. Interest of the mini flotac method to assess helminth eggs and to ensure 1 year follow-up of animals after flubendazole based treatments. 553-556.
- Legendre H., Hoste H., Gidenne T. (France)** - Sainfoin in rabbit diet: impact on performances and on a nematode challenge. 549-552.
- Li C., Wang Y., Tao G., Gu X., Suo X., Liu X. (China)** - Attenuation of *Eimeria intestinalis* through selection of a precocious line. 557-560

- Li Y., Wang Y., Tao G., Cui Y., Suo X., Liu X. (China)** - Prophylactic and therapeutic efficacy of ponazuril against rabbit coccidiosis. 567-570.
- Liu J.S., Kong D.S., Jiang Q., Yu Z., Hu X.L., Guo D.C., Huang Q.Q., Jiao M.H., Qu L.D. (China)** - Production, characterization, and epitope mapping of monoclonal antibodies against different subtypes of rabbit hemorrhagic disease virus (RHDV). 535-539
- Liu Y., Chen H., Qin F.Y., Wei Q., Xiao C.W., Ji Q.A., Bao G.L. (China)** - Identification of two new immun-protective candidates proteins for the development of *Bordetella bronchiseptica* subunit vaccine. 561-565.
- Marino M., Pugliese N., Circella E., Cocciolo G., Papapicco C., Tondo A., Romito D., D'Onghia F., Camarda A. (Italy)** - Circulation of different strains of rabbit hemorrhagic disease virus (RHDV) in southern Italy: clinical and epidemiological findings. 571-574.
- Montbrau C., Padrell M., Ruiz M.C. (Spain)** - Efficacy and safety of a new inactivated vaccine against the rabbit haemorrhagic disease virus 2-like variant (RHDV-2). 575-578.
- Rommers J.M., de Greef K.H. (The Netherlands)** - Are pre-weaning health problems transferred to later phases in parc housed meat rabbits? 579-582.
- Shi D., Savietto D., Prigent A.Y., Gidenne T., Colin M., Combes S., Zemb O., Fortun-Lamothe L. (France)** - Interest and limits of adding exogenous hard feces in the nest box on the rabbit performances and health before and after weaning. 583-586
- Shi T.Y., Tao G.R., Bao G.L., Suo J.X., Fu Y., Hao L.L., Suo X. (China)** - Stable transfection of *Eimeria intestinalis* and investigation of its life cycle, reproduction and immunogenicity. 595-598.
- Song Y.H., Wang F., Fan Z.Y., Hu B., Liu X., Wei H.J., Xue J.B., Qiu R.L. (China)** - Interaction of novel RHDV B-cell epitopes with HBGA. 627-630.
- Tao G., Wang Y., Li C., Gu X., Liu X., Suo X. (China)** - Cloning and characterizing *profilin* gene from rabbit coccidia *Eimeria magna*. 587-590.
- Tao G., Wang Y., Li C., Liu X., Suo X. (China)** - Transgenic *Eimeria magna* expresses EYFP throughout the entire life cycle. 591-594.
- Valladares C.B., Zamora E.J.L., Ortega S.C., Felipe-Pérez Y.E., Castro M.J., Velázquez O.V., Alonso F.M.U., Sánchez T.J.E., Gutiérrez C.A., Reyes R.N.E., Zaragoza B.A., Aparicio B.J.E. (Mexico)** - Coenurosis in a wild rabbit [hare]. Case report. 599-602.
- Valls L., Sánchez-Matamoros A., Padrell M., Maldonado J. (Spain)** - Temporal evolution of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) and impact of vaccination during the RHD epidemic in Spain 2013-2015. 603-606
- Wang Y., Tao G., Li C., Gu X., Suo X., Liu X. (China)** - Protection of rabbits against coccidiosis by co-infection with *Eimeria magna*, *E. intestinalis* and *E. media*. 607-610.
- Xiao C.W., Liu Y.J., Quan A., Wei Q., Li K., Pan L.J., Bao G.L. (China)** - Antifungal activity of ethanol extract of *Phellodendron amurense* and *Cochinchina mormodica* against *Microsporium canis*-induced dermatitis in rabbits. 611-616.
- Xie X.T., Bil J., Shantz E., Hammermueller J., Turner P.V. (Canada)** - Prevalence of pathogenic viruses within Ontario commercial meat rabbits. 617-620.
- Yang R., Cao L.T., Fu L.Z., Wang Y.K., Tan Q.H., Li C.X., Zhang Y.F., Xu D.F., Wang X.Y. (China)** - Prevalence of coccidiosis in domestic rabbits in the Three Gorges Reservoir Area of China. 621-625.
- Zarraa S., Colin M., Prigent A.Y., Shi D. (France)** - Possible deleterious effects of excess of vitamin E in rabbit performance and health before and after weaning. 631-634.

