18èmes JOURNÈES DE LA RECHERCHE CUNICOLE

27 et 28 mai 2019

NANTES

Cité des Congrès

nuproxa
because innovation counts

Produits naturels pour la nutrition animale

Opération mondiale, siège en Suisse

NUPROXA France
3 rue Jean Rostand
22440 Plougragan
Mobile 06 37 36 30 44

Comité d'organisation : Association Cuniculture

Président du Comite : François LEBAS Directeur de Recherches Honoraire INRA

Comité de lecture

- Chantal Davoust ASFC
- Dominique Licois ex-INRA
- François Lebas Cuniculture
- Hervé Garreau INRA
- Laurence Lamothe INRA
- Luc Maertens Belgique
- Stéphane Bertagnoli ENVT
- Syvie Combes INRA
- Thierry Gidenne INRA

Les 18èmes Journées de la Recherche Cunicole ont été organisées avec le soutien financier des sociétés et organismes suivants

CHABEAUTI

CL!PP Interprofession du Lapin

Copri

Désialis

Filavie

HYGOLE Select your future

Hypharm

Meneghin Rabbit Equipment

nuproxa because innovation counts

Valorex ICI, LA NATURE INNOVE

SOMMAIRE

Pathologie et Hygiène

Page

9 Parasitisme gastro-intestinal du lapin au pâturage en fonction de l'âge, de la saison et du type de pâturage. 1/ Nématodes
LEGENDRE H., GOBY J.P., LE STUM J.,HOSTE H., CABARET J., GIDENNE T.

13 Parasitisme gastro-intestinal du lapin au pâturage en fonction de l'âge, de la saison et du type de pâturage . 2/ Coccidies
LEGENDRE H., GOBY J.P., LE STUM J.,HOSTE H., CABARET J., GIDENNE T.

17 Prévalence de l'infection coccidienne du lapin dans trois régions d'Algérie
MAZIZ-BETTAHAR S., AISSI M. AIN BAZIZ H., BACHENE M.S., ZENIA S.

21 Effets d'un additif composé d'extraits de canne à sucre et d'*Acacia concinna*, sur l'excrétion oocystale et les performances zootechniques du lapin en engraissement dans des conditions sanitaires dégradées
ATKINSON A., LE ROUX J.F., PRIGENT A.Y., COLIN M.

25 Etudes épidémiologiques rétrospectives sur la maladie hémorragique virale RHDV2 dans les élevages cunicoles en France entre 2013 et 2018
HUNEAU-SALAÜN A., BOUCHER S., FONTAINE J., LE NORMAND B., LOPEZ S., MAURICE T., NOUVEL L., BRUCHEC A., COTON J., MARTIN G., LE GALL-RECULÉ G., LE BOUQUIN S.

29 Aspects cliniques, lésionnels macro et microscopiques suite à la reproduction expérimentale de RHD à l'aide d'une souche virale hypervirulente RHDV2
BOUCHER S A. NICOLLIER A., LE MINOR O., MELLET R., LE MOULLEC T., SIGNOGNAULT-FLOCHAY A.

33 Maladie hémorragique virale du lapin : protection conférée par un vaccin commercial bivalent contre une nouvelle souche RHDV2 hautement pathogène et étude de l'excrétion du virus
LE MOULLEC T., LE MINOR O., JOUDOU L., BEILVERT F., MORIN H., SIGOGNAULT-FLOCHAY A.

37 Dosage des anticorps anti-RHDV2 chez les lapines et leurs lapereaux en lien avec la vaccination
LE NORMAND B., CHATELLIER S., VASTEL P., REBOURS G., CAPUCCI L.

41 Hystérotomies en vue du transfert de lapereaux d'un bâtiment d'élevage vers un autre sans introduction de microbisme
BOUCHER S., SAUVAGET S., LENOIR G., DUPONT V., HERBERT C.

Carcasse et Valorisation des viandes

46 Effet de la consommation d'eau avant abattage sur le rendement en carcasse du lapin de chair
GOHIER C., MENINI F.X., BOURDILLON A., TETREL P.

50 La viande de lapin ayant reçu des aliments enrichis en DHA peut être une solution intéressante pour contribuer à couvrir les besoins de l'homme en cet acide gras essentiel – Une revue
VAN LISSUM M., DELARUE J., LEBAS F., PRIGENT A.Y., CAILLAUD L., COLIN M.

56 Les recettes de lapin recherchées sur Internet
LEBAS F.

60 La confrérie de l'ordre des chevaliers de la Rabouillère: rôle et actions
TUDELA F., MATHERON G., LEBAS F.

Génétique

65 Réponse métagénomique à la sélection de la teneur en lipides intramusculaires chez le lapin
BLASCO A., MARTINEZ-ALVARO M., ZUBIRI-GAITAN A., HERNANDEZ P.

69 Intérêt de la mesure de la consommation résiduelle en alimentation rationnée pour l'amélioration de l'efficacité alimentaire dans une lignée mâle Hycole.
HERBERT C., SUTEAU M., LENOIR G.

73 Projet RELAPA (génomique pour la résistance génétique des lapins à la pasteurellose) : statut hématologique de lapins résistants et sensibles
GUNIA M., LANTIER F., BALMISSE E., GUITTON E., HELLOIN E., LE CREN D., LENOIR G., MAUPIN M., ROBERT R., RIOU M., GARREAU H.

77 Projet RELAPA (génomique pour la résistance génétiques des lapins à la pasteurellose) : paramètres génétiques
SHESTRA M., GARREAU H., BALMISSE E., BED'HOM B., DAVID I., GUITTON E., HELLOIN E., LENOIR G., MAUPIN M., ROBERT R., LANTIER F., GUNIA M.

81 Relations entre la résistance à la pasteurellose après infection expérimentale et les caractères de croissance et de reproduction mesurés en élevage commercial
GARREAU H., LANTIER F., GUITON E., HELIÈS V., HELLOIN E., LE CREN D., LENOIR G., MAUPIN M., ROBERT R., GUNIA M.

Reproduction et Techniques d'élevage

86 Effet du niveau d'alimentation et du taux protéique de la ration sur la libido et les caractéristiques de la semence du lapin de la souche Itelv 2006
LANKRI E., BOUDOUR K., AICHOUNI A., RECHACHOU F.,

91 Performances de reproduction des lapines de la souche « Itelv 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insemination artificielle - Résultats préliminaires
BOUDOUR K., AICHOUNI A., LANKRI E., ZERROUKI-DAOUDI N.

95 L'efficacité des aides de l'Etat en relation avec les performances de production : cas des élevages cunicoles la région de Tizi-Ouzou, Algérie
MOUHOUS A., BENABDELAZIZ T. KADI S.A., DJELLAL F., GUERMAH H., BERCHICHE M.

99 Impacts socio-économique des stratégies de régulation de l'ingestion post-sevrage chez le lapin : Analyse rétrospective sur 10 ans
GIDENNE T.

107 Création d'un référentiel technique simplifié adapté à la cuniculture biologique: premiers résultats.
GIDENNE T., ROINSARD A., FORTUN-LAMOTHE L., GOBY J.P., SAVIETTO D. CORMOULS M.

Nutrition et Alimentation

112 Besoins en iode du Lapin : carence, excès, recommandations – revue bibliographique
LEBAS F.

119 Digestibilité de la matière sèche d'une pâture de sainfoin ou de fétuque, et estimation de l'ingestion de sol, par le lapin en croissance élevé en cages mobiles sur prairie - Premiers résultats.
LEGENDRE H., GIDENNE T., HARTMEYER P., GOBY J.P., JURJANZ S.

124 Influence de métabolites dérivant de la fermentation de 2 souches de lactobacilles distribués en maternité sur les performances de reproduction et de croissance du lapin
MALABOUS A., ROBERT D., BAROTIN L., PRIGENT A.Y., COLIN M.

128 Caractérisation et évaluation du potentiel prébiotique apporté par le galactomannane extrait du fenugrec chez le lapin en croissance.
ZEMZMI J, RODENAS L., BLAS E., MARTINEZ-PAREDES E., LOPEZ-LUJAN M.C., MOYA J., NAJAR T., PASCUAL J.J.

132 Effets d'un produit de fermentation de Saccharomyces cerevisiae sur la viabilité, la croissance et la composition de la viande chez le lapin en croissance
COLIN M., PAVLIDIS H., Le VEN L., PRIGENT A.Y.,

137 Effets de l'enrichissement en acides gras oméga 3 de l'aliment sur les résultats zootechniques et la qualité nutritionnelle de la viande de lapin.
MINETTO A., COLIN M., GUILLEVIC M., PRIGENT A.Y.

142 Quantification de l'ingestion d'aliment solide de lapereaux allaités et effets du diamètre et de la dureté du granulé sur leurs préférences alimentaires
PAËS C., FORTUN-LAMOTHE L., BÉBIN K., DUPERRAY J., GOHIER C., GUENÉ-GRAND E., REBOURS G., AYMARD P., DEBRUSSE A.M., GIDENNE T., COMBES S.

148 Impact du temps d'accès à la mangeoire avant sevrage sur les performances des lapins élevés dans des portées de 11 lapereaux par lapine allaitante multipare.
GUENÉ-GRAND E., DAVOUST C., POISSON A., LAUNAY C.

152 Effets du rapport entre fibres digestibles et indigestibles dans l'aliment sur la santé digestive et les performances des lapins en engraissement.
REBOURS G., RAFFIN J., VASTEL P., REYS S.

Pathologie et Hygiène

Parasitisme gastro-intestinal du lapin au pâturage en fonction de l'âge, de la saison et du type de pâturage :

1/ Nématodes

Legendre H.[12], Goby J.P.[3], Le Stum J.[3], Hoste H.[2], Cabaret J.[4], Gidenne T.[1*]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France
[2] UMR 1225 IHAP INRA/ENVT, 23 Chemin des Capelles, 31076 Toulouse, France
[3] Université de Perpignan, IUT, 66962 Perpignan, France
[4] ISP, INRA, Tours

[*]Auteur correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

Résumé – Notre essai a eu pour objectif d'étudier le parasitisme gastro-intestinal de lapins, engraissés au pâturage, et durant 3 saisons: hiver 2014/2015, été 2015 et printemps 2016. A chaque saison, 30 lapins ont été répartis, au sevrage, dans 10 cages-mobiles placées sur une pâture majoritairement composée de graminées ou sur une prairie majoritairement composée de sainfoin. Hebdomadairement, un dénombrement des œufs de nématodes a été réalisé dans les fèces. A l'abattage (100 j d'âge), les tractus digestifs ont été collectés afin de procéder à un dénombrement des nématodes. Il n'y a pas eu d'effet du type de pâture (Fétuque *vs* Sainfoin) sur l'excrétion d'œufs, la prévalence ou l'intensité d'infestations par les nématodes. Le printemps 2016 était caractérisé par la prévalence élevée de *Trichostrongylus* sp. (93% des lapins). alors qu'il n'a pratiquement pas été retrouvé durant les autres périodes d'observations. Une corrélation négative entre l'intensité d'infestation par *Trichostrongylus* sp. et la vitesse de croissance a été mis en évidence, mais sans que d'autres paramètres, tel que la saison, ne puissent être écarté. Ces premiers résultats militent pour un temps de retour de lapins sur une pâture plus étendu que les 2 mois préconisés dans le cahier des charges français en cuniculture biologique.

Abstract –Gastrointestinal parasitism of organic pasture raised growing rabbits according to age, season and type of pasture. Part 1/ Nematodes –Our trial aimed to study the gastro-intestinal parasitism in pasture raised rabbits, during 3 seasons: winter 2014/2015, summer 2015 and spring 2016. For every season, at weaning 30 rabbits were housed in movable cages on two pastures: sainfoin and tall fescue. Nematodes eggs were counted on a weekly basis in feces. At slaughter (100 d old), the digestive tract was sampled to count the number of nematodes. The type of pasture (fescue vs sainfoin) had no effect on egg excretion or on nematodes prevalence and intensity. Spring 2016 was characterised by a high prevalence of *Trichostrongylus* sp. (93% of rabbits). A negative correlation between the intensity of infection by *Trichostrongylus* sp. and daily gain was observed, but without discarding other factors, like the season . These first results suggest to increase the pasture rotation time over the 2 months requested by current organic rabbit farming regulation in France.

Introduction

Les systèmes hors-sols ont contribué à réduire une partie du parasitisme gastro-intestinal du lapin, même si les coccidioses constituent encore une parasitose importante. En revanche, la cuniculture avec accès au pâturage est *a priori* soumise à un plus grand risque d'infection parasitaire, et notamment par des strongles de l'estomac (*Graphidium strigosum*) ou de l'intestin grêle (*Trichostrongylus retortaeformis, Trichostrongylus* sp.), avec des conséquences sur la physiologie de l'hôte. La gestion du parasitisme est probablement et constitue un des freins majeurs au développement de la cuniculture biologique (Roinsard *et al.*, 2013).

Par conséquent, notre essai a pour objectif d'étudier le parasitisme gastro-intestinal de lapins engraissés au pâturage. Il s'agit d'améliorer les connaissances sur le risque parasitaire au pâturage et d'envisager des recommandations pour le réduire, mais aussi de tester l'intérêt de l'introduction de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), une légumineuse riche en tannins condensés qui permettrait de limiter ce risque (Legendre *et al.* 2017), comme cela a été montré chez les petits ruminants (Hoste *et al*., 2015).

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

L'essai a été conduit sur le domaine expérimental de l'Université de Perpignan, en respect du cahier des charges pour la cuniculture biologique (MAAP 2010), au cours de l'hiver 2014/2015, de l'été 2015 et du printemps 2016. A chaque répétition, 30 lapins ont été répartis (selon leur poids, et leur portée) au sevrage (entre 41 et 48 j. d'âge) en 2 groupes de 15 placés sur une prairie majoritairement composée de graminées ou de sainfoin. Les lapins étaient issus de l'élevage qui présente deux systèmes en maternité :

- des parcs paillés placé dans un tunnel semi-ouvert (filet brise vent + grillage sur les côtés),

- ou des cages-mobiles placées sur une prairie naturelle méditerranéenne où l'herbe était très basse pour les périodes étudiées.

Les lapins sevrés ont été logés en cage-mobile de petite taille accueillant 3 lapins par cage à partir du sevrage et pendant 9 semaines. Les cages-mobiles sont constituées d'un abri en bois, ainsi que d'une aire d'accès au pâturage de 1,2 m² (soit 0,4 m²/lapin) pour respecter la norme de surface pâturable en cuniculture AB; et elles ont été déplacées quotidiennement. Au sein de chaque cage-mobile durant la période d'essai en été 2015 et au printemps 2016, un lapin avait été élevé jusqu'au sevrage en cage-mobile, et les autres élevés dans le tunnel semi-ouvert. Alors que durant l'hiver 2014/2015, l'ensemble des lapins avaient été élevés jusqu'au sevrage dans le bâtiment semi-ouvert.

Figure 1 : Cages mobiles sur pâture de sainfoin (printemps 2016)

1.2. Historique des parcelles pâturées (voir figure 2)

Au cours de l'hiver 2014/2015, les parcelles de sainfoin et de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*, F) n'avait jamais été pâturée par des lapins (ou par d'autres animaux).

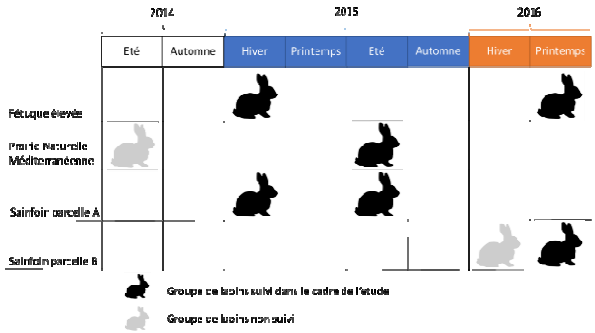


Figure 2 : Schéma récapitulatif de l'historique des parcelles pâturées

La prairie naturelle méditerranéenne (PNM, majoritairement composé de graminées) pâturée au cours de l'été 2015, n'avait pas été pâturée depuis plus d'un an par des lapins. La parcelle de fétuque élevée pâturée pendant le printemps 2016, était la même que celle utilisée au cours de l'hiver 2014/2015, et n'a pas été pâturée entre temps. La même parcelle A de sainfoin a été utilisée durant l'été 2015 et l'hiver 2014/2015, soit une période de plus de 3 mois entre les répétitions. Au printemps 2016, des lapins ont été placés sur la parcelle de sainfoin B qui avait été pâturée moins de 3 mois auparavant.

1.3. Suivi parasitaire

Chaque semainet, après une journée de pâturage, chaque cage-mobile était déplacée et un échantillon d'au moins 10g de fèces a été collecté sur l'ensemble de la zone pâturée la veille. Pour chaque échantillon, un dénombrement des œufs de nématodes (OPG) a été réalisé par la méthode de Mc Master modifiée.

A l'abattage (autour de 100 jours d'âge), le tractus digestif (estomac, intestin grêle, cæcum et côlon) d'une partie des lapins (Hiver 2014/2015 : n=10 ; Eté 2015 : n=20 ; Printemps 2016 : n=28) a été pesé et conservé à -20°C, jusqu'à la réalisation de bilans parasitaires. Le dénombrement des nématodes présents a été réalisé sur une aliquote de 50 ml (5x10 ml, soit un quart du volume total) après une série de rinçage des contenus intestinaux à l'eau claire au travers de tamis (600 µm puis 40 µm). Les nématodes ont été identifiés au niveau spécifique pour *Graphidium strigosum*, *Passalurus ambiguus* et au niveau générique pour *Trichostrongylus* (*T. retortaeformis* étant la principale espèce suspectée). La prévalence (correspondant au nombre d'animaux parasités par une espèce par rapport au nombre total d'animaux échantillonnés) et l'intensité (correspondant au nombre moyen d'individus d'une espèce parasitaire donnée par animal infesté, Margolis *et al.* 1982) ont été calculées.

1.4. Analyses statistiques

Les comptages d'œufs de nématodes ont été normalisés par une transformation logarithmique (base 10). Dans ce cas, une analyse de variance pour des mesures répétées a été réalisée à l'aide du logiciel R. Une régression linéaire entre le nombre de *Trichostrongylus* sp. (après transformation logarithmique) et la vitesse de croissance (GMQ en g/jour) entre le sevrage et l'abattage des lapins, avec le type de prairie (majoritairement composé de graminées (fétuque) ou de sainfoin) comme effets fixes a été effectuée à l'aide du logiciel Jamovi. Selon l'intensité d'infestation par *Trichostrongylus* sp, deux catégories ont été établies : Faible (<500) et Forte (>500).

Une analyse de variance a été effectuée afin de tester l'effet de l'intensité de l'infestation et du type de pâture, mais sans qu'il ait été possible d'intégrer l'effet de la saison (du fait de la quasi-absence de lapins fortement infestés durant l'hiver 2014/2015 et l'été 2015), à l'aide du logiciel Jamovi. Les moyennes marginales estimées sont présentées pour ces analyses.

2. Résultats et discussion

2.1. Excrétion fécale

Les œufs de *Passalurus ambiguus* excrétés par les lapins étaient très minoritaires lors du comptage. De plus, les œufs de *Graphidium strigosum* et de *Trichostrongylus* sp. étant difficiles à distinguer, l'excrétion fécale des œufs de nématodes a donc été étudiée sans distinction de l'espèce. Aucun effet du type de pâture (Fétuque *vs* Sainfoin) sur l'excrétion d'œufs n'a été détecté (P=0,70 ; figure 3) durant le printemps en 2016.

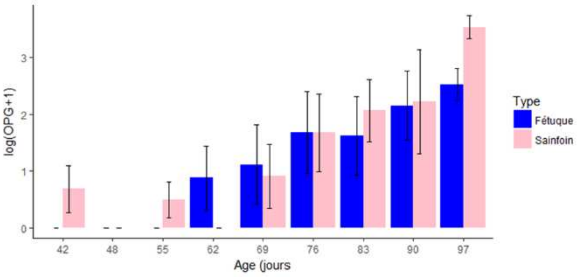


Figure 3 Excrétion fécale d'œufs de nématodes log (OPG+1) ± SE (OPG, œufs/g) au cours du pâturage au printemps 2016 et selon le type de prairie pâturée (Fétuque en bleu et Sainfoin en rose).

2.2. Bilans parasitaires

Sur l'ensemble des tractus étudiés, aucun individu de *Trichuris* spp., ou représentants de la classe des Cestodes n'ont été observés.

Alors que la prévalence était nulle ou faible au cours de l'hiver 2014/2015 et de l'été 2015, le printemps 2016 était caractérisé par la prévalence élevée de *Trichostrongylus* sp. (93% des lapins). Il n'y avait pas de différence en terme de prévalence de *Trichostrongylus* sp. selon le type de pâturage. Le dispositif expérimental n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative concernant l'intensité d'infestation par *Trichostrongylus* sp. entre les types de prairies pâturées au printemps 2016 (*P* = 0,13). La prévalence de *Passalurus ambiguus* était toujours supérieure à 70%, mais numériquement supérieure à 90% durant l'été 2015 (95%) et le printemps 2016 (90%). 95% des lapins pâturant de la fétuque élevée ou la PNM à base de fétuque, et 80% pâturant du sainfoin, contenaient *Passalurus ambiguus*. Le parasite *Graphidium strigosum* n'a été retrouvé que chez 2 lapins pâturant du sainfoin au printemps 2016.

Les lapins ayant pâturé la prairie de sainfoin au printemps 2016 présentent les niveaux d'infestations (par *Trichostrongylus* sp.) les plus élevés numériquement. La saison de printemps présente des conditions climatiques favorables (humidité et température) au cycle des Trichostrongyloidea, ce qui peut accroître le niveau d'infestation comparé à l'hiver 2014/2015 et à l'été 2015, comme nous l'avons constaté.

Au cours du printemps 2016, les lapins ont ingéré 45% plus de fourrage en ayant pâturé le sainfoin plutôt que de la fétuque élevée (Legendre *et al.*, 2017), ce qui a pu augmenter la probabilité d'ingérer des formes infestantes. De plus, le temps de retour sur le pâturage de sainfoin (<3 mois), plus faible que celui pour la fétuque élevée (1 an), a été probablement un élément déterminant de l'accroissement de l'infestation par *Trichostrongylus sp.* sur le pâturage de sainfoin. D'autres éléments, ont pu également influencer ces résultats. Ainsi la forte attractivité du sainfoin pour des lapins sauvages (GNIS, 2013) pourrait avoir engendré des visites plus fréquentes, et ainsi augmenter la transmission des parasites potés par les lapins sauvages. De plus, des différences en termes de structure végétative et de densité végétale pourraient induire des différences d'humidité au niveau de la strate herbacée induisant des différences de mobilité verticale des larves de stade 3 des Trichostrongyloidea, et donc un risque plus élevé d'infestation (Niezen *et al.*, 1998). Il faut également rappeler que la prairie de sainfoin a été irriguée par aspersion avant que les lapins y soient placés, contrairement à la parcelle de fétuque élevée, augmentant ainsi l'humidité sur la parcelle. Enfin, la plus faible densité végétale sur la prairie de fétuque élevée comparée à celle de sainfoin, a pu favoriser l'exposition aux rayons UV, et donc potentiellement réduire le nombre de larves infestantes (Van Dijk *et al.*, 2009) la prairie de fétuque.

2.3. Influence sur la santé et la croissance des lapins

Malgré des niveaux d'intensité d'infestation importants (jusqu'à 13 000 adultes du genre *Trichostrongylus*), aucuns signes de diarrhée, ni de lésions macroscopiques n'ont été observés durant l'étude, même si ces dernières peuvent être difficile à repérer. De plus, pour Barker et Ford (1975) l'intensité de *Trichostrongylus retortaeformis* ne serait pas nécessairement corrélée à l'intensité des lésions. La mortalité post-sevrage était inférieure ou égale à 10%, et n'a pas augmenté au printemps 2016 malgré l'augmentation nette de la prévalence et de l'intensité d'infestation par *Trichostrongylus* sp. Néanmoins, les effectifs limités utilisé dans cet essai ne rendent pas possible l'analyse statistique de cette relation avec suffisamment de puissance.

Une corrélation négative significative entre l'intensité d'infestation par *Trichostrongylus* sp. et la vitesse de croissance [GMQ =1,1 log(intensité *Trichostrongylus* sp.)+20,8] a été détectée, mais avec une faible incidence (r=0,275, soit r^2=0,075, ddl = 56, *P*<0,05). Ce résultat préliminaire est corroboré par la mise en évidence de l'effet du niveau d'infestation sur la vitesse de croissance (*P*<0,05), qui diminue de 5 g/j entre le printemps 2016 et les autres périodes d'observations où *Trichostrongylus* sp. n'avait pratiquement pas été retrouvé. Cette plus faible vitesse de croissance serait donc à relier en partie à l'augmentation des populations de nématodes gastro-

intestinaux, sans qu'il soit possible d'écarter un effet des conditions environnementales, moins favorables durant l'essai ou durant la période pré-sevrage au printemps (Seltmann *et al.*, 2019). De plus, des variations en termes d'espèces coccidiennes (voir partie 2) plus ou moins pathogènes pourraient aussi influencer la croissance des lapins. Ceci reste à étudier, notamment en lien avec l'intensité d'infestation par *Trichostrongylus* sp et des autres nématodes.

Conclusions

Notre étude n'a pas permis de mettre en évidence un effet marqué du type de pâturage (graminée vs sainfoin) sur l'infestation par des nématodes, du fait de la forte variabilité d'infestation entre saisons. Néanmoins, nos premiers résultats suggèrent d'accroître le délai de retour des lapins sur la même pâture, au delà des 2 mois préconisés dans le cahier des charges de la cuniculture biologique.

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été financés par le département Phase de l'INRA (projet MarkPast), le comité INRA AgriBio4 (projet Cunipat) et le métaprogramme Gestion Intégrée de la Santé des Animaux de l'INRA "GISA-PROF". Les auteurs remercient l'association AVEM pour les graines de sainfoin AB, ainsi que les étudiants de l'IUT de Perpignan pour leur participation aux mesures.

Références

Barker I.K., Ford G.E., 1975. Development and distribution of atrophic enteritis in the small intestines of rabbits infected with *Trichostrongylus retortaeformis*. J. Comp. Pathology 85: 427-435.

GNIS, 2013 Des plantes pour la faune sauvage. GNIS.

Hoste H., Torres-Acosta J.F.J., Sandoval-Castro C.A., Mueller-Harvey I., Sotiraki S., Louvandini H., Thamsborg S.M., Terrill T.H., 2015. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. Vet. Parasitology: 212, 5-17.

Legendre H., Hoste H., Gidenne T., 2017. Nutritive value and anthelmintic effect of sainfoin pellets fed to experimentally infected growing rabbits. Animal, 11, 1464-1471. doi:10.1017/S1751731117000209

Margolis L., Esch G.W,J.,. Holmes C., Kuris A. M., Schad G.A., 1982. The Use of Ecological Terms in Parasitology (Report of an Ad Hoc Committee of the American Society of Parasitologists). J. Parasitol. 68, 131-133.

Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP), 2010. Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n° 834/2007 du Conseil et (CE) n° 889/2008 de la Commission.

Niezen, J. H., Charleston, W. A. G., Hodgson, J.,Miller, C.M., Waghorn, T.S. et al., 1998 Effect of plant species on the larvae of gastrointestinal nematodes which parasitise sheep. International J.Parasitol. 28, 791-803.

Roinsard, A, Lamothe, T., Gidenne, T., Cabaret, J., et Van der Host, F., 2013. Etat des lieux des pratiques et des besoins de recherché en élevage cunicole biologique. *In: Colloque DinABio 2013. ITAB, Tours (France), 155-156.*

Seltmann M.W., Ruf T., Rödel H.G. 2009. Effects of body mass and huddling on resting metabolic rates of post weaned European rabbits under different simulated weather conditions. Functional ecology 23:,1070-1080.

Van Dijk J., De Louw M.D.E., Kalis L.P.A, Morgan E.R., 2009. Ultraviolet light increases mortality of nematode larvae and can explain patterns of larval availability at pasture Int. J. Parasitol. 39, 1151-1156.

Parasitisme gastro-intestinal du lapin au pâturage en fonction de l'âge, de la saison et du type de pâturage :

2/ Coccidies

Legendre H.[1,2], Goby J.P.[3], Le Stum J.[3], Hoste H.[2], Cabaret J.[4], Gidenne T.[1*]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France
[2] UMR 1225 IHAP INRA/ENVT, 23 Chemin des Capelles, 31076 Toulouse, France
[3] Université de Perpignan, IUT, 66962 Perpignan, France
[4] ISP, INRA, Tours

[*]Auteur correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

Résumé – Notre essai avait pour objectif d'étudier le parasitisme gastro-intestinal de lapins engraissés au pâturage, cette seconde partie étant consacrée aux coccidies (la description du protocole expérimental est disponible dans la première partie). Hebdomadairement, un dénombrement des oocystes de coccidies (OoPG) a été réalisé, et les oocystes ont été identifiés au niveau de l'espèce, au sevrage puis à 55, 69, 83 et 97 jours d'âge. A l'abattage (100 j. d'âge), les foies ont été examinés. Il n'y a pas eu d'effet du type de pâture (Fétuque *vs* Sainfoin) sur l'excrétion oocystale toutes espèces confondues. Au printemps, 2016 le niveau d'excrétion totale d'oocyste par rapport aux 2 autres saisons a augmenté de 50%, particulièrement sur sainfoin (6,5 M.OoPG) où le temps de retour sur la parcelle était plus court (3 mois vs 1 an). *E. intestinalis* n'a pas été identifiée, mais *E. flavescens* l'a été durant l'été 2015 et le printemps 2016. Au printemps 2016, le nombre d'oocystes d'*E. flavescens* excrétés par les lapins du groupe "fétuque" était 72% plus élevé que celui du groupe "sainfoin" (respectivement, 11 682 *vs* 6 796 OoPG, P<0,05). Au cours de l'essai, nous n'avons pas observé de diarrhées, ni de macro-lésions au niveau des intestins des lapins abattus. Mais l'examen des foies a révélé une proportion importante (64% des lapins) de nodules blanchâtres attribuables à *E. stiedai*, sans effet significatif du type de pâture, ou de la saison. L'excrétion *d'E. flavescens* expliquerait une partie de la baisse de vitesse de croissance (-5 g/j quel que soit le type de prairie) entre le printemps 2016 et les 2 autres saisons.

Abstract –Gastrointestinal parasitism of organic pasture raised growing rabbits according to age, season and type of pasture. Part 2/ Coccidia –Our trial aimed to study the gastro-intestinal parasitism in pasture raised rabbits: this second part is dedicated to coccidia. Coccidia oocysts were counted weekly in feces, and identified to species, at weaning, 55, 69, 83 and 97 days of age. At slaughter (100 d old) the liver was examined. The type of pasture (fescue *vs* sainfoin) did not affect the oocysts excretion (all species). Compared to other seasons, in spring 2016, there was a 50% increase in the total excretion of oocysts, particularly in sainfoin pasture (6.5 M.OoPG) where the rotation times was shorter. *E. intestinalis* was not identified, contrary to *E. flavescens* during summer and spring 2016. During spring 2016, the number of oocysts of *E. flavescens* excreted on the pasture of tall fescue was 72% higher compared to the pasture of sainfoin (11,682 and 6,796 OoPG; P<0,05). No diarrhoea was observed during the trial, neither intestinal macro-lesions in the slaughtered rabbits. However, 64% of the livers presented white nodules due to *E. stiedai*, without a significant effect of the pasture type, or of the season. The mean excretion of *E. flavescens* may explain a part of the lower daily weight gain (-5 g/d) observed, whatever the pasture type, at spring 2016 compared to the two other seasons.

Introduction

Les systèmes d'élevage hors-sols ont contribué à réduire une partie du parasitisme gastro-intestinal du lapin, néanmoins les coccidioses dues à des parasites du genre *Eimeria* constituent toujours une parasitose importante, et leur caractérisation restent à déterminer pour les systèmes au pâturage. La gestion du parasitisme en général, et des coccidies en particulier reste un frein majeur au développement de la cuniculture biologique (Roinsard *et al.*, 2013). Il convient donc d'améliorer les connaissances sur le risque parasitaire et d'envisager des recommandations pour le réduire. Par exemple il nous a semblé intéressant de tester l'intérêt de l'introduction de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), une légumineuse riche en tannins condensés qui permettrait de limiter ce risque (Legendre *et al.* 2017a, 2018). Notre étude a donc pour objectif d'analyser, en cuniculture biologique au pâturage, le parasitisme gastro-intestinal du lapin en croissance, et en particulier les infestations par les coccidies, pour 2 types de pâturage (fétuque et sainfoin) et durant 3 saisons différentes.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

Le protocole expérimental général de l'essai a été décrit en détail à l'occasion de l'étude du parasitisme lié aux nématodes chez les lapins engraissés au pâturage (Legendre et al.,2019)

1.2. Suivi parasitaire

Une fois par semaine, après le déplacement quotidien de chaque cage-mobile consécutif à une journée de pâturage, un échantillon d'au moins 10g de fèces a été collecté sur l'ensemble de la zone pâturée la veille. Pour chaque échantillon, un dénombrement des oocystes de coccidies (OoPG : oocyste par gramme de fèces frais) a été réalisé par la méthode de Mc Master modifiée. Toutes les 2 semaines, les oocystes de coccidies du genre *Eimeria* ont été identifiés au niveau de l'espèce, d'après une liste de critères morphologiques établis par (Coudert *et al.*, 1995). Les indices de diversité de Shannon (somme des proportions d'une espèce par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu d'étude multiplié par le logarithme de cette proportion) ont été ensuite calculés. Le foie des lapins abattus à 100 jours d'âge (Hiver 2014/2015: N=10 ; Eté 2015 : N=20 ; Printemps 2016 : N=28) a été examiné afin de détecter la présence de nodules blanchâtres, caractéristiques de la présence d'*Eimeria stiedai.* Le diagnostic a été ensuite confirmée par examen microscopique des frottis de ces nodules (Musongong et Fakae, 1999).

1.3. Analyses statistiques

L'excrétion oocystale fécale totale pendant la période d'engraissement a été analysée pour chaque cage par la méthode de l'aire sous la courbe d'excrétion (âge en abscisse et OoPG en ordonnée), et calculée à l'aide du package du logiciel R "flux" (Jurasinski *et al.*, 2014), Les indices de diversité ont été calculés et leur analyse a été effectuée selon un modèle mixte, à l'aide du package lme4 (Bates *et al.*, 2015) et du package lmerTest (Kuznetsova *et al.*, 2017): avec prise en compte de l'effet de la cage, « niché » au sein de l'effet "pâture", comme effet aléatoire (ordonnée à l'origine, il n'a pas été possible de tenir compte de l'âge pour le calcul de la pente). L'effet du type de pâture a été pris en compte « niché » au sein de la saison de pâturage; et l'effet de l'âge a également été pris en compte comme effet fixe. La table de corrélation entre l'excrétion oocystale totale et par espèces pour chaque cage-mobile et la vitesse de croissance entre le sevrage et l'abattage des lapins a été établie à l'aide du logiciel Jamovi. Pour les corrélations significatives (P<0,05), une régression linéaire a été calculée avec pour facteurs la saison et le type de pâture. Une régression logistique sur le nombre d'oocystes excrétés, a également été calculée avec une détermination des moyennes marginales estimées à l'aide du logiciel Jamovi. Enfin, un test du chi² a été mis en place à l'aide du logiciel R afin de comparer les proportions de foies avec des nodules d'*E. stiedai* dans les différentes situations

2. Résultats et discussion

2.1. Excrétion oocystale (toutes espèces confondues)

Au cours de l'hiver 2014/2015 et de l'été 2015, la cinétique d'infection a été caractérisée par un pic d'excrétion oocystale (> 50 k.OoPG, figure 1) entre 48 et 55j. d'âge (soit 7 à 14j. post-sevrage). A 97 jours d'âge, l'excrétion était plus faible (< 20 k.OoPG). Au printemps 2016, la cinétique d'excrétion a été régulière sur le pâturage de fétuque, mais est restée élevée à 97 j. d'âge (> 50 k.OoPG). Pour le sainfoin, nous avons observé 2 pics d'excrétion : à 48 j. d'âge, puis entre 69 et 83 j. d'âge.

L'excrétion moyenne oocystale totale entre 48 et 97 j. d'âge, mesuré durant l'hiver 2014/2015 et l'été 2015, était de 2,6 M.OopG. Néanmoins, nous avons observé aussi une forte variabilité individuelle (inter-cages). L'excrétion oocystale était de moitié inférieure (-54%) sur le pâturage de sainfoin, sans que cette différence soit significative. Au printemps 2016, le niveau d'excrétion totale a doublé (+ 50%) particulièrement sur la pâture "sainfoin" (6,5 vs 4,2 M.OoPG) où le délai de retour sur la parcelle était plus court (< 3 mois), comparé à celui de la pâture de fétuque (>1an).

Le printemps 2016 a présenté des conditions climatiques favorables (humidité et température) au développement des coccidies, ce qui a accru le risque d'infection, comparé à l'hiver 2014/2015 et à l'été 2015. De même, Gres *et al.* (2003) ont relevé des prévalences et des intensités de coccidies plus importantes au printemps 2016 pour des populations de lapins sauvages.