Ethology and Welfare N = 1 + 21

- Hoy St., Matics Zs (Germany & Hungary)** - Alternative housing systems for rabbit does,. 637-651.
- Bertotto D., Radaelli G., Negrato E., Birolo M., Di Martino G., Xiccato G., Trocino A. (Italy)** - Changes of stress indicators in different matrices in growing rabbits before and after transport. 653-656
- Bignon L., Boucher S., Rousseau C., Bourin M. (France)** - Definition of indicators to evaluate consciousness of rabbit at the time of slaughter and optimisation of parameters for animal protection. 657-661.
- Farkas T.P., Dal Bosco A., Szendrő Zs., Filiou E., Matics Zs., Odermatt M., Radnai I., Paci G., Gerencsér Zs. (Hungary & Italy)** - Production of growing rabbits in large pens with and without multilevel platforms.. 663-666.
- Farkas T. P., Szendrő Zs., Matics Zs., Radnai I., Mayer A., Gerencsér Zs. (Hungary & Germany)** - Preference of rabbit does among different nest materials. 667-670.

- Gerencsér Zs., Farkas T.P., Dal Bosco A., Filiou E., Matics Zs., Odermatt M., Paci G., Szendrő Zs. (Hungary & Italy)** - The usage of multilevel platforms in growing rabbits housed in large pens as affected by platform material (wire-mesh vs plastic-mesh). 671-674.
- Gerencsér Zs., Kustos K., Szabó R.T., Mikó A., Odermatt M., Radnai I., Matics Zs., Szendrő Zs. (Hungary)** - Mating behaviour of rabbit does and bucks in groups (preliminary results). 675-678.
- González-Redondo P., Finzi A. (Spain & Italy)** - Efficiency of the rabbit underground cell keeping system in reducing heat summer stress. 679-682.
- Liu P., Wang M.Z., An L., Li Q., Liu Z.Y., Tian J. H., Wu Z.H. (China)** - A modified heat recovery ventilation system for rabbit houses in cold climates in Northeast China. 683-686.
- Liu Z.Y., Feng Y.S., Wu Z.H. (China)** - Behaviour of lactating does under environments without or with cooling in summer and without heating in winter. 687-690.
- López M. (Spain)** - Perception of stress factors concerning rabbit transport from the farm to the abattoir. 691-694.
- Machado L.C., Martínez-Paredes E., Paragliota F., Cervera C. (Brazil, Spain & Italy)** - Performance and health status of primiparous rabbits does housed in individual and collective cages. 695-698.
- Machado L.C., Martínez-Paredes E., Paragliota F., Cervera C. (Brazil, Spain & Italy)** - Performance of rabbit kits originating from collective and individual cages. 699-701.
- Maertens L., Buijs S. (Belgium)** - Comparison of fattening performances housed in parks or enriched cages. 703-706.
- Maertens L., Buijs S. (Belgium)** - Impact of housing system (cage vs. part-time housing) and floor type on rabbit doe welfare. 707-710.
- Maertens L., Buijs S. (Belgium)** - Production performances of rabbit does in a part-time group housing system. 711-714.
- Masthoff T., Lang C., Hoy St. (Germany)** - Effect of group size on fattening performance and of various types of slatted floor on dirtiness and occurrence of pododermatitis in growing rabbits. 715-718.
- Szendrő Zs., Matics Zs., Szabó R.T., Kustos K., Mikó A., Odermatt M., Gerencsér Zs. (Hungary)** - Aggressivity and its effect on lifespan of group housed rabbit does. Preliminary results. 719-722.
- Trocino A., Zomeño C., Birolo M., Zuffellato A., Xiccato G. (Italy)** - Characterization study of aggressive behaviours in group-housed rabbit does. 723-726.
- Turner P.V., Ramsay C.A., Wepruk J.R. (Canada)** - Development of a national code of practice for Canadian commercial meat rabbit producers. 727-730.
- Walsh J., Percival A., Lawlis P., Turner P.V. (Canada)** - Efficacy of blunt force trauma versus non-penetrating captive bolt for on-farm euthanasia of pre-weaned kits, growers and adult rabbits. 731-734.
- Walsh J., Tapscott B., Turner P.V. (Canada)** - Evaluation of producer attitudes regarding on-farm euthanasia methods for commercial meat rabbits. 735-737.