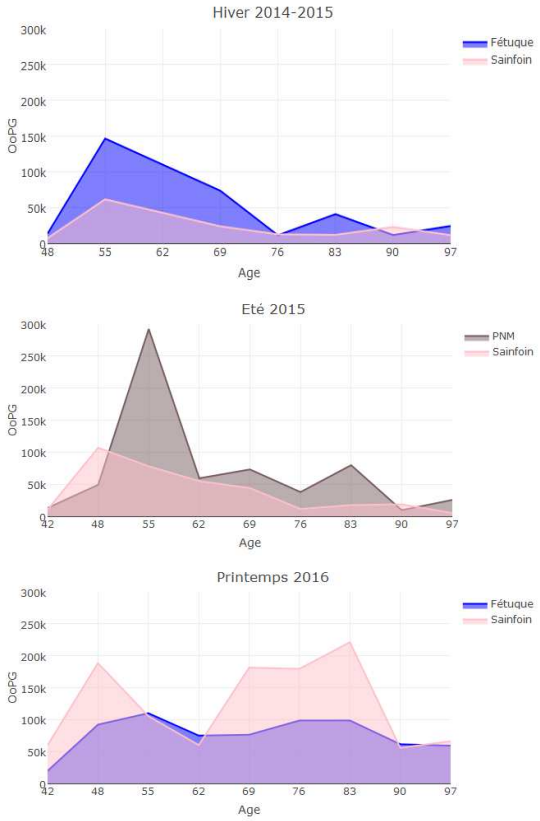


Figure 1 : Suivi de l'excrétion oocystale fécale selon la saison et le type de praire pâturée

Sur la prairie majoritairement composée de sainfoin au cours de l'été 2015 et au printemps 2016, les concentrations de tannins condensés (1,2 et 1,4%) étaient comparables à celles observées lors d'une étude précédente (Legendre *et al.*, 2018) où un effet coccidiostatique avait été détecté chez le lapin élevé en système conventionnel, et nourri avec un aliment granulé (dès la "naissance") contenant 1,2% de tannins condensés. Il est possible que l'ingestion de tannins condensés (via le pâturage) limitée à la seule période post sevrage, soit insuffisante pour observer un effet coccidiostatique similaire.

De plus, au cours du printemps 2016, les lapins ont ingéré 45% plus d'herbe en pâturant le sainfoin plutôt que la fétuque élevée (Legendre *et al.*, 2017b), ce qui a pu augmenter l'ingestion d'oocystes sporulés. En effet, le temps de retour sur les parcelles de sainfoin (<3 mois) était beaucoup plus faible que celui pour la fétuque élevée (1 an), ce qui est probablement un élément déterminant de l'accroissement de l'infection coccidienne. Rappelons aussi que la prairie de sainfoin a été irriguée par aspersion avant que les lapins y soient placés, contrairement à la parcelle de fétuque élevée, augmentant l'humidité sur la parcelle.

Tableau 1 : Identification des espèces d'oocystes de coccidies présentes [moyenne (min-max) en %] au pâturage selon la saison, l'âge et la prairie pâturée

Saison	Age	Prairie	Mediaforme[1]	*E. magna*	*E. irresidua*	*E. stiedai*	*E. flavescens*
Hiver 2014/2015	69	Fétuque	51 (22-64)	0	49 (36-78)	3 (0-18)	0
		Sainfoin	80 (56-95)	3 (0-14)	17 (5-30)	12 (0-22)	0
	83	Fétuque	34 (0-100)	5 (0-23)	61 (0-100)	20 (0-90)	0
		Sainfoin	63 (47-82)	1 (0-6)	21 (0-52)	9 (0-34)	0
	97	Fétuque	43 (0-100)	4 (0-14)	53 (0-100)	2 (0-21)	0
		Sainfoin	59 (9-100)	0	41 (0-91)	0	0
Eté 2015	42	PNM[2]	31 (0-79)	55 (0-100)	0	0	0
		Sainfoin	56 (29-81)	59 (35-71)	1 (0-6)	1 (0-6)	0
	55	PNM[2]	24 (0-84)	0 (0-1)	54 (0-86)	1 (0-3)	5 (0-21)
		Sainfoin	60 (0-89)	0	58 (45-69)	0 (0-1)	2 (0-7)
	69	PNM[2]	31 (0-76)	3 (0-10)	5 (0-9)	42 (22-97)	0 (0-2)
		Sainfoin	48 (0-100)	9 (4-16)	8 (0-17)	13 (4-22)	0
	83	PNM[2]	42 (0-100)	3 (0-6)	5 (0-9)	16 (4-36)	0
		Sainfoin	53 (0-85)	1 (0-6)	16 (4-36)	11 (3-30)	0 (0-1)
	97	PNM[2]	63 (0-98)	6 (0-50)	7 (0-40)	2 (0-16)	4 (0-11)
		Sainfoin	52 (0-100)	8 (0-57)	3 (0-28)	6 (0-42)	0 (0-2)
Printemps 2016	42	Fétuque	23 (13-40)	30 (14-67)	15 (0-36)	8 (0-35)	3 (0-8)
		Sainfoin	21 (5-49)	30 (0-57)	8 (0-31)	9 (0-43)	0 (0-2)
	55	Fétuque	50 (38-67)	0	16 (0-29)	13 (5-23)	24 (0-53)
		Sainfoin	59 (31-77)	0	9 (0-28)	5 (0-16)	3 (0-8)
	69	Fétuque	62 (40-78)	3 (0-9)	7 (3-13)	39 (21-64)	16 (3-43)
		Sainfoin	40 (31-61)	0	8 (0-22)	35 (24-52)	14 (4-22)
	83	Fétuque	36 (33-38)	0	18 (4-33)	19 (0-38)	11 (0-22)
		Sainfoin	33 (20-50)	0 (O-1)	8 (0-16)	31 (16-50)	20 (3-50)
	97	Fétuque	56 (27-91)	2 (0-11)	11 (0-42)	21 (0-43)	8 (0-26)
		Sainfoin	43 (2-88)	17 (0-74)	3 (0-22)	5 (0-19)	1 (0-8)

[1] Mediaforme correspondant aux oocystes d'*E. perforans, E. media, E. caecicola, E. exigua et E. vedjdowkyi.* Du fait de la difficile différenciation des oocystes sporulés de ces espèces entre elles, en particulier sans mesure de la taille, les résultats ont été regroupés sous cette catégorie.
[2] Prairie Naturelle Méditerranéenne

2.2. Espèces présentes et indice de diversité

Parmi les espèces *d'Eimeria* les plus pathogènes (Coudert *et al.*, 2007), l'espèce *E. instestinalis* n'a pas été identifiée, mais *E. flavescens* l'a été durant l'été 2015 et le printemps 2016 (tableau 1). Sur la durée totale de l'engraissement au printemps 2016, le nombre d'oocystes d'*E. flavescens* excrétés par les lapins pâturant la fétuque élevée, était accru de +72%, comparés à ceux sur prairie de sainfoin (respectivement 11 682 *vs* 6 796 OoPG en moyenne, P<0,05). Cet effet pourrait être à lier à la plus forte ingestion de tannins condensés du groupe "sainfoin".

La diversité des coccidies (indice de Shannon) variait avec l'âge durant l'engraissement. Comparé au sevrage, cet indice est plus élevé à 55, 69 et 83 j. d'âge (+0,16 points, +0,22 points, +0,10 points respectivement, P<0,05). Au printemps 2016, l'indice de diversité était plus élevé pour les cages placées sur la prairie de fétuque élevée comparé à celui des cages placées sur la prairie majoritairement composée de sainfoin (+0,16 points, P<0,05). Pour les cages placées sur la fétuque, l'indice de diversité était plus élevé durant le printemps 2016 que durant l'hiver 2014-2015 (+0,25 points, P<0,01).

2.3. Effets sur la santé et la croissance des lapins

Au cours de l'essai, nous n'avons pas observé de diarrhées, ni de macro-lésions au niveau des intestins des lapins abattus à 100 jours d'âge. Mais les examens des foies ont révélé une proportion importante (64%) des nodules blanchâtres attribuables à *E. stiedai*, sans différences significatives en termes de répartition entre des animaux pâturant du sainfoin et de la fétuque élevée ou la prairie naturelle méditerranéenne (PNM) (respectivement 64 et 63%, *P*=1), ni entre les saisons (*P*=0,55). Numériquement, un plus grand nombre de foies ont été impactés à l'été 2015 (70%) que durant l'hiver 2014/2015 (50%) ou le printemps 2016 (64%).

La corrélation entre l'excrétion oocystale d'*E. flavescens* et la vitesse de croissance était significative (*P*<0,05, r = 0 ,485, ddl = 28; figure 2). Ainsi cette plus forte excrétion d'oocystes au printemps 2016 expliquerait 24% (r^2=0,24) des variations de vitesse de croissance, et en particulier la plus faible croissance observée au printemps 2016, par rapport aux 2 autres saisons (quel que soit la prairie). La plus faible croissance des lapins, au printemps 2016, est sans doute aussi à relier à la plus forte présence de nématodes (*Trichostrongylus* spp., cf. partie 1/Nématodes). On ne peut pas non plus exclure un effet des conditions environnementales, moins favorables durant ce printemps 2016, que ce soit durant l'essai ou durant la période pré-sevrage (Seltmann *et al.*, 2019).

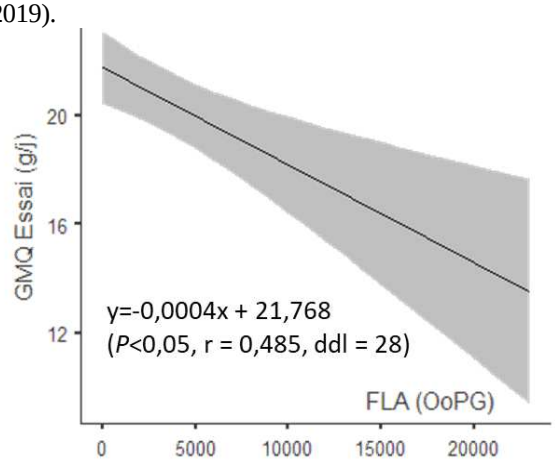


Figure 2 : Influence du nombre d'oocystes d'*E. flavescens* (FLA) excrétés par gramme de fèces (OoPG) sur le gain moyen quotidien (GMQ, g/j) sur la période totale de l'essai (entouré de l'intervalle de confiance à 95%): une augmentation de 1000 OoPG est reliée à une diminution de 0,4 g/j.

Conclusions

Notre étude a permis d'obtenir un premier résultat prometteur (à confirmer) montrant qu'une pâture de sainfoin semble réduire *Eimeria flavescens*. L'excrétion totale de coccidies semble en revanche peu modifiée par le type de pâturage. Nous confirmons que le printemps présente un niveau plus élevé de risque d'infestation parasitaire pour le lapin. En perspectives, il conviendra de confirmer ces premiers résultats avec des effectifs plus importants d'animaux, pour mieux prendre en compte l'impact des facteurs environnementaux.

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été financés par le département Phase de l'INRA (projet MarkPast), le comité INRA AgriBio4 (projet Cunipat) et le métaprogramme Gestion Intégrée de la Santé des Animaux de l'INRA "GISA-PROF". Les auteurs remercient l'association AVEM pour les graines de sainfoin AB, ainsi que les étudiants de l'IUT de Perpignan pour leur participation aux mesures.

Références

Bates D., Mächler M., Bolker B., Walker S., 2015. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. J Stat. Softw. 67. https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01

Coudert P., Licois D., Drouet-Viard F., 1995 Eimeria species and strains of rabbit in COST. 89/820. Biotechnology: guidelines on techniques in Coccidiosis research, edited by Eckert,Braun, J.R., Shirley, M.W., et Courdert, P.. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

GNIS, 2013 Des plantes pour la faune sauvage édité par GNIS.

Gres V., Voza T., Chabaud A., Landau I., 2003 Coccidiosis of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in France. Parasite 10: 51-57.

Jurasinski G.Koebsch F., Guenther A., Beetz S., 2014 Flux rate calculation from dynamic closed chamber measurements. R package version 0.3-0.

Kuznetsova A., Brockhoff P.B., Christensen R.H.B., 2017. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. J. Stat. Softw. 82. https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13

Legendre H., Hoste H., Gidenne T. 2017a. Nutritive value and anthelmintic effect of sainfoin pellets fed to experimentally infected growing rabbits. Animal, 11, 1464-1471.

Legendre H., Goby J.P., Le Stum J., Martin G., Gidenne T., 2017b. Quelle est la quantité d'herbe ingérée par un lapin AB pâturant de la fétuque ou du sainfoin? In: INRA (Ed), 17èmes Journ. Rech. Cunicoles, 21-22 nov., Le Mans, France, p193-196.

Legendre H., Saratsi K., Voutzourakis N., Saratsis A., Stefanakis A., Gombault P., Hoste H., Gidenne T., Sotiraki. S., 2018. Coccidiostatic effects of tannin-rich diets in rabbit production. Parasitology Research 2018. 117:

Legendre, H., Goby J.P., Le Stum J., Hoste., Cabaret J., Gidenne T., 2019 . Parasitisme gastro-intestinal du lapin au pâturage en fonction de l'âge, de la saison et du type de pâturage :1/ Nématodes. 18èmes Journées de la Recherche Cunicole, Nantes Mai 2019, xxx

Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP), 2010. Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n° 834/2007 du Conseil et (CE) n° 889/2008 de la Commission.

Musongong G. A., Fakae B.B., 1999. Prevalence of *Eimeria stiedai* infection in outbred domestic rabbits (Oryctolagus cuniculus) in Eastern Nigeria. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux: 52, 117-118.

Roinsard A., Lamothe L., Gidenne T., Cabaret J., Van der Host F., 2013. Etat des lieux des pratiques et des besoins de recherché en élevage cunicole biologique. Colloque DinABio 2013. ITAB, Tours (France) p. 155-156.

Seltmann M.W., Ruf T., Rödel H.G. 2009. Effects of body mass and huddling on resting metabolic rates of post - weaned European rabbits under different simulated weather conditions. Functional ecology, 23, 1070-108

Prévalence de l'infection coccidienne du lapin dans trois régions d'Algérie

Maziz-Bettahar S.[1, 2*], Aissi M.[2], Ain Baziz H.[2], Saddek Bachene M.[3], Safia Zenia S.[2].

[1] Institut des Sciences Vétérinaires, Université Blida1, Algérie
[2] Ecole Nationale Supérieur Vétérinaire d'Alger, Laboratoire de recherche Santé et Production Animale, Algérie
[3] Département des Sciences de la Vie et de la Nature, Université de Médéa, Algérie

* Correspondant : samabe72@yahoo.fr

Résumé - Au total,40 élevages cunicoles situés dans trois régions d'Algérie à savoir Médéa, Tizi Ouzou et Djelfa ont permis d'évaluer la prévalence et l'intensité de l'infection coccidienne. Les espèces de coccidies ont été également identifiées. 273 prélèvements ont été récoltés chez des lapereaux âgés entre 40 et 50 jours. La recherche des coccidies s'est effectuée par un examen quantitatif et qualitatif des crottes. Pour l'ensemble des élevages prospectés, nous avons enregistré une prévalence de 90 % (80.7 - 99.3%). Le classement des élevages en fonction de leur charge parasitaire nous a permis de montrer que plus d'un tiers des élevages prospectés ont une excrétion oocystale entre 10 000 et 50 000 oocystes pat gramme d'excréta (OPG) et près de un quart excrètent plus de 50 000 OPG. Le reste des élevages (32.5%) avait une excrétion inférieure à 5 000 OPG. Les niveaux d'excrétion par région montrent que la région de Tizi Ouzou se classe en tête avec 79% des élevages qui enregistrent une charge parasitaire supérieure à 10 000 OPG comparativement à la région de Médéa et de Djelfa. Huit espèces d'*Eimeria* ont été identifiées, *E. magna* est l'espèce dominante devant *E. media* et *E. irresidua* (P<0,001). Les espèces faiblement rencontrées sont *E. perforans, E. stiedai, E. coecicola, E. piriformis* et *E. intestinalis*. Les résultats obtenus montrent une insuffisance des mesures d'hygiène et de l'utilisation des anticoccidiens dans les élevages.

Abstract - Prevalence of coccidia infection of rabbits in three regions of Algeria. A total of 40 rabbit farms located in three regions of Algeria, namely Médéa, Tizi Ouzou and Djelfa have allowed to evaluate the prevalence and intensity of rabbit coccidiosis. The species of coccidia have also been identified. 273 fecal samples were collected from weaned rabbits aged between 40 and 50 days. The search for coccidia was carried out by a quantitative and qualitative method. For all the farms surveyed, we recorded a prevalence of 90% (80.7-99.3%). The classification of the farms according to their parasite load allowed us to show that more than one third of the prospected farms have an oocysts excretion between 10 000 and 50 000 oocysts per gramme (OPG) and almost a quarter excrete more than 50 000 OPG. The rest of the farms (32.5%) had an excretion of less than 5 000 OPG. Excretion levels by region show that the region of Tizi Ouzou ranks first with 79% of farms with a parasitic load greater than 10 000 OPG compared to the region of Médéa and Djelfa. Eight species of *Eimeria* have been identified, *E. magna* is the dominant species before *E. media* and *E. irresidua* (P<0.001).. The species weakly encountered are *E. perforans, E. stiedai, E. coecicola, E. piriformis* and *E. intestinalis* . The results obtained show that hygiene measures and the use of anticoccidial drugs in farms are insufficient.

Introduction

En Algérie, la pratique de la cuniculture est ancienne, conduite selon un mode traditionnel, de type fermier qui est toujours actuellement présent (Saidj *et al*, 2013). L'introduction de l'élevage rationnel n'est apparue qu'à partir de 1987 initié par l'Etat dans le but d'améliorer le niveau de consommation en protéine animale de la population algérienne.

Cependant l'installation de ce type d'élevage n'a pas atteint son objectif pour de multiples raisons, entre autres l'absence de couverture sanitaire spécifique au lapin et la présence quasi permanente de pathologies telles que les parasitoses. En effet, les coccidioses sont des affections parasitaires causées par des protozoaires du genre *Eimeria* qui se développent dans le tube digestif. Largement décrites dans de nombreuses publications, elles sont responsables de troubles graves entrainant des pertes économiques importantes. Dans notre pays, peu d'études ont été réalisées sur cette pathologie, et encore moins des études portant sur la prévalence. Néanmoins, les travaux menés par Henneb et *al.* (2013) ont permis de mettre en évidence l'excrétion d'oocystes chez la lapine en période de lactation ainsi que chez sa descendance, ou encore l'étude menée par Bachene et *al.* (2014) sur des lapereaux de population locale recevant différentes doses d'inoculum d'*Eimeria magna* en souche pure qui a permis de confirmer la pathogènicité de cette espèce.

Dans la présente étude, notre objectif a été d'évaluer la prévalence de la coccidiose, les charges parasitaires et d'identifier les espèces d'*Eimeria* présentes.

1. Matériel et Méthodes

1.1. Zone d'étude

Cette étude s'est déroulée dans le Nord de l'Algérie dans les régions de Tizi Ouzou, Médéa et Djelfa. Les

wilayates de Tizi Ouzou et de Médéa sont situées en région montagneuse occupant pour chacune d'elle, respectivement, la partie Est et Centre de l'Atlas Tellien. La wilaya de Djelfa est située dans la région des hauts plateaux.

1.2. Caractéristiques des élevages

40 élevages de 25 cages mères en moyenne ont fait l'objet de l'étude. Les animaux sont élevés en cages, placées pour la plupart dans des hangars ou dans des habitats de récupération. Les bâtiments sont ventilés naturellement et éclairés par la lumière du jour. La température et l'hygrométrie ne sont pas maitrisées. Les animaux sont de race Californienne, Néo-Zélandaise, Hybride, de population locale ou issue de croisements. Les animaux sont alimentés *ad libitum* avec un aliment granulé pour lapin, dépourvu d'anticoccidien.

1.3. Les prélèvements

Les prélèvements ont été effectués de 2009 à 2011 au cours les mois de janvier à juin. Pour chaque élevage visité, un seul prélèvement a été réalisé. Sous chaque cage, des filets à fines mailles ont été placés 24 heures avant la récolte des crottes. Ensuite, les crottes récoltées ont été humidifiées et emballées dans des sacs en plastiques. Au total, 273 prélèvements ont pu être récoltés chez des lapereaux âgés de 40 à 50 jours. Pour chaque éleveur, un questionnaire a été adressé afin de collecter des renseignements concernant les pratiques d'élevage.

1.4. Examen de laboratoire

1.4. 1 Etude quantitative

Pour chaque prélèvement et après homogénéisation, un échantillon de 300 g d'excréta a été utilisé pour analyse. Les numérations ont été effectuées selon la méthode décrite par Coudert *et al*. (1995). Le nombre d'oocystes est systématiquement exprimé par gramme d'excréta recueilli (OPG).

1.4.2 Etude qualitative

La suspension d'oocystes utilisée pour la numération des coccidies a été filtrée avec un passe-thé, puis le filtrat recueilli a subi trois lavages par sédimentation dans le but de nettoyer la suspension fécale. Au deuxième lavage, une goutte d'eau de javel diluée à 12° a été rajoutée à la suspension afin d'éliminer les bactéries. Une fois recueillies, les suspensions d'oocystes ont été réparties dans des Erlenmeyer contenant du bichromate de potassium à 2,5%. Elles ont ensuite été laissées à sporuler, à température ambiante du laboratoire (24°C- 26°C) pendant quatre jours. La diagnose des différentes espèces rencontrées a été réalisée sur la base des descriptions rapportées par Eckert *et al.* (1995).

1.5. Analyses statistiques

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel de statistique R. Les mesures de comparaison et d'association ont été appliquées sur le test de khi-deux et le test exact de Fisher. Les moyennes des espèces ont été testées par analyse de la variance (ANOVA) au seuil de signification de 5%.

2. Résultats

Sur les 40 élevages enquêté, seul 24 ont été en mesure de fournir une estimation de la mortalité en engraissement, et encore, avec une fiabilité réduite. La moyenne pour ces 24 élevages se situe à 11% mais avec des valeurs extrêmes annoncées allant de 0% à 39%. Dans ces conditions aucune relation entre les taux d'infestation coccidienne et la mortalité en engraissement n'a été recherchée.

2.1. Prévalence et charge parasitaire

Nous avons enregistré une prévalence de 90 % (indice de confiance à 95% : 80,7-99,3%), pour l'ensemble des élevages prospectés (n=40). Des coccidies sont présentes dans 36/40 élevages prospectés. Par région, nous avons enregistré une prévalence de 81,3% dans la région de Médéa, de 92,9 % dans la région de Tizi Ouzou et de 100% dans la région de Djelfa. Les charges parasitaires vont de 0 (<100) à 512 500 OPG.

Les niveaux d'excrétion se répartissent de manière très différente selon les classes. Plus d'un tiers des élevages prospectés ont une excrétion oocystales entre 10 000 et 50 000 OPG et près de un quart excrètent plus de 50 000 OPG. Le reste des élevages (32,5%) a une excrétion inférieure à 5 000 OPG (tableau 1).

Tableau 1: Répartition des élevages par région selon la classe d'excrétion oocystale.

Classe d'excrétion (oocyste par gramme de fèces)		Pourcentage des élevages par région et par classe d'excrétion			
Classe	OPG	Tizi-Ouzou n=14	Médéa n=16	Djelfa n=10	Total n=40
1	0-<100	7,1	18,8	0,0	10,0
2	100 -1 000	0,0	0,0	10,0	2,5
3	1 000 – 5 000	0,0	31,2	30,0	20,0
4	5 000-10 000	14,3	0,0	10,0	7,5
5	10 000-50 000	50,0	37,5	20,0	37,5
6	>50 000	28,6	12,5	30,0	22,5

Les niveaux d'excrétions par région montrent que la majorité des élevages de Tizi Ouzou excrètent plus de 5 000 OPG avec un pic de l'ordre de 10 000- 50 000 OPG. Les élevages de Médéa se caractérisent par 18,8% sans coccidies et un pic d'OPG de l'ordre de 10 000-50 000. Un tiers des élevages de Djelfa excrètent plus de 50 000 OPG et 40 % ont une excrétion inférieure à 5 000 OPG. Les charges parasitaires enregistrées dans les élevages de la région de Tizi Ouzou ont été supérieur (P<0,05) à celles enregistrées dans les régions de Médéa et de Djelfa.

2.2. Prévalence des espèces de coccidies identifiées

L'identification des types d'*Eimeria* a été possible dans 36 élevages sur 40. Seules huit espèces ont été identifiées sur les 11 espèces décrites (Coudert *et al.*, 1995). *E. magna* est l'espèce dominante devant *E. media* et *E. irresidua* dont les fréquences respectives sont 42,5%, 17,6% et 14,9% (P<0,001). Les espèces faiblement rencontrées sont *E. perforans* (7,8%), *E stiedai* (4,1%), *E. coecicola (*1,7%), *E. intestinalis* (0,9%) et *E. piriformis* (0,6%). L'infection mixte avec plus de deux espèces de coccidies est retrouvée dans de nombreux cas, ainsi 25/36 élevages sont contaminés par quatre à six espèces de coccidies. Dans la région de Tizi-Ouzou, *E. intestinalis* et *E. piriformis* n'ont pas été détectées. *E. magna* est l'espèce dominante (30,5 %). Dans la région de Médéa, les huit espèces ont été retrouvées avec une prédominance d'*E. magna* (41,1%). Dans la région de Djelfa, n'ont pas été retrouvées *E. coecicola*, *E. intestinalis* ni *E .piriformis*. Par contre, *E. magna* est l'espèce qui enregistre la plus forte prévalence (61,7%). (tableau 2).

Tableau 2 : Prévalence des espèces de coccidies par région

Espèces	Tizi Ouzou	Médéa	Djelfa
E, magna	30,5 ± 4,8	41,1 ±10,4	61,7 ±7,4
E, media	19,8 ± 3,2	13,9 ± 4,9	20,3 ±4,6
E, irresidua	20,4 ± 4,0	14,6 ± 6,2	7,6 ±2,5
E, perforans	7,4 ±1 ,7	7,0 ± 3,6	9,6 ±1,9
E, stiedai	10,8 ± 4,6	0,4 ± 0,3	0,5 ±0,5
E, coecicola	4,1 ± 1,4	0,8 ± 0,4	0,0
E, intestinalis	0,0	2,1 ± 1,2	0,0
E, piriformis	0,0	1,4 ± 0,7	0,0

2.3. Charge parasitaire, chimioprévention et pratiques d'hygiène

L'utilisation d'un anticoccidien dans le cadre d'une prévention médicale est absente dans 30/40 des élevages prospectés. Les charges parasitaires pour la majorité de ces élevages se situent entre 10 000 à plus de 50 000 OPG (figure 1). Pour le reste des élevages (10/40), le contrôle de l'infection est réalisé par l'emploi de sulfamide à base de sulphaquinoxaline/ sulphadiamine/sulphadiazine distribué dans l'eau de boisson. Malgré la présence de ce traitement, deux élevages sur dix excrètent encore entre 5 000 et 10 000 coccidies/ gramme mais huit d'entre eux sont inferieurs à 5 000 coccidies par gramme de fèces.

Plus du tiers des éleveurs (67,5%) utilisent uniquement de l'eau et une solution détergente pour nettoyer leur élevage. Le nettoyage à sec est observé chez 11/40 éleveurs et le vide sanitaire est pratiqué dans quatre élevages seulement. Certaines des pratiques d'hygiène tendent à être favorables à la diminution des charges parasitaires (tableau 3).

Figure 1: Répartition des élevages suivant leurs charges parasitaires et la présence d'une chimio prévention

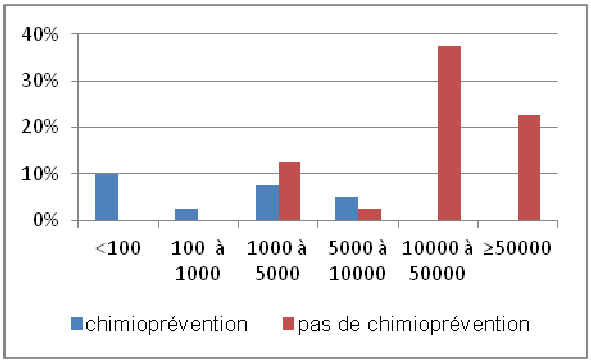


Tableau 3 : Association des pratiques d'hygiène avec le pourcentage de ferme selon le niveau d'excrétion (5 000 oocystes /gramme)

Opérations	Supérieure à 5 000	Inférieure à 5 000
Nettoyage du bâtiment à l'eau et à l'aide d'une solution détergente.	78%	22%
Dégagement des crottes et nettoyage à sec	25%	75%
Brûlure au feu des cages et de tout ce qui est métallique	40%	60%
Brossage et nettoyage à sec du matériel	50%	50%
Pratique du vide sanitaire	25%	75%

3. Discussion

Notre étude a révélé une forte prévalence de l'infection coccidienne chez les lapins âgés de 40-50 jours dans les trois régions d'Algérie. Selon Pakandl *et al.* (2008), les lapereaux sont plus sensibles et moins résistants à la coccidiose contrairement aux adultes.

Le classement des élevages selon leur charge, nous a permis d'identifier les élevages qui sont en situation pathologique (Coudert *et al*., 2003). Ainsi, plus de la moitié des élevages enregistrent des excrétions d'oocystes de 10 000 à plus de 50 000 OPG. La région de Tizi Ouzou se classe en tête avec 79% des élevages qui enregistrent une charge parasitaire supérieure à 10 000 coccidies comparativement aux régions de Médéa et de Djelfa.

Sur les 11 espèces de coccidies décrites chez le lapin (Coudert *et al.*,1995), huit espèces ont été identifiées.

E. magna est l'espèce dominante devant *E. media* et *E. irresidua*. Ces trois espèces sont pathogènes pour le lapin. Elles sont responsables d'une perte de poids ainsi que la possibilité de l'apparition d'une coccidiose clinique.

Lors de notre enquête, 28 % des éleveurs ont déclaré observer de la diarrhée au sein de leurs élevages. L'apparition de ce signe clinique peut être expliquée par les forts niveaux d'excrétion d'oocystes enregistrés au cours de notre étude. Cependant, après le sevrage, les lapereaux sont aussi très souvent affectés par des troubles bactériens (Licois, 2004).

10 éleveurs sur 40 ont déclaré utiliser un anticoccidien comme moyen de prévention contre la coccidiose. Cependant, 2/10 de ces élevages continuent à excréter des coccidies dont les charges parasitaires se situent entre 5 000 à 10 000 OPG. La raison est probablement due à l'emploi d'anticoccidien seulement lors de l'apparition de diarrhée. Dans ce cas là, le traitement n'est généralement pas très efficace (Pakandl, 2009).

Au niveau des élevages, le nettoyage à sec et l'emploi de la chaleur comme moyen de lutte contre les coccidies sont très faiblement utilisés par les éleveurs. Pour la plupart d'entre eux, les opérations de nettoyage ont consisté à l'emploi du jet d'eau, permettant ainsi une hygrométrie idéale pour la sporulation des oocystes. De plus, lors de nos visites, nous avons noté un manque d'hygiène générale dans 65% des élevages.

Conclusion

A travers notre étude, nous avons mis en évidence la présence de coccidies dans 36 élevages sur un total de 40. Nous avons noté que plus de la moitié des élevages ont des excrétions oocystales de plus de 10 000 oocystes par gramme. Huit espèces de coccidies ont été identifiées, avec une prédominance *d'Eimeria magna*. L'emploi d'anticoccidiens à titre préventif reste insuffisant pour l'ensemble des élevages prospectés, ainsi que l'emploi de mesures d'hygiène adaptées.

Références

Bachene M.S., Maziz-Bettahar S., Temim S., Aissi M., Ain Baziz H., 2014. Evaluation of the Pathogenicity of *Eimeria magna* in the Rabbit of Local Population (*Oryctolagus cuniculus*). *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Science Index, Animal and Veterinary Sciences,* 8(6): 34

Coudert P., Licois D., Drouet-Viard F., 1995 *Eimeria* and *isospora*. *Eimeria* species and strains of rabbits. Eds.Cost.86/820. Biotechnology. Guidelines on Techniques in Coccidiosis Research. Office for official publications of the European communities. Luxembourg. p.52-73.

Coudert P., Jobert J.L., Larour G., Guittet M., 2003. Relation entre l'entéropathie épizootique du lapin (EEL) et l'infestation par les coccidies: enquête épidémiologique. *10èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 nov. Paris. France*, 239-242.

Eckert J., Taylor M., Licois D., Coudert P., Catchpole J., Bucklar H., 1995. Identification of *Eimeria* and *Isospora* species and strains. Morphological and biological characteristics. Eds.Cost.86/820. *Biotechnology. Guidelines on Techniques in Coccidiosis Research. Luxembourg. Office for official publications of the European communities*. p.306

Henneb M., Aissi M., 2013. Etude cinétique de l'excrétion oocystale chez la lapine et sa descendance et identification des différentes espèces de coccidies. *15èmesJournées de la Recherche Cunicole, novembre 2013, le Mans, France*, 221-224..

Licois,D.,2004. Domestic Rabbit Enteropathie. *Proc.8thWorld Rabbit Congress, Puebla ,Mexique,*.385-403.

Pakandl, M., Hlásková, L., Poplštein, M., Chromá, V., Vodička, T., Salát, J., Mucksová, J., 2008. Dependence of the immune response to coccidiosis on the age of rabbit suckling. *Parasitol. Res.* 103 (6): 1265-1271.

Pakandl M.n 2009. Coccidia of rabbit: a review. *Folia. Parasit.,*56 :153-166

Saidj D., Aliout S., Arabi F., Kirouani S., Merzem K., Merzoud S., Ain Baziz H., 2013. La cuniculture fermière en Algérie: une source de viande non négligeable pour les familles rurales. *Livestock Research for Rural Development.* 25, Article #138.

Note :Une partie de cette étude a fait l'objet d'une publication plus approfondie en langue anglaise dans Veterinary World.

Maziz-Bettahar S., Aissi M., Ainbaziz H, Bachene M.S., Zenia S., Ghisani F., 2018. Prevalence of coccidian infection in rabbit farms in North Algeria. Veterinary World, 11 (11):1569-1573

Effets d'un additif composé de fractions de canne à sucre et d'*Acacia concinna* sur l'excrétion oocystale et les performances zootechniques du lapin en engraissement dans des conditions sanitaires dégradées

Atkinson A.[1], Le Roux J.F[1], Prigent A.P.[2], Colin M. [3]*

[1]Nuproxa, 3 Rue Jean Rostand, 22 440 Ploufragan (France)
[2]Earl 3L, Coat Izella N°4, 29830 - Ploudalmézeau (France)
[3]Copri SARL, Coat Izella N°2, 29830 - Ploudalmézeau (France)

* correspondant : copri@wanadoo.fr

Résumé – Au total 299 lapins ont été répartis au sevrage (34 j) entre 2 traitements, l'un contenant 1 kg/tonne de Peptasan, un mélange de fractions physiques de canne à sucre et *d'Acacia concinna,* et un témoin sans addition d'aucune substance chimique ou naturelle destinée à contrôler le développement des coccidies. Des prélèvements d'excreta ont été réalisés 2 fois durant la croissance aux environs de 50 et 70 jours et les mortalités ainsi que les performances pondérales ont été mesurées. L'essai s'est déroulé dans un contexte sanitaire dégradé avec des mortalités plus fortes que celles habituellement observées dans cet élevage. Les excrétions oocystales totales et les *Eimeria* pathogènes (*Eimeria Magna et Eimeria media*) étaient fortement diminuées aux environs de 50 jours, cet effet étant particulièrement marqué pour *Eimeria media.* Les différences étaient moins importantes à 70 jours. Les excrétions oocystales *d'Eimeria perforans* étaient peu affectées par le traitement Peptasan. Rapporté à la totalité de l'excrétion oocystale, le pourcentage *d'Eimeria media* diminuait fortement dans le traitement Peptasan tandis que celui *d'Eimeria magna* était peu modifié et que celui *d'Eimeria perforans* augmentait. Le Peptasan a diminué hautement significativement la mortalité à l'engraissement (15.1 % versus 23.8%), particulièrement entre 34 et 55 jours. Cette amélioration de la viabilité est à mettre en relation avec la diminution de l'excrétion oocystale sans que l'on puisse exclure des effets immunomodulateurs des extraits de canne à sucre et *d'Acacia concinna*. Les croissances n'étaient pas significativement affectées. Le Peptasan apparaît donc comme une solution naturelle satisfaisante pour diminuer l'excrétion coccidienne et la mortalité dans un contexte sanitaire dégradé.

Abstract - Effect of a polyherbal mixture of Sugar Cane and of Acacia concinna on the oocystal excretion and the zootechnical performances of the growing - fattening rabbit in poor sanitary conditions.
At weaning (34 d) 299 rabbits were split between 2 dietary treatments, one diet contained 1 kg/ton of Peptasan, a poly herbal mixture of sugar cane and of *Acacia concinna* and control diets was without chemical or natural substances aiming to control *Eimeria* development. Collects of droppings were carried out twice during the growth at 50 and 70 days of age; the mortality and weight were measured. The test took place in a deteriorated sanitary context with mortality higher than the one generally observed in this rabbitry. The total oocyst excretion and particularly of the pathogenic *Eimerias* (*Eimeria magna* and *Eimeria media*) decreased at 50 days of age, particularly for *Eimeria media*. The differences were lower at 70 days of age. The oocysts excretion of *Eimeria perforans* was little affected by Peptasan. With respect to the totality of oocyst excretion, the percentage of *Eimeria media* decreased a lot with the Peptasan treatment while that of *Eimeria magna* was modified little and that of *Eimeria perforans* increased. Peptasan decreased highly significantly the mortality in growing – fattening rabbits, particularly between 34 and 55 days. The growth performance were not significantly modified. Peptasan appears as a natural product enabling to decrease ookyst excretion and mortality in a sanitary deteriorated context.