Quality of Products N = 16

- Abdel-Khalek A.M., El-Refaay W.H., Ragab, A.A. (Egypt)** - Effect of dietary selenium levels on blood glutathione peroxidase activity and some meat quality traits of rabbits. 741-744.
- Ayandiran, S.K., Odeyinka, S.M. (Nigeria)** - Carcass quality and blood components of weaner rabbits feeds bread waste and Moringa oleifera Leaf. 745-748.
- Dabbou S., Renna M., Lussiana C., Gai F., Rotolo L., Kovitvadhi A., Brugiapaglia A., Helal A. N., Zoccarato, Gasco L. (Tunisia & Italy)** - Inclusion of bilberry pomace in growing rabbit diets improves the nutritional quality of fat in the *Biceps femoris* muscle. 749-752.
- Donkó T., Czákó B., Nagy I., Kovács, Gy., Petneházy O., Kasza R., Szendrő Zs., Garamvölgyi, R., Matics Zs. (Hungary)** - Total body fat content determination by means of computed tomography (CT) in rabbits. 753-756.
- He Z.F., Xia Q.Y., Li H.J. (China)** - Effects of diets with increasing levels of citrus pulp on meat quality and fatty acid composition of growing rabbits. 803-806.
- Li H.J., He Z.F., Liu Y. N., Liu S.J., Qin Y.H., Liu Y., Mao H.J., Tao X.Q., Yan Y.K., Yang C.D., Pang S.M. (China)** - Effect of slaughtering age on some chemical traits of two rabbit muscles. 757-760.
- Mattioli S., Castellini C., Martino M., Marsili V., Dal Bosco A. (Italy)** - Dietary supplementation of wheat sprouts extract and oxidative status of growing rabbit. 761-764.
- Mattioli S., Dal Bosco A., Ruggeri S., Terova G., Davidescu M., Macchioni L., Corazzi L., Castellini C. (Italy)** - Maternal dietary supplementation of n-3 fatty acids: effect on $\Delta 6$ -desaturase expression and activity of suckling rabbits. 765-768.

- Mendoza-Velázquez N., Pérez-Toribio I., Sánchez-Torres J.E., Domínguez-Vara I.A., Felipe-Pérez Y. E.** (Mexico) - Carcass characteristics, pH and meat color of rabbit fed diets with and without omega-3 dietary supplementation. 769-771.
- Moumen S., Melizi M., Zerrouki N.** (Algeria) - Evaluation of the carcass quality and yield at slaughter in rabbit of local Algerian population reared in the Aures area. 777-781.
- Moumen S., Melizi M., Zerrouki N.** (Algeria) - The evaluation of organoleptic parameters of rabbit meat, was a notable way to promote the rabbit meat consumption. 783-786.
- North M.K., Nkhabutlane P., Hoffman L.C.** (South Africa) - The effect of age and breed on carcass composition and portion yield in rabbits. 773-776.
- Popoola M.A., Oseni S.O., Adetoro B.O., Makinde G.O.** (Nigeria) - Assessment of households' consumption of rabbit meat in Ibadan Metropolis, Nigeria. 787-790.
- Szendró Zs., Kasza R., Matics Zs., Donkó T., Gerencsér Zs., Radnai I., Cullere M., Dalle Zotte A.** (Hungary & Italy) - Divergent selection for total body fat content of growing rabbits 3. Effect on carcass traits and fat content of meat. 791-794.
- Wang Z.M., He Z.F., Li H.J.** (China) - Mass transfer dynamics during salt brining of rabbit meat. 799-802.
- Xie Y.J., He Z.F., Zhang E., Li H.J.** (China) - Characterization of the volatile compounds in rabbit meat using gas chromatography mass spectrometry with simultaneous distillation extraction. 795-798