Introduction

L'importance des coccidies (Eimeria) dans la pathologie digestive du lapin a fait l'objet de nombreuses publications (Coudert et al, 1995 ; Eckert et al 1995 ; Licois, 2009 ; Peeters 1988) justifiant l'incorporation d'anticoccidiens souvent d'origine chimique dans l'aliment. Dans une publication précédente, nous avons montré que l'utilisation exclusive de produits d'origine naturelle permettait de diminuer de façon importante l'excrétion oocystale sans toutefois parvenir à des niveaux aussi bas que ceux atteints avec les anticoccidiens de synthèse (Colin *et al*, 2013). Cette étude avait été réalisée dans un élevage totalement démédicalisé avec des conditions sanitaires normales avec une mortalité d'environ 10 % (maternité et engraissement). Par contre, aucune donnée bibliographique ne semble disponible sur l'utilisation de ces produits naturels dans un contexte sanitaire dégradé. Le présent travail consiste à étudier l'efficacité du Peptasan, un mélange de fractions physiques de *Saccharrum officinarum* (Canne à sucre) et *d'Acacia concinna* connues pour leur richesse en substances actives sur l'excrétion oocystale et les performances zootechniques du lapin en engraissement dans des conditions sanitaires

dégradées. Plusieurs travaux soulignent l'efficacité d'un mélange de fractions de canne à sucre sur le contrôle des *Eimeria tenella* chez le Poulet (El Abassy *et al*, 2003). De même, les saponines *d'Acacia concinna* sont susceptibles d'avoir une action sur les coccidies (Pratap et Bhaskar Rao, 1987 ; Wina et al, 2017*)*. Enfin, Srinivasu et al (2019) ont démontré qu'un mélange d'extraits de plantes comparables au Peptasan a une efficacité identique à la Salinomycine pour diminuer les lésions dues aux *Eimeria*. Pour leur part, Lee et al (2017) et Hernandez-Reyes et al *(*2016) ont établi que le Peptasan réduit l'infestation coccidienne et améliore la croissance chez l'agneau. Il semble qu'une seule étude concerne le lapin mais reste difficile à interpréter en raison du nombre limité d'animaux (60/groupe) mais surtout de l'absence de témoin négatif non supplémenté (Kostova et al, 2011).

1. Matériel et méthodes

1.1. Généralités

Cette expérimentation réalisée à l'Earl 3L (Colin et al, 2013) entre juin et novembre 2018 a consisté à comparer un programme alimentaire témoin ne contenant aucune substance chimique ou naturelle destinée à contrôler le développement des coccidies à un programme « Peptasan ». Elle a regroupé 3 périodes successives représentant au total 299 lapins en engraissement.

Dans le régime expérimental, le Peptasan était distribué en maternité et en engraissement à un dosage de 1 kg/tonne. Seuls les résultats en engraissement seront présentés ici.

1.2. Animaux

Les lapins correspondent au croisement Hycole. Ils étaient âgés de 34 jours au début de la période d'engraissement et élevés en cages collectives de 5.

1.3. Aliments

Les aliments et les programmes alimentaires correspondent à ceux déjà publiés (Teillet et al. 2011).

1.4. Critères mesurés

Les mortalités ont été relevées quotidiennement et les lapins pesés à 34, 55, 70 jours. Afin de réaliser des comptages et des identifications d'oocystes, des excréta ont été prélevés pour chaque répétition aux environs de 50 et 70 jours selon une méthode déjà décrite (Colin *et al*, 2013). Les comptages et identifications d'*Eimeria* ont été réalisés par le laboratoire Labovet (Boucher *et al*, 2009). Deux échantillons ont été récoltés pour chaque période et chaque traitement.

1.5. Analyses statistiques

Les croissances et les poids sont analysés par analyse de variance ainsi que les mortalités après transformation booléenne des données individuelle (1 lapin mort – 0 lapin vivant) afin de prendre en compte l'effet répétition (Teillet et al, 2011). Enfin, les nombres d'oocystes ont été étudiés par analyse de variance sur les logarithmes des valeurs trouvées à l'analyse.

2. Résultats et discussions

2.1. Numération et identification des oocystes

Comme dans la précédente étude, les 3 principales espèces identifiées sont *Eimeria magna, E. media* et *E. perforans* (tableau 1). *Eimeria exigua* a été identifiée dans 4 des récoltes (sur 8) alors qu'elle n'avait jamais été signalée à l'EARL 3L. Par contre, *E. coecolica* et *E. irresidua* signalées précédemment n'ont pas été retrouvées. Le nombre total d'oocystes varie entre 2 000 et 100 000 oocystes/g avec des valeurs moyennes se situant entre 10 000 et 46 000 donc dans l'intervalle rapporté précédemment (Colin *et al*, 2013). Le nombre d'oocystes totaux est systématiquement et hautement significativement plus faible (P= 0,005) avec le Peptasan, particulièrement à 50 jours.

Le nombre d'oocystes d'*Eimeria magna* varie entre 1000 et 100 000 oocystes/g avec des valeurs moyennes se situant entre 10 000 et 40 000 donc plus élevées que précédemment. Le nombre d'oocystes *d'E. magna* est systématiquement plus faible avec le Peptasan pour les échantillons collectés à 50 jours mais seulement 1 fois sur 3 à 70 jours. Sur l'ensemble des données, la différence n'est pas significative (P= 0,41).

Le nombre d'oocystes *d'Eimeria media* varie entre 0 et 35 000 oocystes/g avec des valeurs moyennes se situant entre 0 et 16 000 donc dans l'intervalle rapporté précédemment et on retrouve des situations où elle est complètement absente comme nous l'avions signalé antérieurement (Colin *et al*, 2013). Le nombre d'oocystes *d'E. media* est plus faible 4 fois sur 6 pour avec le Peptasan; la différence n'est cependant pas significative (P= 0,18).

Lorsque l'on additionne les 2 coccidies pathogènes (*Eimeria magna et Eimeria media*), leur niveau est systématiquement et significativement plus faible (P= 0,014) avec le Peptasan surtout à 50 jours.

Le nombre d'oocystes *d'E. perforans* varie entre 0 et 10 000 donc comparable à ceux observés précédemment. Il n'est pratiquement pas affecté par le Peptasan.

Le Peptasan n'affecte pas le pourcentage *d'Eimeria magna* dans le total des *Eimeria (*Figure 1). Par contre, il diminue de moitié environ le pourcentage *d'Eimeria media* et augmente le pourcentage des 2 coccidies peu pathogènes que sont *E. perforans et E. exigua.*

En conclusion, dans le contexte sanitaire dégradé de cet essai, le nombre d'oocystes se situe dans l'intervalle présenté précédemment pour *Eimeria media et Eimeria perforans* mais est sensiblement plus élevé pour *Eimeria magna* (Colin et al, 2013). Le Peptasan diminue le nombre d'oocystes totaux et d'oocystes de coccidies pathogènes (*E.magna* + *E. media*). Il semble particulièrement efficace au niveau *d'Eimeria media* dont il réduit de moitié le pourcentage dans le nombre total *d'Eimeria.*

Tableau 1 : Nombre d'oocystes par espèces dans les différents prélèvements (en milliers / gramme)

Âge à la collecte des excréta (Jours)	50			70		
Espèces	Témoin	Peptasan	Peptasan % témoin	Témoin	Peptasan	Peptasan % témoin
Répétition 1						
Toutes	99,7	12,7	12,8	24,0	16,5	68,8
E magna	99,7	12,7	12,8	9,7	11,7	120
E media	0	0		13,0	1,2	9,2
E magna + E media (	99,7	12,7	12,8	22,8	12,9	56,6
E perforans	0	0		1,2	3,3	275
E exigua	0	0		0	0	
Répétition 2						
Toutes	34,0	18,0	52,9	18,0	15,5	86,1
E magna	15,2	13,90	91,6	10,8	1,5	14,1
E media	9,0	0	0	0	1,2	
E magna + E media	24,2	13,90	57,6	10,8	2,7	25,1
E perforans	9,8	3,7	37,4	5,6	10,0	178,7
E exigua	0	0,4	100	1,6	1,6	103,5
Répétition 3						
Toutes	5,0	1,8	37	58,4	42,9	73,5
E magna	3,0	1,0	34,2	12,8	22,3	174,4
E media	1,4	0.1	4,3	35,6	17,7	49,9
E magna + E media	4,4	1,1	24,7	48,4	40,1	82,8
E perforans	0,6	0.8	122,2	7,4	2,8	37,8
E exigua	0	0		2,6	0	0
Moyenne 3 répétitions						
Toutes	46,2	10,9	23,5	33,5	25,0	74,6
E magna	39,3	9,3	23,5	11,1	11,8	106,6
E media	3,5	0.02	0,6	16,2	6,8	41,4
E magna + E media	42,8	9,3	21,6	27,3	18,6	67,9
E perforans	3,5	1,5	42,6	4,7	5,4	113,5
E exigua	0	0,1		1,84	0,5	38,9

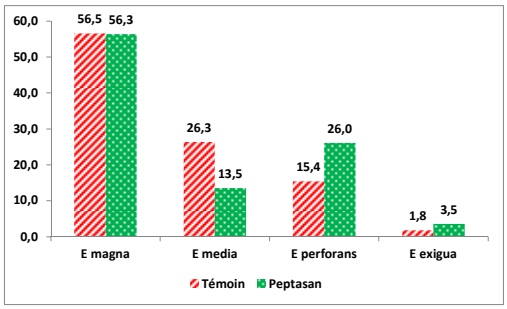


Figure 1 : Pourcentage des différentes espèces par rapport au nombre total d'Eimeria

Ce point explique probablement la forte diminution *d'Eimeria media* antérieurement rapportée (Colin et al, 2013), la plupart des produits naturels formulés pour diminuer la prolifération des coccidies contenant des matières premières riches en saponine comme le Peptasan. Ainsi, les résultats de cet essai montrent une action du Peptasan à la fois sur la population totale *d'Eimeria* et sur le pourcentage *d'Eimeria* pathogènes, en particulier *Eimeria media*.

2.2. Mortalité

La mortalité durant cet essai a été globalement beaucoup plus forte que celle habituellement observée dans cet élevage : 19.4 % versus 11.3% (tableau 2). Elle se répartit à part approximativement identique entre la première et la deuxième partie de l'engraissement avec toutefois des différences entre les 3 répétitions. Les symptômes sont essentiellement digestifs avec une prédominance du syndrome entérocolite. La mortalité avec l'aliment Peptasan était significativement plus faible entre 34 et 55 jours et hautement significativement plus faible entre 34 et 70 jours. Cette diminution de mortalité est à mettre en relation avec le niveau plus faible de l'excrétion oocystale constatée précédemment sans qu'on ne puisse exclure d'autres effets des fractions physiques de Canne à sucre et d'*Acacia concinna* comme des actions immunomodulatrices (Kukhetpitakwong et al, 2006 ; Lo et al, 2005).

2.3. Performances pondérales

Les performances de croissance obtenues dans ces essais étaient dans les valeurs moyennes généralement enregistrées dans cet élevage. Les poids au sevrage étaient non significativement plus élevés pour le régime Peptasan qu'avec le témoin (tableau 3), ce qui peut être une conséquence de l'action de ce produit sur le développement des coccidies avant le sevrage. Les poids à 70 jours et les croissances étaient non significativement plus faibles avec le régime Peptasan. On ne retrouve donc pas l'effet facteur de croissance du Peptasan signalé chez l'agneau (Hernandez-Reyes et al *2016*).

Conclusions

Dans des conditions sanitaires dégradées, l'utilisation de Peptasan, mélange de fractions physiques de canne à sucre et d'*Acacia concinna*, diminue l'excrétion oocystale des *Eimeria* pathogènes, particulièrement *Eimeria m*edia ; elle concerne peu les *Eimeria* non pathogènes. Les mortalités ont également été diminuées et dans ces conditions dégradées, les croissances n'ont pas été significativement affectées. Ces résultats devront être confirmés dans un contexte de mortalité correspondant à ceux habituellement

obtenus dans cet élevage, entre autre pour rechercher un éventuel effet positif sur la croissance dans de telles conditions.

Tableau 2 : Résultats de mortalité au cours des principales répétitions

Répétitions		Répétition 1		Répétition 2		Répétition 3		Total		P
Traitements		Témoin	Peptasan	Témoin	Peptasan	Témoin	Peptasan	Témoin	Peptasan	
Nombre de lapins	34 jours	37	43	57	57	53	52	147	152	-
	55 jours	27	41	51	52	49	49	127	142	-
	36 jours	25	35	46	50	41	44	112	129	-
Nombre de lapins morts	34-55 jours	10	2	6	5	4	3	20	10	0,055
	55-70 jours	2	6	5	2	8	5	15	13	0,641
	34-70 jours	12	8	11	7	12	8	35	23	0,004
Mortalité %	34-55 jours	27	4,7	10,5	8,8	7,5	5,8	13,6	6,6	0,055
	55-70 jours	5,4	14	8,8	3,5	15,1	9,6	10,2	8,6	0,641
	34-70 jours	32,4	18,6	19,3	12,3	22,6	15,4	23,8	15,1	0,004

Tableau 3 : Résultats de performances pondérales au cours des principales répétitions

Répétitions		Répétition 1		Répétition 2		Répétition 3		Moyenne des 3 répétitions			Statistique	
Traitements		Témoin	Peptasan	Témoin	Peptasan	Témoin	Peptasan	Témoin	Peptasan	Total	Ecart type résiduel	P
Poids (g)	34 jours	816	906	865	897	1 071	1 067	927	958	943	117	0,330
	55 jours	1 958	1 979	1 589	1 621	1 830	1 740	1 760	1 766	1 762	203	0,980
	36 jours	2 400	2 334	2 438	2 470	2 207	2 074	2 345	2 298	2 320	277	0,283
Gain de poids (g/j)	34-55 jours	49,6	46,7	34,5	34,5	36,1	32	38,3	37,2	37,8	4,1	0,309
	55-70 jours	36,8	29,6	36,9	36,9	18,9	16,7	30,3	28	29,1	3,4	0,283
	34-70 jours	45,3	40,8	35,7	35,8	27,7	24,5	34,9	33,3	34,1	3,7	0,283

Références

Boucher S., Bulliot C., Doumerc G., Ferreira X., Lemberger K., Mentre V., Nicolier A., Pericard JM., Quintion JF., Risi E., Tessier E., 2009. Examens complémentaires chez les NAC. ED Point vétérinaire, Rueil Malmaison, p.65-70.

Colin M., Licois D., Prigent A.Y., 2013. Etude quantitative et qualitative des excrétions oocystales d'Eimeria dans un élevage de lapins utilisant différentes stratégies de prévention contre les coccidies. 15èmes Journées de la recherche cunicole. Le Mans (France). 19-20 novembre 2013, 225-228.

Coudert P., Licois D., Drouet-Viard F., 1995. Eimeria and Isospora. Eimeria species and strains of rabbits. In: Biotechnology. Guidelines on Techniques in Coccidiosis Research. (Eckert J., Braun R., Shirley M.W., Coudert P., Ed). pp 52-73. Office for official publications of the European communities. Luxembourg.

Eckert J., Taylor M., Licois D., Coudert P., Catchpole J., Bucklar H., 1995. Identification of eimeria and isospora species and strains morphological and biological characteristics. in: biotechnology. guidelines on techniques in coccidiosis research. (Eckert j., Braun r., Shirley m.w., Coudert p., ed). pp 103-119. office for official publications of the european communities. luxembourg.

El-Abasy M, Motobu M, Na KJ, Shimura K, Nakamura K, Koge K, Onodera T, Hirota Y.,2003. Protective effects of sugar cane extracts (SCE) on Eimeria tenella infection in chickens. J Vet Med Sci.65, 865-71.

Hernández-Reyes J.C., Lara-Bueno A., Miranda-Romero L.A., Mendoza-MartíneZ G.D., Martínez-Gómez D.,. 2016. Evaluación de productos herbales como aditivos en raciones de finalización de ovinos VII Congreso Latinoamericano de Nutrición Animal. XII Congreso Bienal Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. Resúmenes. Cancún México.

Kostova T, Sabev P., Lalkosvki N., Petkov.P., 2011. Anticocciidial effect of herbal Cocciban in domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Livestock international, 15, 12-13.

Kukhetpitakwong R., HahnvajanawongC., Homchampa P., Leelavatcharamas V., Satra J,, Khunkitti W. 2006. Adjuvant activities of saponin from the pods of acacia concinna. International Immunopharmacology, 6, 1729-1735.

Lee H.A., Mendoza G.D., Mejia A.M., Hernández P.A. Gazga G., Flores R., Pérez D. 2017. Comparación de un coccidostato herbal y doramectina en el crecimiento de corderos y carga parasitaria en alimentacion intensiva. XIII Congreso Bienal Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal. Resumenes. Puerto Vallarta México. (cité par Mendoza-Martinez et al., 2018).

Licois D., 2009. Comments on the article of Ming-Hsien Li and Hong-Kean Ooi "Fecal occult blood manifestation of intestinal Eimeria spp. infection in rabbit" [Vet. Parasitol. 161 (2009) 327-329]. Vet Parasitol. 164 (2-4): 363-364.

Lo D.Y., Chen T.H., Chien M.S., Koge K, Hosono A, Kaminogawa S, Lee W.C.,.2005. Effects of sugar cane extract on the modulation of immunity in pigs. J Med Vet Sci,57, 591-597.

Peeters J., 1988. Recent advances in intestinal pathology in rabbits and further perspectives. In: Proceeding of the 4th Congress of the World Rabbit Science Assoc., Oct. 10-14, BUDAPEST, RCPAN, HERCEGHALOM, HUNGARY, VOL III, 293-315.

Pratap G., Bhaskar Rao V.S;, 1987. Evaluation of Surface Active Properties of Saponins Isolated from *Acacia concinna* D. C. Pods. Fett / lipid, 85, 205-208.

Srinivasu B., Chinni Preetam V., Srniniva G;, Srinivas R. 2019. Effect of replacement of chemotherapeutic coccidiostats with herbal on haematobiochemical , faecal parameters and histopathology of broiler chicken.Tropical animal health and production, Online, 7/2/2019.

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

Wina E;, Pasaribu T;, Rakhami S;, Tangendjaja B., 2017. The role of saponin as feed additive for sustainable PoultryProduction. Wartazoa, 27, 117-124.

Etudes épidemiologiques rétrospectives sur la maladie hémorragique virale RHDV2 dans les élevages cunicoles en France, entre 2013 et 2018

Huneau-Salaün A.[1*], Boucher S.[2], Fontaine J.[2], Le Normand B.[2], Lopez S.[2], Maurice T.[2], Nouvel L.[2], Bruchec A.[1], Coton J.[1], Martin G.[1], Le Gall-Reculé G.[1], Le Bouquin S.[1]

[1] Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, BP 53, 22440 Ploufragan, France
[2] SNGTV, Commission cunicole, 5 rue Moufle, 75011 Paris, France

* correspondant : adeline.huneau@anses.fr

Résumé – La maladie hémorragique virale du lapin (VHD) est une menace sanitaire critique pour la filière cunicole française, qui s'est dotée en 2018 d'un plan de lutte volontaire contre cette maladie. Dans ce contexte, l'Anses et la Commission Cunicole de la SNGTV ont mené deux études épidémiologiques sur les cas de VHD survenus entre 2013 et 2018 en France. Les objectifs étaient de décrire la diffusion de la VHD due au RHDV2 et d'identifier des facteurs d'élevage influençant la survenue de la maladie afin d'orienter les mesures de prévention préconisées dans le plan de lutte. L'analyse des cas survenus dans 295 exploitations entre 2013 et 2017 montre que 32% des élevages ont été atteints au moins une fois ; la prévalence de la maladie a augmenté significativement en 2016-2017 par rapport à 2013-2015. Les élevages déjà touchés en 2013-2015 présentent un risque plus élevé d'infection en 2016-2017 que ceux qui sont demeurés indemnes jusqu'en 2015 (Risque Relatif 1,7, $IC_{95\%}$ [1,1-2,7]). Une étude Cas-Témoin réalisée sur 37 foyers survenus entre 2016 et 2018 et 32 élevages indemnes a permis de mettre en évidence une variabilité importante des pratiques de biosécurité et de décontamination entre exploitations. Le risque de maladie tend à être lié à ces pratiques mais certains facteurs structurels (système d'évacuation des déjections, transfert des lapereaux au sevrage) pourraient aussi influencer le risque d'introduction du virus dans les élevages. Ces pistes pourront être approfondies grâce aux informations issues du système de surveillance des foyers de VHD mis en place depuis 2018.

Abstract –Epidemiological studies of RHD outbreaks in French rabbit farms from 2013 to 2017. Rabbit viral haemorrhagic disease (RHD) is a critical health threat to the French rabbit industry, which adopted a voluntary control plan against this disease in 2018. In this context, Anses and SNGTV carried out two epidemiological studies on RHD cases that occurred between 2013 and 2018 in France. The objectives were to describe the spread of the RHDV2 and to identify breeding factors influencing the occurrence of the disease, in order to guide the prevention measures recommended in the control plan. Analysis of cases in 295 farms between 2013 and 2017 shows that 32% of the farms were infected at least once; the prevalence of the disease increased significantly in 2016-2017 compared to 2013-2015. Farms already affected in 2013-2015 have a higher risk of infection in 2016-2017 than those that remained uninfected until 2015 (Relative Risk 1.7 $CI_{95\%}$ [1.1-2.7])... A Case-control study carried out on 37 outbreaks between 2016 and 2018 and 32 control farms revealed significant variability in biosecurity and decontamination practices between farms. The risk of disease tends to be linked to these practices, but certain structural factors (e.g. manure disposal system, transfer of kits at weaning) could also influence the risk of virus introduction into farms. These results will be further developed using information from the RDV outbreak monitoring system set up in 2018.

Introduction

La maladie hémorragique virale du lapin (VHD) est un problème prégnant dans les élevages cunicoles français depuis l'émergence d'un nouveau génotype viral RHDV2 en 2010 (Le Gall-Reculé et al., 2011, Boucher et al., 2011). L'impossibilité économique de vacciner la totalité des animaux (femelles et lapereaux) d'un élevage limite les possibilités de circonscrire la diffusion de la maladie. Face à cet enjeu sanitaire, la filière cunicole française s'est dotée en 2018 d'un plan volontaire de lutte contre la VHD, incluant la mise en œuvre d'un système de surveillance pour recenser les foyers en élevage et renforcer les mesures de biosécurité dans les exploitations en lien avec un cas (CLIPP, 2018). Cependant, la conception de mesures de biosécurité efficaces nécessite une connaissance approfondie de l'épidémiologie de la VHD due au RHDV2. Dans l'attente des premiers résultats de la surveillance, deux études épidémiologiques ont été réalisées sur les cas de VHD survenus entre 2013 et 2018 en France. Les objectifs étaient de décrire la diffusion de la VHD et d'identifier des facteurs d'élevage pouvant influencer la survenue de la maladie. Ces études comprenaient une enquête générale sur des cas observés entre 2013 et 2017 dans la patientèle de vétérinaires spécialisés en cuniculture et une étude cas-témoin centrée sur des foyers survenus entre 2016 et 2018.

1. Matériel et méthodes

1.1. Etude rétrospective 2013-2017

Quatre vétérinaires de la commission cunicole de la SNGTV (Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires) ont participé à cette étude. D'une part, les foyers de VHD survenus dans leur patientèle d'élevages cunicoles entre le 01/01/2013 et le 31/12/2017 ont été recensés. Un foyer était défini comme un cas clinique de VHD confirmé par un vétérinaire. La date du diagnostic RHDV2 était enregistrée pour chaque foyer. Seuls les élevages professionnels de plus de 100 femelles

reproductrices étaient inclus dans l'étude (= plus de 100 inséminations artificielles [IA] par bande en moyenne annuelle). D'autre part, un relevé d'informations générales a été réalisé sur tous les élevages de la patientèle, intégrant les achats annuels de vaccins contre le RHDV2. La couverture vaccinale des lapines a été calculée en divisant le nombre de doses vaccinales achetées par an par le nombre moyen d'IA effectuées par bande, assimilé par la suite du texte au nombre moyen de lapines en reproduction dans l'élevage. Lorsque la valeur est supérieure à 3, ce chiffre ne signifie pas qu'une lapine reproductrice a été vaccinée plus de 3 fois dans l'année, les doses vaccinales achetées ayant été utilisées pour vacciner également les futures reproductrices en cours d'élevage. La méthode non paramétrique de Kaplan-Meyer a été utilisée pour déterminer la fonction de survie de l'ensemble des élevages suivis sur la période d'étude (fonction surfit du package survival, R). Les effets de la taille d'élevage, du type de logement (avec ou sans plein-air ou semi-plein-air, cages fixes ou polyvalentes) ont été évalués sur le risque d'infection par le test log-rank (fonction survdiff du package survival).

1.2. Etude Cas-Témoin 2016-2018

Les six vétérinaires de la commission cunicole de la SNGTV ont participé à l'étude Cas-Témoin, limitée à la période 2016-2018 pour minimiser les biais de mémoire. Chaque vétérinaire a sélectionné jusqu'à dix cas de VHD dans sa patientèle ; pour chaque cas, un élevage témoin de taille comparable a été sélectionné. Un élevage était considéré comme témoin s'il n'avait pas connu de foyer de VHD due au RHDV2 entre 2013 et 2018. Le vétérinaire remplissait un questionnaire pour collecter les informations générales sur l'exploitation et, pour les cas, décrire la manifestation de la VHD. Les informations manquantes ont été obtenues par contact téléphonique avec l'éleveur. Les questionnaires ont été saisis et analysés par l'Anses. Les questions présentant plus de 5% de données manquantes ou sans variabilité dans les réponses ont été écartées et les modalités rares (moins de 5% des élevages) ont été reclassées avec des réponses comparables. La diversité des caractéristiques d'élevage a été explorée avec une analyse descriptive multidimensionnelle (Analyse Factorielle Discriminante Mixte, AFDM) suivie d'une classification hiérarchique ascendante pour créer des groupes de fermes aux pratiques et structures homogènes (fonctions FAMD et HPC, FactomineR, R). Dans cette analyse, le statut cas ou témoin des élevages était inclus en variable supplémentaire, permettant de déterminer si un ou plusieurs des groupes constitués présentaient un risque plus élevé ou plus faible d'infection par la VHD que les autres.

2. Résultats et discussion

2.1. Evolution de la VHD entre 2013 et 2017

La population suivie représentait 295 élevages en 2013, soit environ un tiers des exploitations cunicoles en France, estimée à 800 élevages par la FENALAP en 2018. Cinq fermes ont arrêté leur production durant la période d'étude, sans qu'il soit possible d'établir si cette cessation était motivée par une éventuelle infection par la VHD. En 5 ans, 94 élevages (32 %) ont connu au moins un épisode de VHD. Au total, 122 foyers de VHD ont été recensés, avec 72 exploitations touchées une fois (76/295, 26%), 16 deux fois (5 %) et six trois fois (2 %). Aucune saisonnalité n'a été détectée dans l'incidence mensuelle des cas. La prévalence de la maladie a augmenté significativement en 2016 et 2017 (tableau 1). Au final, le taux de survie était de 68 % sur la période 2013-2017 et n'était pas influencé par la taille d'élevage ou le type de logement.

Les résultats recueillis ont permis d'objectiver un changement dans l'épidémiologie de la VHD due au RHDV2, avec une recrudescence des foyers en 2016 et 2017 Cette augmentation a aussi été notée dans la faune sauvage : le réseau SAGIR, en charge de la surveillance des mortalités groupées de lapins de garenne et de lièvres en France, a reporté 181 cas diagnostiqués de VHD en 2016 et 2017 contre 97 cas sur 2014-2015. La recrudescence des foyers de VHD dans la faune sauvage et les élevages pourrait être liée à une augmentation de la virulence des souches de RHDV2, suggérée par les observations expérimentales de Capucci et al. (2017).

Tableau 1 : Nombre de foyers et prévalence annuelle de la VHD dans les élevages cunicoles suivis entre 2013 et 2017 (N=295 élevages, France)

Année	Nombre de foyers	Prévalence %	$IC_{95\%}$
2013	10	3,4[a]	[1,3-5,5]
2014	19	6,4[a,b]	[3,6-9,2]
2015	10	3,4[a]	[1,3-5,5]
2016	31	10,5[b,c]	[7,0-14,0]
2017	49	16,6[c]	[12,4-20,8]

[1] Intervalle de confiance à 95%
[a,b,c] les prévalences sans lettres communes sont différentes à P=0,05

2.2. Evolution de la couverture vaccinale contre le RHDV2 entre 2013 et 2017

La couverture vaccinale contre le virus RHDV2 n'a pu être calculée que pour 60 élevages (dont 21 infectés), car les vétérinaires participant à l'étude n'étaient pas les fournisseurs exclusifs de vaccins dans de nombreuses exploitations. N'ont pas été considérés les vaccins contre le virus RHDV classique qui étaient encore très courants sur les années de début d'étude. De plus, la couverture vaccinale n'a pas été calculée l'année de survenue d'un épisode de VHD dans un élevage, la vaccination d'urgence entraînant une augmentation très importante des achats de vaccins. Le taux de vaccination s'établissait en moyenne à 3,0 doses par lapine en reproduction et par an (IC 95% [2,4-3,7]) durant la période précédant un épisode de VHD pour les fermes touchées contre 3,1 (IC 95% [2,5-3,7], P=0.94) dans les élevages indemnes. Après un épisode de VHD, le taux de vaccination demeurait inchangé (2,9 doses par femelle et par an, IC 95% [2,3-3,6], P=0,95). Sur les 60 élevages, 15 présentaient une couverture vaccinale inférieure à deux doses par femelle moyenne et par an.

Les résultats de l'étude à 5 ans n'ont pas permis de mettre en évidence un effet de la vaccination sur le risque de survenue de la maladie. Cette observation n'est pas surprenante car seules les lapines des élevages sont vaccinées en routine. La VHD se manifeste donc préférentiellement en engraissement, sur des lapereaux

sevrés non vaccinés. Cependant, la vaccination, même appliquée uniquement aux femelles, demeure une mesure indispensable pour protéger une part significative du cheptel et garder la capacité de production de l'élevage en cas d'infection. De récentes études expérimentales et de terrain ont par ailleurs démontré que les vaccins disponibles sur le marché demeurent protecteurs vis-à-vis des souches de RHDV2 circulant actuellement en Europe (Carvalho et al., 2017 ; Le Minor et al., 2017 ; Morin et al., 2018).

2.3. Risque de récidive dans les élevages ayant connu un foyer de VHD

Compte tenu de l'augmentation de prévalence observée en 2016 et 2017, la période d'étude a été divisée en deux (2013-2015 *vs.* 2016-2017). Entre 2013 et 2015, 37 élevages ont connu au moins un foyer de VHD et 257 sont restés indemnes. Entre 2016 et 2017, la VHD est survenue dans 71 élevages, dont 14 fermes déjà touchées entre 2013 et 2015 (élevages à « antécédent »). La probabilité pour un élevage à « antécédent » d'être à nouveau infecté par la VHD sur 2016 - 2017 s'élevait à 38 % (14/37) contre 22 % (57/258) pour les exploitations « sans antécédent ». Par conséquent, le risque d'être infecté en 2016-2017 était 1,7 fois plus élevé dans les élevages à antécédent (RR=1,7, IC 95% [1,1-2,7]) que ceux sans (P=0,03). Le système de surveillance mis en place depuis juin 2018 permet de relever si les foyers incidents surviennent dans des élevages ayant déjà connu un épisode de VHD. Un suivi longitudinal de ces foyers « à antécédent », par une recherche régulière du virus dans l'environnement de ces élevages et dans leurs bâtiments, permettrait de savoir si le virus se maintient sur les exploitations.

2.4. Etude Cas-Témoin

L'étude a inclus 37 élevages "cas" et 35 élevages "témoins". Deux fermes témoins et une ferme cas n'ont pas souhaité participer à l'étude. Les cas de VHD sont survenus entre mars 2016 et juillet 2018. La maladie s'est d'abord et essentiellement manifestée chez les lapereaux à l'engraissement (âge moyen 50 jours) dans 31 élevages. Cependant, les jeunes sous la mère ont aussi été atteints dans trois élevages. Le taux de mortalité des lapereaux à l'engraissement variait de 10 à 80 % (moyenne 31 %). Dans six élevages, les femelles en production (6 fermes) et/ou futures reproductrices (4) ont été atteintes par la VHD (mortalité de 1 % à 30 %). Lors de l'infection, six élevages ne pratiquaient pas de vaccination VHD mais seuls trois ont été atteints sur les femelles.

Trois classes d'élevages ont été distinguées sur la base de leur structure et de leurs pratiques (figure 1). La classe 1 (N=27) était caractérisée par des élevages ayant des pratiques de décontamination complètes, suivant un plan défini ; ils avaient fréquemment plus de deux bâtiments, avec des cages non modulables (transfert du lapereau au sevrage). La plupart de ces bâtiments étaient sur fosse profonde ou semi-profonde. Au contraire, la classe 2 (N=26) regroupait des fermes avec deux bâtiments, menés en tout-plein / tout-vide, avec un système de raclage des déjections.

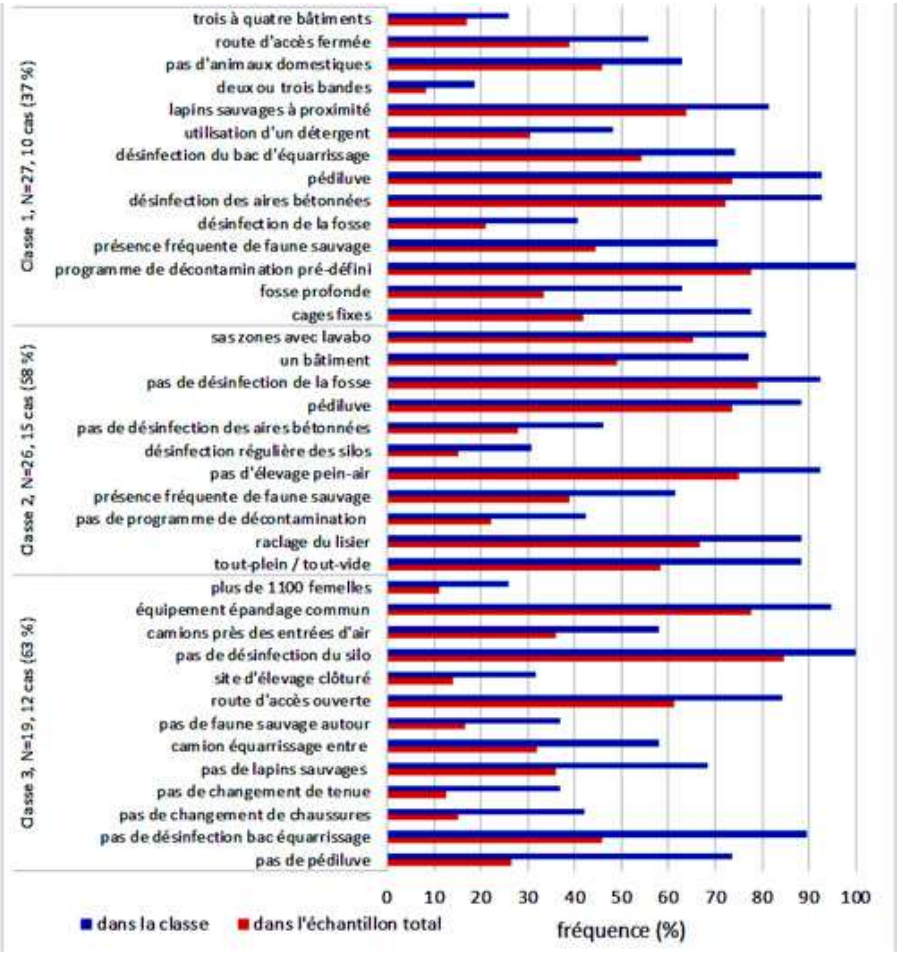


Figure 1 : Classification des élevages en fonction de leur structure, de leurs pratiques d'élevage, de leurs mesures de biosécurité et de leur environnement (N=72 élevages cunicoles, France, 2016-2018). Les modalités au sein d'une classe sont classées en fonction de la valeur de la probabilité qui est associée au test de significativité (de P<0,05 à P<0,001) servant à constituer les classes.

Ces élevages étaient généralement équipés d'un sas sanitaire avec des zones délimitées et un lavabo, et d'un pédiluve. Cependant, ils pratiquaient moins souvent une décontamination complète. La dernière classe (N=19) appliquait peu de mesures de biosécurité et de décontamination. La fréquence des cas de VHD tendait à être moins élevée dans la classe 1 (10/27, 37 %) que dans la classe 3 (12/19, 63 %, P = 0,08). Le taux d'infection observé dans la classe 2 (15/26, 58 %) était intermédiaire et non-significativement différent de celui de la classe 1 (P=0,13) ou de la 3 (P=0,68).

Si aucun facteur prépondérant sur le risque d'infection n'a été mis en évidence, on observe une diversité très importante dans la mise en place des mesures de biosécurité et de décontamination. La biosécurité est un élément clé de la lutte contre la VHD : la faune sauvage (lapins et lièvres pour le RHDV2) est un réservoir reconnu de virus et leur transmission par les insectes (Mc Coll et al., 2002), les carnivores (sauvage et domestiques), les oiseaux nécrophages, les rongeurs Merchan et al., 2011 ; Rocha et al., 2017) par l'intermédiaire de leurs déjections, est également démontrée. De plus, la transmission passive du virus par de l'eau, des végétaux, du matériel contaminés ou les activités humaines (Cooke et Fenner, 2002), joue un rôle dans la dissémination de la maladie (synthèse dans Le Gall-Reculé et Boucher, 2017). Seule une étude détaillée des pratiques de biosécurité, et surtout de leur observance, permettrait d'évaluer leur impact sur le risque de contamination des élevages. Toutefois, la fréquence de VHD tend à être inférieure dans le groupe d'élevages appliquant les mesures de décontamination les plus complètes, traitant aussi les aires bétonnées autour des bâtiments et le bac d'équarrissage. Ces pratiques pourraient limiter l'introduction du virus RHDV2 depuis des alentours contaminés par la faune sauvage et domestique ou les véhicules. A noter que ces élevages emploient plus fréquemment un détergent durant le nettoyage des salles d'engraissement, dans le cadre de leur programme de décontamination.