Fur and Wool N = 1 + 17

- Dai H., Zhu R.Y., Zhang Z.C., Zhang Y.** (China) - Innovative processing technologies for rabbit skin and hair (Invited paper). 809-819.
- Bai L.Y., Yang L.P., Gao S.X., Sun H. T., Jiang W.X.** (China) - Optimum wool harvest of Angora rabbits. 821-824.
- Cui J.H., Liu A.R., Lv S.Q., Shi J.L., Zhang Z.C., Cheng Y.B.** (China) - Research on quality of rex rabbit hide in paramos climate zone of Hulun Buir area in Inner Mongolia. 825-828.
- Dai H., Zheng Z. X., Liu D., Zhang Z. C.** (China) - Determination of formaldehyde and glutaraldehyde in rabbit fur by HPLC. 829-832
- Demars J., Iannuccelli N., Utzeri V.J., Fontanesi L., Allain D.** (France & Italy) - The MLPH expression is decreased in rabbits owning a dilution of coat colour. 833-836.
- Huang D.W., Zhao H.L., Cheng G.L., Zhao X.W., Yang Y.X., Wang X.F., Xu J.** (China) - Location of genes associated with hair length of rabbit. 837-840
- Li B.J., Wen B., Liu H., Zhang Z.C., Fu X.C., Wang P.** (China) - The assessment of the influence of cysteine dosage in feed on rex rabbit skin's quality. 841-844.
- Liu H., Liu H.Y., Chen Y.Y., Li S.L., Zhang Z.C.** (China) - The formaldehyde-free tanning method of rex skin based on Zirconium-Aluminum complex tanning agent. 845-848.
- Liu H.Y., Jiang Y. P., Liu H., Li L.X., Zhang Z. C.** (China) - The influence of low temperature plasma on dyeing of rex fibers. 849-852.
- Luo Q.Q., Gao H.Q., Peng L.H., Liu G.Y., Zhang Z.C.** (China) - Characterization of the micro structure and antibacterial properties of the hair fiber modified by Pegylated Chitosan. 853-856.
- Niu X.Y., Cao L., Li Y. P., Zheng J.T., Feng G.L., Fan A.F., Huang S.F., Ren K.L.** (China) - Transcriptome analysis of coat color genes in rex rabbit. 857-860.
- Qian Q.X., Ma J.X., Zhang G.Z., Xie C.S., Ren L., Qian B.Q.** (China) - Breeding and application of Zhexi angora rabbits. 861-864.
- Wu Z.Y., Li F.C., Liu H.L., Fu C.Y., Liu G.Y.** (China) - Mechanisms of hair follicle cycle regulated by Wnt-10b in rex-rabbits from birth to 2-month-old. 865-868.
- Zhang K., Fu X.C., Liu N., Wen B., Xu C.W., Du D., Yu Z.J., Jian W.S., Wang P., Guo X.L., Wang L.H., Yang H., He G.M., Liu H.Z.** (China) - Identification and differentiation of transcriptome profiles in chinchilla and white rex rabbit skin. 869-872.
- Zhao B.H., Chen Y., Yan X. R., Hao Y., Zhu J., Weng Q.Q., Wu X.S.** (China) - Gene expression on profiling analysis reveals coat color formation in rex rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). 873-876.
- Zhao H.L., Huang D.W., Chen S., Cheng G.L., Yang Y.X., Zhao X.W., Wang X.F., Xu J.** (China) - Wan strain Angora rabbit—a novel breed in China. 877-879.
- Zhao N., Liu G.Y., Zhu Y.L., Wu Z.Y., Liu L., Li F.C.** (China) - Study of suitable supplementation of pantothenic acid to growing rex rabbits. 881-884.
- Zheng J.T., Cao L., Li Y.P., Niu X.Y., Feng G.L., Fan A.F., Tang Y.P., Huang S.F., Ren K.L.** (China) - Effects of melatonin on growth performance and fur quality of rex rabbit. 885-888.