Ces meilleures applications des protocoles de décontamination pourraient être en lien avec une plus grande sensibilité des éleveurs aux règles de biosécurité (changement de tenues, respects du sas, lavages des mains). Ces élevages présentaient aussi quelques spécificités structurelles : plus souvent constitués de trois à quatre bâtiments, ils ont des maternités et des bâtiments d'engraissements équipés de cages non-polyvalentes, sur fosse profonde ou semi-profonde, qui sont vidées tous les 6 mois à deux ans, et généralement désinfectées (chaulage). Le reste du temps, ces fosses sont hermétiquement fermées : l'introduction de nuisibles ou de lapins sauvages serait peut-être donc moins facile que dans les bâtiments avec racleurs. Les observations de terrain des vétérinaires montrent que la VHD peut se manifester au début de façon concentrée sur peu de cages, souvent regroupées au même endroit ; l'hétérogénéité spatiale dans la survenue des premiers cas de maladie souligne la possibilité d'une introduction ou d'une multiplication du virus réduite à une zone très limitée du bâtiment.

Conclusions

Les deux études épidémiologiques présentées avaient pour but de recueillir des premiers éléments descriptifs et analytiques concernant l'épidémiologie récente de la VHD due au RHDV2 en France, afin d'accompagner la mise en place du plan de lutte. L'exploitation des informations récoltées par les vétérinaires a permis d'objectiver la recrudescence des cas de VHD depuis 2016 et le risque de récidive de la maladie dans certains élevages. Cette observation montre que la surveillance actuelle doit en partie se concentrer sur le suivi de ces élevages plus à risque pour comprendre leurs spécificités. L'étude Cas-Témoin a révélé une variabilité importante des pratiques de biosécurité et de nettoyage et désinfection dans les élevages, variabilité influençant le risque de survenue de l'infection. Bien que prévisible, ce résultat étaye la stratégie de lutte des professionnels et insiste sur la nécessité d'une décontamination complète (détergence, traitements de toutes les surfaces).

Remerciements

Ces études ont été menées avec un financement de la Direction Générale de l'Alimentation et le soutien du CLIPP. Les auteurs remercient M. Marchandeau de l'ONCFS pour sa contribution scientifique au projet.

Références

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Plassiart G., Sraka B., 2011. Description clinique, nécropsique et histologique de cas de Maladie Hémorragique Virale (VHD) à virus variant, survenus dans 60 élevages de lapins de chairs (*Oryctolagus cuniculus*) vaccinés ou non vaccinés en France en 2010-2011. *14èmes Journées de la Recherche Cunicole. pp 143-146. ITAVI, Le Mans (France).*

Capucci L., Cavadini P., Schiavitto M., Lombardi G., Lavazza A., 2017. Increased pathogenicity in rabbit haemorrhagic disease virus type 2 (RHDV2). *Veterinary Record 180, 426.*

Carvalho C. L., Leclerc Duart, E., Monteiro J.M., Afonso, C., Pacheco, J., Carvalho, P., Mendonça P., Botelho A., Albuquerque T., Themudo P., Fevereiro M., Henriques A. M., Santos Barros S., Dias Duarte M., 2017. Progression of rabbit haemorrhagic disease virus 2 upon vaccination in an industrial rabbitry: a laboritorial approach. *World Rabbit Science 25, 73-85.*

CLIPP, ITAVI, SNGTV, Anses, 2018. Plan de lutte contre la VHD 2018-2021.

Cooke B. D. and Fenner F., 2002. Rabbit haemorrhagic disease and the biological control of wild rabbits, Oryctolagus Cuniculus, in Australia and New Zealand. *Wildlife Research 29: 689-706.*

Le Minor O., Joudou L., Le Moullec T., Beilvert F., 2017. Innocuité et efficacité de la vaccination à 2 et 3 semaines d'âge contre le virus RHDV2 de la maladie hémorragique virale du lapin (VHD). *17èmes Journées de la Recherche Cunicole. pp 127-130. ITAVI, Le Mans (France).*

Le Gall-Reculé G., Boucher S., Le Normand B., Plassiart G., Portejoie Y., Decors A., Bertagnoli S., Guerin J-L., Marchandeau S., 2011. Detection of a new variant of rabbit haemorrhagic disease virus in France. *Vet. Rec.* 168: 137-138

Mc Coll, K. A., Merchant J. C., Hardy J., Cooke B. D., Robinson A., Westbury H. A., 2002. "Evidence for insect transmission of rabbit haemorrhagic disease virus." *Epidemiology and Infection 129, 655-663.*

Merchán, T., Rocha G., Alda F., Silva E., Thompson G., de Trucios S. H., Pagés A., 2011. Detection of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) in nonspecific vertebrate hosts sympatric to the European wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Infection, Genetics and Evolution 11(6), 1469-1474.*

Morin, H., Le Moullec, T., Joudou, L., 2018. VHD : nouvelles souches circulantes et protection vaccinale. *Journée professionnelle du lapin de chair, Cesson-Sévigné (France).*

Rocha, G., Alda F., Pages A., Merchan T., 2017. Experimental transmission of rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV) from rabbit to wild mice (*Mus spretus* and *Apodemus sylvaticus*) under laboratory conditions. *Infection, Genetics and Evolution 47, 94-98.*

Aspects cliniques, lésionnels macro et microscopiques suite à la reproduction expérimentale de VHD à l'aide d'une souche virale hypervirulente RHDV2

Boucher S.[1*], Nicolier A.[2] , Le Minor O.[3], Mellet R.[3], Le Moullec T.[3], Sigognault-Flochlay A.[3]

[1] LABOVET Conseil (Réseau Cristal), ZAC de la Buzenière, BP 539, 85505 Les Herbiers cedex.
[2] VETDIAGNOSTIC 14 avenue Rockefeller, 69 008 Lyon
[3] FILAVIE, 20 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine

* Correspondant : s.boucher@labovet.fr

Résumé : L'émergence d'une souche hypervirulente de RHDV lors d'une épizootie particulièrement mortelle a été signalée dans les Pays de Loire en 2017 (GI.2-OLM.2017) . Nous avons utilisée cette souche lors d'une épreuve virulente sur lapins EOPS de 4 et 10 semaines d'âge. Cela nous a permis d'étudier les aspects cliniques et lésionnels de cette forme de VHD (maladie hémorragique virale). La clinique est semblable à ce qui est décrit par ailleurs avec d'autres souches de RHDV2 mais la mortalité est plus importante (100% sur les lapereaux de 4 semaines et 88,9% sur des lapins de 10 semaines). La durée d'incubation maximum de la maladie est de 3 jours. Une forte augmentation de température (jusqu'à 41,5°C) est notée une demi-journée avant la mort mais elle est suivie d'une hypothermie 7 heures avant la mort. Un ictère massif et très précoce est suivi de signes d'hémorragie oculaire et d'épistaxis non constants. Une coagulation intravasculaire disséminée et une congestion de différents organes ont été observées sur des coupes histologiques.

Abstract : **Clinical, macro and microscopic lesional aspects following experimental RHD reproduction using a RHDV2 hypervirulent viral strain .** The emergence of an hypervirulent strain of RHDV (GI.2-OLM.2017) with a particularly deadly epizootic event was observed in the Pays de Loire region in 2017 . We used that strain for a viral challenge on SPF rabbits 4 and 10 weeks old. The authors observed the clinical and lesional aspects of this form of RHD. The clinic was similar to that previously described with other strains of RHDV2 but mortality was higher (100% on 4 weeks old rabbits and 88.9% on 10 weeks old rabbits). Maximum time of incubation of the disease was 3 days. A large increase in temperature (up to 41.5 ° C) was noted half a day before death but it was followed by hypothermia 7 hours before death. Jaundice was the most frequently observed lesion, followed by signs of ocular haemorrhage and non-constant epistaxis. Disseminated intravascular coagulation, jaundice and congestions of various organs were observed on histological sections.

Introduction

En 2016 et 2017 plusieurs épisodes cliniques de VHD à RHDV2 hypervirulents sont apparus en France (Boucher et al 2016) et à l'étranger (Capucci et al 2017). Pour la clarté de l'exposé, nous utiliserons le terme VHD pour désigner la maladie (RHD selon la nomenclature internationale) et RHDV ou RHDV2 pour désigner les variants du virus responsable de la maladie.

La mortalité des animaux touchés était alors très élevée (au-delà de 80%) ce qui est inhabituel pour une maladie due à un RHDV2 (mais souvent décrit pour une maladie à virus RHDV classique) pour laquelle le taux de mortalité est plutôt de l'ordre de 35-40% (Boucher et al 2011, Boucher et al 2012, Boucher et Nouaille 2013). En octobre 2017, nous avons donc isolé une de ces souches dite hypervirulente nommée GI.2-OLM.2017 et avons reproduit la maladie en milieu protégé sur des lapins exempts d'organismes pathogènes spécifiés (EOPS) et notamment de RHDV.

Notre article décrit la maladie due à cette souche hypervirulente de RHDV2. La description clinique et les observations lésionnelles macroscopiques portent sur l'ensemble des animaux. Les descriptions lésionnelles microscopiques portent quant à elles sur un échantillon de 7 lapins et d'organes choisis dans chaque groupe d'âge pour être représentatifs des lésions macroscopiques jugées typiques observées.

Matériel et méthodes

Les lapins étaient des lapins EOPS (Exempts d'Organismes Pathogènes Spécifiés) mâles et femelles provenant d'un fournisseur agréé. Dix sujet de 4 semaines et neuf de 10 semaines au début de l'étude et ont ét tatoués individuellement. Ils ont été placés dans un isolateur par groupes de 5 sujets. Ils étaient alimentés et abreuvés *ad libitum*. Le cycle lumineux était de 12h/24 et la température ambiante variait de 20 à 23°C.

L'inoculum constitué par une concentration à 10^{-6} UI/ml de virus souches hypervirulente nommée GI.2-OLM.2017 a été injecté par voie intramusculaire.

Les animaux autopsiés étaient les lapins qui n'ont pas survécu à l'inoculation ou ont été éthiquement euthanasiés par injection intraveineuse de Dolethal© afin d'abréger leurs souffrances alors qu'ils présentaient tous les signes cliniques d'une VHD.

L'autopsie aété menée selon un protocole décrit par ailleurs (Boucher 2008).

Les examens histologiques ont concerné les nœuds lymphatiques, le thymus, la trachée, les glandes salivaires, la thyroïde, les poumons, le foie, la rate, le duodénum, le pancréas, le jéjunum, l'estomac sur 2 animaux et l'œil sur un sujet.

Les prélèvements ont été fixes dans une solution tamponnée formolée à 4%, inclus dans la paraffine et tranchés en coupes de 3µm d'épaisseur, montées sur une lame de verre puis colorés avec de l'hématoxyline et de l'éosine. Les lames ont été observées à l'aide d'un microscope Nikon Eclipse Ci.

Résultats

1 -Aspects cliniques

La maladie observée dans cette étude a généralement une évolution très rapide. souches dite hypervirulente nommée GI.2-OLM.2017. Dix lapereaux de 4 semaines et huit lapins de 10 semaines sont morts après inoculation soit 95% des lapins inoculés. On notera une phase de courte durée précédant la mort durant laquelle l'animal semble avoir beaucoup de difficulté à respirer (dyspnée). Il se poste dans un coin de sa cage, il semble dérangé par ses congénères qui le frôlent mais ne réagit plus à la capture, ses membres antérieurs sont étirés, il a la tête souvent en l'air ou, en fin de vie, penchée vers le sol, il semble souffrir et avoir du mal à respirer.

Le délais entre l'inoculation et la mort est estimé à 31-63 heures pour les lapins de 4 semaines, et à 40-72 heures pour les sujets de 10 semaines (58h versus 42h, P=0,002 avec M-W test). L'incubation avec cette souche est donc au maximum de 72h après inoculation et s'avère être plus courte chez les jeunes sujets.

Alors que les lapins présentaient avant l'inoculation une température rectale normale de 39,3 à 39,5 °C, on a mesuré une hyperthermie assez élevée (jusqu'à 41,5°C) environ une demi-journée avant la mort. On a noté dans les 7 heures qui suivirent cette prise de température une hypothermie (-0,2 à -3°C) avant le décès. On n'a pas remarqué d'anorexie.

La peau et les conjonctives étaient jaunâtres et on a recueilli une urine jaune clair très chargée en pigments. Un liquide séreux perlait parfois des narines. Il était alors jaunâtre. Cette jaunisse était omniprésente.

Les lapins ont peu souvent présenté d'épistaxis (11% des cas). On a noté un jetage jaunâtre à la base des narines sur quelques sujets. En revanche, quelques heures avant la mort, les yeux des lapins albinos ont pris une coloration rouge foncée inhabituelle.

L'ictère était très souvent visible précocement sur la conjonctive et/ou la peau. En effet, ce qui marque avant tout ce sont les signes d'ictère intenses qui s'installent dès le début de la maladie, bien avant les signes d'hémorragie.

Quelques minutes avant la mort naturelle, le lapin bondissait, roulait parfois sur lui-même, et était en forte dyspnée.

2 - Aspects nécropsiques

2.1.Macroscopiques

L'autopsie a mis en évidence des lésions d'ictère et d'hémorragies sur les animaux de 4 et 10 semaines. Elles étaient plus marquées sur les animaux morts naturellement que sur les animaux euthanasiés pour des raisons éthiques.

Les lésions ictériques concernaient tous les organes mais se voyaient essentiellement sur le foie, les muscles, la graisse, la peau et les conjonctives qui prenaient une teinte jaunâtre inhabituelle. Le foie, siège de dégénérescences cellulaires, était décoloré, jauni et d'un volume augmenté.

La rate, et le thymus, comme le rein, étaient hypertrophiés et congestionnés. Dans cette étude, les ganglions n'ont pas semblé affectés.

Les lésions hémorragiques qui semblent se mettre en place quelques heures seulement avant la mort ont touché également un grand nombre d'organes. Les poumons, le thymus et les reins ont été plus systématiquement affectés. Nous avons très souvent constaté la présence de pancréas ou de glandes salivaires plus rouges que d'habitude et l'analyse histologique a mis en évidence une congestion qu'il serait toutefois intéressant d'objectiver par comparaison avec des organes de lapins sains. De même, l'estomac, le duodénum et le jéjunum ont pu être parfois le siège de micro hémorragies ou de pétéchies qui n'ont malheureusement pas été retrouvées sur les coupes histologiques. Nous n'avons pas relevé de lésion des autres parties du tube digestif.

L'autopsie a également révélé un processus hémorragique marqué avec une trachéite muco-hémorragique et nous avons constaté une absence (ou une lenteur très inhabituelle) de coagulation du sang recueilli au fond de la cavité thoracique.

Enfin, moins souvent décrite dans les publications, la glande thyroïde était ici congestionnée.

2.2. Microscopiques

Les lésions ont été semblables pour tous les sujets. Le foie était remanié par des foyers de nécrose disséminés de petite taille. On a remarqué aussi des microthrombi intracapillaires en nombre variable sur les poumons, les reins, signes d'une CIVD (Coagulation Intra vasculaire disséminée). Les examens histologiques ont aussi révèlé un œdème du poumon.

La trachée, les poumons, les reins, la rate, le thymus, la glande thyroïde, les tissus entourant l'œil étaient congestionnés.

On a noté de nombreux foyers d'hémorragies : autour des zones nécrotiques du foie, à l'intérieur des alvéoles pulmonaires et autour des vaisseaux du poumon, sur l'interstitium médullaire des reins, entre les lobules du thymus notamment.

Tableau 1. Principales lésions macro et microscopiques observées sur un échantillon d'organes choisis

Organe	Lésions
Foie	**Macroscopique :** hypertrophié, décoloré, jaunâtre **Microscopique :** Multifocalement, les hépatocytes individuels ou agrégés sont nécrotiques, affectant préférentiellement les régions périportales, y compris les cellules de la plaque limitante, et dans une moindre étendue les zones médianes, associées à une infiltration légère par des hétérophiles et quelques macrophages. Les hépatocytes nécrotiques ont un cytoplasme rétréci, hypreosinophilique, souvent fragmenté et un noyau pycnotique ou caryorrhectique. Les hépatocytes adjacents sont dégénérés, caractérisés par un cytoplasme vacuolisé et un noyau lytique. Peu d'hémorragies aiguës sont observées dans les zones de nécrose.
Trachée	**Macroscopique :** congestion et présence de sang en nature avec ou sans mucus dans la lumière de l'organe **Microscopique :** La lamina propria est légèrement congestionnée.
Poumons	**Macroscopique :** congestion généralisée de l'organe avec des zones hémorragiques **Microscopique :** Le parenchyme est nettement congestionné et un œdème alvéolaire léger multifocal est présent. De rares thrombi de fibrine sont observés dans les capillaires alvéolaires associés à des hémorragies alvéolaires aiguës multifocales et à la présence occasionnelle de cellules nécrotiques dans les septa alvéolaires. Quelques macrophages sont observés dans la lumière alvéolaire.
Reins	**Macroscopique :** hypertrophie, coloration rouge foncé, hémorragies dans les boucles glomérulaires et médullaire rénale **Microscopique :** Les glomérules sont congestionnés de manière diffuse et sévère et de multiples thrombi de fibrine sont présents dans les capillaires glomérulaires, associés à une hypertrophie des cellules endothéliales et mésangiales, une lyse ou rarement une nécrose. L'interstitium est moyennement congestionné de manière diffuse et des hémorragies aiguës multifocales légères. Les tubules sont légèrement dilatés avec un épithélium amoindri.
Rate	**Macroscopique :** splénomégalie, coloration rouge foncé à violette. **Microscopique :** La rate est modérément congestionnée. La pulpe blanche est modérément appauvrie. La pulpe rouge présente une hypertrophie modérée des cellules endothéliales associée à un aspect hyalin du stroma et une augmentation des macrophages activés circulants, présentant parfois une érythrophagocytose. Des fragments nucléaires occasionnels sont dispersés dans la pulpe rouge.
Pancréas	**Macroscopique :** congestionné **Microscopique :** Absence de lésion
Thymus	**Macroscopique :** le thymus est hypertrophié et parsemé de pétéchies **Microscopique :** Le thymus est légèrement congestionné. Le cortex montre une légère augmentation des macrophages à corps tingibles sans épuisement lymphoïde ni lymphocytolyse. De rares hémorragies aiguës interlobulaires sont présentes.
Glande thyroïde	**Macroscopique :** congestion importante sur certains sujets **Microscopique :** le parenchyme est légèrement congestionné.
Estomac	**Macroscopique :** rares pétéchies en surface **Microscopique** : La surface de la muqueuse est lytique de manière diffuse. Aucun ulcère n'a été trouvé sur la section examinée.
Yeux	**Macroscopique :** apparence très rouges à hémorragiques **Microscopiques** : Le conjonctif et le tissu adipeux dans la région périoculaire sont très congestionnés.
Glandes salivaires	**Macroscopique :** congestionnées **Microscopique :** discrètement congestionnés
Nœuds lymphatiques	**Macroscopique :** hypertrophiés, non hémorragiques **Microscopique :** Absence de lésion
Duodénum jéjunum	**Macroscopique :** congestionné **Microscopique :** Absence de lésion
Graisse, peau	**Macroscopique :** la graisse et la peau accumulent les pigments biliaires et deviennent souvent jaunâtres **Microscopique :** Pas de remaniement notable
Sang	**Macroscopique :** il coagule mal et lentement.