Management and Economics N = 1 + 23

- Raharjo Y.C., Bahar S. (Indonesia)** - Rabbit production and research in Asia : perspectives and problems (Invited paper). 891-921.
- Buitrago-Vera J., Escribá-Perez C., Baviera-Puig A., González-Redondo P., Montero-Vicente L. (Spain)** - Consumer segmentation based on food-related lifestyles and analysis of rabbit meat consumption. 923-926.
- Chapagain U., Lukefahr S.D. (Nepal & USA)** - Rabbit production in Nepal: a solution to food insecurity and poverty. 927-930.
- de Greef K., Jorine Rommers J., Lavrijsen S. (The Netherlands)** - Market and society driven innovations in the Dutch rabbit production system. 953-956
- Duprat A., Goby J.P., Roinsard A., Van Der Horst F., Le Stum J., Legendre H., Descombes M., Theau J.P., Martin G., Gidenne T. (France)** - Pasture finishing of organic rabbit : grass intake and growth – first results. 931-935
- Gao Y., Zheng Z.H. (China)** - Consumer demand for rabbit meat in urban China: 2011-2015. 937-941.
- Huang D., Wu L.P., Cao F.F., Kang J.P., Seema B. (China)** - Partial equilibrium analysis and forecast of Chinese rabbit meat market. 947-951
- Kimsé M., Coulibaly K.A.S., Gnanda B.I., Otchoumou A.A. (Côte d'Ivoire & Burkina Faso)** - Characterization of rabbit's productions in the district of Abidjan, Côte d'Ivoire. 957-959.
- Kovitvadhi A., Sanyathitiseree P., Gasco L., Rukkamsuk T. (Thailand & Italy)** - Meat rabbit production in Central, Western and Eastern Thailand: Social network and current status. 961-964.
- Li L.L., Seema B., Wu L.P. (China)** - Dramatic changes of Chinese Angora rabbit industry from 2011 to 2015: reasons, challenges and countermeasures. 965-968.
- Li S., He Z.F., Li H.J. (China)** - The current situation and developing prospects of packaging of Chinese rabbit meat products. 969-972.
- Luis A.H.F., Fernando U.Q., Florencia G.S. (Mexico)** - Evaluation of milk production in New Zealand rabbits and use of controlled breastfeeding to decrease mortality in young rabbits. 973-975.
- Mahunguane S.J.S., Ambula M.K., Bebe B.O. (Kenya & Mozambique)** - Effects of weaning age on carcass quality of rabbits reared on smallholder farms in Kenya. 977-980.
- Martino M., Mattioli S., Cambiotti V., Mugnai C., Moscati L., Castellini C., Dal Bosco A. (Italy)** - Effect of a prototype of colony cage with removable walls on the reproductive performance of rabbit does. 981-984.
- Menini F.X., Dorchies P., Salain J.M., Tétrel P. (France)** - Energy balance and atmosphere management parameters of buildings for rabbits. 985-988.
- Nie J., Wu L.P., Ju R. (China)** - Forecasting the price change of coarse rabbit wool by the technical analysis indicators. 989-992.
- Oluwatusin F.M. (Nigeria)** - Determinants of rabbit keeping in south western Nigeria. 993-997
- Oseni S.O., Atumah C.R., Popoola M.A., Ajayi B.A. (Nigeria)** - A SWOT analysis of commercial rabbit operations in Southwest Nigeria. 999-1004.
- Oseni S.O., Lukefahr S.D. (Nigeria & USA)** - Critical requirements for undergraduate training curriculum in rabbit production in less developed countries..1005-1008.
- Ouertani E., Dabboussi I., Mejri A. (Tunisia)** - The development prospects of rabbit sector in Tunisia based on a value chain diagnosis. 1009-1012.
- Peng Z., Zhu J.F. (China)** - An analysis of the scale efficiency of meat rabbit industry in China. 943-946.
- Szendrő K., Szendrő Zs., Gerencsér Zs., Radnai I., Horn P., Matics Zs. (Hungary)** - Economic value of rabbit lines selected for different criteria. 1013-116.
- Wu L.P., Seema B., Huang D. (China)** - The contribution of Chinese rabbit industry and its sustainable development. 1017-1020.
- Yan G., Zhu J.F. (China)** - An analysis of technical efficiency of meat rabbit breeding industry in China. 1021-1024.