Discussion

Huit ans après la première identification du nouveau génotype viral GI.2 / RHDV2 en France et sa rapide distribution dans le monde entier, le lagovirus émergent a eu des effets dévastateurs sur les populations de lapins (Le Gall- Reculé 2011 et 2013, Capucci et al 2017). Cette étude a été pour nous l'occasion de décrire l'évolution clinique et les lésions sur des lapins EOPS après une inoculation expérimentale d'un RHDV2 hypervirulent tel qu'on peut les observer actuellement en France dans certaines régions.

Dans cette étude, nous n'avons pu observer que des formes suraiguës de VHD, car tous les lapins atteints ont succombé au maximum dans les 3 jours (72 heures) après l'inoculation. La léthalité a été totale chez les jeunes lapins âgés de 4 semaines et a atteint 88,9% chez les lapins âgés de 10 semaines. Ces taux de léthalité sont élevés par rapport à ce qui était constaté avec des souches de RHDV2 lors de leur apparition en 2010 (Boucher et al 2011). On peut penser que les souches G.I.2 ont évolué chez leurs hôtes naturels depuis leur apparition et que, comme ce fut proposé pour les souches GI.1, la pression de sélection a favorisé les souches de plus haut pouvoir pathogène (Capucci et al. 2017).

Comme cela est habituellement décrit dans le cas des formes suraiguës, la plupart des animaux ont été trouvés morts sans signe clinique prémonitoire. Lorsqu'ils étaient observés, la fièvre et la jaunisse étaient les symptômes les plus précoces, tandis que les hémorragies matérialisées cliniquement par des globes oculaires très congestionnés et une éventuelle épistaxis faisaient partie de la phase terminale (quelques heures avant le décès). Les lésions des organes observées étaient semblables pour les lapereaux et les lapins de 10 semaines. Cependant, les délais moyens de mort (ou d'euthanasie éthique) entre les groupes d'âge étaient significativement différents et l'évolution de la maladie était en moyenne de 16 heures plus rapide pour les lapereaux jeunes.

Au niveau lésionnel, on a noté une congestion non constante et plus rarement décrite des glandes salivaires et de la thyroïde. L'intestin était congestionné mais les coupes histologiques n'ont pas montré de remaniement microscopique. Des pétéchies ont été retrouvées sur la paroi stomacale externe de certains sujets sans que l'analyse histologique ait pu les mettre en évidence. En effet, après fixation, il était très difficile de retrouver les lésions. La coagulation intravasculaire disséminée était caractérisée par la présence de thrombi au niveau de nombreux organes comme d'autres études l'ont montré (Marcatto 1991, Plassiart et al 1992, Abrantes 2012).

Conclusion

La souche hypervirulente RHDV2 GI.2-OLM.2017 isolée dans les Pays de Loire en 2017 est particulièrement mortelle, en particulier pour les jeunes lapins. Ceci est inhabituel avec des souches de RHDV2. Cette souche ne crée pas de lésion inhabituelle lors de VHD. La reproduction expérimentale de la maladie sur des lapins EOPS a permis de décrire cliniquement une hyperthermie et un ictère rapidement suivis d'une hypothermie et de congestions, voire d'hémorragies.

Références

Abrantes J., van der Loo W., Le Pendu J., Esteves P. J., 2012. Rabbit haemorrhagic diseases (RHD) and rabbit haemorrhagic diseases virus (RHDV): a review. Vet. Res. 43, 12 (19 pp)

Boucher S. 2008. L'autopsie du lapin un geste technique. Bulletin des GTV N°47 Paris France, p 101- 104.

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Plassiart G., Sraka B., 2011. Description clinique, nécropsique et histologique de cas de Maladie Hémorragique Virale (VHD) à virus variant, survenus dans 60 élevages de lapins de chairs (*Oryctolagus cuniculus*) vaccinés ou non vaccinés en France en 201-2011. 14èmes J. Rech. Cunicole, Le Mans , 143-146.

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Normand B., Bertagnoli S., Guérin J-L., Decors A., Marchandeau S., Plassiart G., 2012. Aspects cliniques de la maladie hémorragique virale due au virus variant 2010. Le Point Vétérinaire 327 , 35-38.

Boucher S., Nouaille L., 2013. Maladie des lapins. France Agricole Paris, 3e éd, p. 128-135.

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Minor O., 2016. Questions d'actualités sur la VHD à virus variant RHDV2. Compte-rendu de la Journée Nationale ITAVI sur l'élevage du lapin de chair, 16 novembre 2016, Pacé, France, p. 51-56.

Capucci L., Cavadini P., Schiavitto M., Lombardi G., Lavazza A., 2017. Increased pathogenicity in rabbit haemorrhagic disease virus type 2 (RHDV2). Vet. Rec. 180, (17), 426-427.

Le Gall-Reculé G., Boucher S., Le Normand B., Plassiart G., Portejoie Y., Decors A., Bertagnoli S., Guerin J-L., Marchandeau S., 2011. Detection of a new variant of rabbit haemorrhagic disease virus in France. Vet. Rec. 168, 137-138.

Le Gall-Reculé G., Lavazza A., Marchandeau M., Bertagnoli S., Zwingelstein F., Cavadini P., Martinelli N., Lombardi G., Guérin J-L., Lemaitre E., Decors A., Boucher S., Le Normand B., Capucci L., 2013. Emergence of a new lagovirus related to *Rabbit haemorrhagic disease virus*. Vet. Res. 44:81 (13 pp)

Marcato P.S., Benazzi C., Vecchi G., Galeotti M., Della Salda L., Sarli G., Lucidi P., 1991. Clinical and pathological features of viral haemorrhagic disease of rabbits and the European brown hare syndrome. Rev. Sci. Tech. 10, 371-392.

Plassiart G., Guelfi J-F., Ganière J-P., Wang B., André-Fontaine G., Wyers M., 1992. Hematological parameters and visceral lesions relationships in rabbit viral hemorrhagic disease. J. Vet. Med. Ser. B 39, 443-453

Maladie hémorragique virale du lapin : protection conférée par un vaccin commercial bivalent contre une nouvelle souche RHDV2 hautement pathogène et étude de l'excrétion du virus

Le Moullec T.*, Le Minor O., Joudou L., Beilvert F., Morin H., Sigognault Flochlay A.

Filavie, 20, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

* correspondant : tanguy.lemoullec@filavie.com

Résumé – Une augmentation de la pathogénicité des souches circulantes de RHDV2 a été récemment reportée. L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'efficacité d'un vaccin commercial bivalent contre une souche G1.2 hautement pathogène isolée en 2017, et d'étudier la diffusion du virus dans les organes et son excrétion par les lapins suite à une épreuve par cette souche.
Dix lapins EOPS par groupe ont été vaccinés à 4 ou à 10 semaines. Après 7 jours, ces lapins vaccinés ainsi que des témoins non vaccinés (10/ groupe d'âge), ont été éprouvés expérimentalement et observés pendant 14 jours. Dans les groupes témoins, l'épreuve a induit une mortalité de 100% pour les lapins de 4 semaines et de 89% pour les lapins de 10 semaines. La vaccination a prévenu de manière significative l'apparition de la mortalité, les signes cliniques, la détection de l'ARN viral dans le sérum et les lésions de VHD chez les jeunes et les plus âgés. En fait, tous les lapins vaccinés, sont restés en bonne santé pendant toute l'étude. Deux semaines après épreuve, aucune copie d'ARN viral n'a été détectée par PCR dans les poumons, les reins et l'urine. Dans le foie, la rate et les fèces, l'ARN viral n'a été détecté après vaccination que chez certains jeunes, mais pas chez lapins les plus âgés. Chez ces lapins de 10 semaines, nous avons également démontré que le vaccin prévenait de manière significative l'excrétion d'ARN viral par les voies naso-conjonctivale et rectale. Chez les lapins vaccinés plus jeunes, l'excrétion par voie naso-conjonctivale est elle aussi fortement réduite, et une excrétion transitoire par voie rectale est détectable 8 jours après épreuve, et réduite après 14 jours. Nous avons conclu que, malgré l'évolution rapide des souches GI.2, la protection conférée par le vaccin testé reste adéquate.

Abstract – Rabbit Haemorragic Disease: Efficacy of a commercial bivalent vaccine against a recent highly pathogenic RHDV2 strain and study of the virus excretion. An increase in the pathogenicity of the circulating strains was recently reported. The objective of this experimental study was to assess the efficacy of a commercial bivalent vaccine against thd recent highly pathogenic GI.2 isolate (2017), and to study the virus spreading in the organs and its excretion by the infected rabbits.
Four-weeks and 10-weeks-old SPF rabbits were vaccinated. After 7 days, controls and vaccinated rabbits were challenged and clinically monitored for 14 days. In the control groups, the challenge strain induced a mortality rate of 100% in 4-week-old rabbits and 89% in 10-week-old rabbits. Vaccination significantly prevented all mortality (all vaccinated rabbits were healthy at the end of the chalenge), clinical signs, detection of viral RNA in serum and gross lesions in young and older rabbits. In vaccinated groups, two weeks after challenge, no RNA copies were detected by PCR in the lungs, kidneys and urine. In 10-week-old vaccinated rabbits, no RNA copies were detected in the liver, spleen and faeces, unlike some 4-week-old vaccinated. In older rabbits, we also demonstrated that the vaccine tested significantly protected from detectable RNA shedding via naso-conjunctival and rectal routes. In young rabbits, shedding via naso-conjonctival route was also strongly prevented; transient shedding via the rectal route was detectable eight days post challenge, and reduced thereafter. We concluded that, despite the quick evolution of GI.2 strains, the protection induced by the vaccine remains adequate.

Introduction

En 2010, une souche variante du RHDV a été identifiée en France à la suite d'épisodes atypiques de VHD chez des lapins adultes vaccinés et des lapereaux (âgés de 15 à 25 jours) (Le Gall-Reculé et al., 2011). Le nouveau virus dénommé GI.2 / RHDV2 induit une mortalité plus faible que les virus GI.1 / RHDV.
Récemment, plusieurs épizooties à GI.2 / RHDV2 chez des lapins non vaccinés ont été caractérisées par des taux de mortalité plus élevés (Capucci et al., 2017). Des études expérimentales sur les souches GI.2 isolées en 2014 et 2015 en Italie, ainsi que sur la souche recombinante GI.1bP-GI.2 isolée en Australie en 2015, ont confirmé que ces virus récents induisaient principalement une maladie de type aiguë à suraiguë, contrairement aux souches émergentes les plus anciennes (2010-2011) (Capucci et al., 2017 ; Neimanis et al., 2018), avec des taux de mortalité enregistrés d'au moins 80%.
Dans ce contexte, il est essentiel de vérifier l'efficacité des vaccins commerciaux contre les souches GI.2 / RHDV2 circulant actuellement. Par conséquent, l'objectif de cette étude est d'évaluer, dans des conditions expérimentales, le niveau de protection conféré par un vaccin bivalent contre un isolat récent

hautement pathogène GI.2 / RHDV2 et, simultanément, de décrire la distribution d'ARN viral dans les organes et les excreta des animaux infectés. En plus de lapins de 10 semaines, correspondant à l'âge minimum recommandé pour le vaccin testé, l'étude a également inclus des lapereaux au sevrage, période représentant un enjeu majeur dans le contrôle de la maladie dans les conditions de terrain.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux et dispositif expérimental

Vingt lapins de 4 semaines et vingt lapins de 10 semaines (½ individus mâles, ½ individus femelles), EOPS, de race Néo-Zélandaise, ont été inclus dans l'étude. Ils ont été placés dans des isolateurs ventilés, avec accès libre à l'eau et à la nourriture, pendant une période d'acclimatation de 24 heures. La température dans les isolateurs a été maintenue entre 20 et 23°C avec un cycle lumière / obscurité de 12 h.
Les lapins de chaque groupe d'âge ont été répartis au hasard en 2 groupes de 10 animaux : le premier groupe a été vacciné au jour 0 (J0) tandis que l'autre groupe a été gardé comme témoin. Les groupes vaccinés (V4 et V10) et témoins (groupes C4 et C10) ont été éprouvés à J7 et observés pendant une période de 14 jours.

1.2 Vaccin et souche d'épreuve

Le vaccin FILAVAC VHD K C + V ® (vaccin FILAVIE) contenant les souches inactivées GI.1 / RHDV et GI.2 / RHDV2 a été administré par voie sous-cutanée à la dose recommandée de 0,2 ml.
La souche d'épreuve GI.2-OLM.2017 a été collectée en octobre 2017 dans un élevage de lapins de l'ouest de la France, au cours d'un épisode aigu de VHD caractérisé par une mortalité très élevée (80%) chez des lapereaux non vaccinés. Elle a ensuite été inoculée à des lapins EOPS en animalerie, puis un surnageant de foie a été préparé avec le foie d'un de ces lapins morts de VHD aiguë. Ce surnageant, dilué au 1/6ème, a été inoculé par voie intra-musculaire sous 0,5ml lors de l'épreuve.

1.3 Examen clinique et post mortem

Les lapins ont été observés quotidiennement de J0 à J21. Au cours de l'étude, les animaux trouvés morts ou euthanasiés ont été autopsiés et examinés pour étudier les lésions macroscopiques. Les méthodes utilisées pour l'examen clinique et post mortem des animaux inclus dans cette étude sont décrites plus précisément par Boucher *et al.* (2019).

1.4 Collecte de sang, d'organes, d'urine, d'excréments et d'écouvillons

Deux lapins de chaque groupe ont été sélectionnés au hasard à J0 pour confirmer la séronégativité vis-à-vis de GI.1 / RHDV par ELISA. Des échantillons de sang ont été prélevés à J8, J15 et J21 sur 5 (si possible) lapins survivants dans chaque groupe, et juste après l'euthanasie pour signes cliniques ou la mort (si possible). Afin d'étudier l'excrétion de l'ARN viral, des écouvillons naso-conjonctivaux et rectaux ont été recueillis sur tous les lapins (survivants) à J8, J10, J15, J21 et sur tous les animaux morts lorsque cela était possible.
Après l'euthanasie ou la mort, le foie a été prélevé sur tous les animaux. Le sang, les reins, les poumons, l'urine et les matières fécales ont été collectés chez au moins 3 animaux par groupe.

1.5 Détection d'anticorps spécifiques de GI.1 par ELISA et quantification de l'ARN RHDV2 par RT-PCR en temps réel.

La détection d'anticorps anti-GI.1 / RHDV dans les sérums a été réalisée à l'aide du kit ELISA indirect « Ingezim Rabbit » (INGENESA Lab., Madrid, Espagne).
L'ARN total a été extrait à l'aide du kit « Virus Nucleospin RNA » (Macherey-Nagel, Allemagne) pour les échantillons de surnageants d'organes, sérum et urine, et du kit « Fèces Nucleospin RNA » (Macherey-Nagel, Allemagne) pour les échantillons de fèces.
Les acides nucléiques ont été amplifiés par RT-PCR en temps réel avec des amorces spécifiques du virus RHDV2 ciblant une région de la VP60. Les amorces et le protocole d'amplification utilisés ont été développés par le laboratoire SCANELIS (Toulouse, France)

1.6 Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Stata® 10.0 pour Windows. Des tests bilatéraux ont été réalisés avec un seuil de signification statistique de 0,05 (5%). Les valeurs moyennes ont été comparées à l'aide d'un test non paramétrique de Mann-Whitney (ou de Wilcoxon-Mann-Whitney). Les pourcentages ont été comparés au test exact de Fisher.

2. Résultats et discussion

2.1. Statut sérologique et observations cliniques après la vaccination

À J0, avant la vaccination, il a été confirmé que tous les lapins échantillonnés étaient exempts d'anticorps anti-GI.1 / RHDV. Entre J8 et J15, tous les animaux vaccinés échantillonnés (5/5 jeunes et 5/5 plus âgés) ont montré une séroconversion, alors que le contrôle est resté séronégatif (3 jeunes et 5 plus âgés ont été testés). Aucun signe indésirable n'a été enregistré chez les lapins vaccinés. Un lapin vacciné et un lapin témoin (V10 et C10) ont présenté une paralysie des pattes postérieures, probablement en raison de l'inadéquation de nouvelles plates-formes installées dans les isolateurs. Ils ont été euthanasiés éthiquement, avant épreuve.

2.2. Signes cliniques, létalité et lésions

De forts taux de létalité ont été enregistrés parmi les groupes témoins, tous les jeunes (10/10) et 8/9 lapins

plus âgés sont morts ou ont été euthanasiés pour raison éthique. Le délai moyen inoculation-mort (ou euthanasie éthique) constaté pour le groupe C4 était de 42 heures et celui du groupe C10 de 58 heures. Les signes cliniques étaient similaires chez les lapins témoins morts dans les groupes C4 et C10 (Boucher *et al.*, 2019). Tous les animaux vaccinés et un animal témoin (groupe C10) sont restés en bonne santé pendant toute l'étude.

Les taux de survie étaient significativement plus élevés dans les groupes vaccinés que chez les groupes témoins respectifs (P <0,0001). Aucune lésion macroscopique n'a été constatée chez les lapins vaccinés et chez le lapin témoin survivant (Boucher *et al.*, 2019). Le vaccin a donc permis la mise en place d'une protection complète dès 7 jours après la vaccination.

2.3. Détection d'ARN viral dans les organes (Tableau 1)

Tous les lapins témoins non vaccinés ayant succombé à la maladie avaient un niveau élevé d'ARN viral dans le foie, la rate, les reins et les poumons. Pour le foie et la rate, une charge virale plus faible a été obtenue chez les animaux euthanasiés pour raison éthique, en raison d'une dernière phase de multiplication du virus raccourcie. Chez les animaux affectés, le niveau le plus élevé et le plus uniforme d'ARN viral a été observé dans le foie. Le nombre de copies d'ARN médian était plus élevé chez les jeunes pour la plupart des tissus (foie, rate et rein), probablement en raison du plus petit nombre d'animaux euthanasiés dans ce groupe.

Tableau 1 : Détection d'ARN viral dans les organes
Nombre d'animaux positifs/nombre d'animaux prélevés (moyenne du taux d'ARN des lapins positifs en log10 copies/g)

Groupe	Foie	Rate	Poumon	Rein
C4	10/10** (11,5)	4/4** (10,8)	4/4** (9,8)	4/4** (9,6)
V4	3/10* (5,0)	3/3* (5,4)	0/3*	0/3*
C10	8/8** (11,2) + 1/1* (5,9)	3/3** (10,2) + 0/1*	3/3** (10,0) + 0/1*	3/3** (9,2) + 0/1*
V10	0/9*	0/3*	0/3*	0/3*

**lapin sans signe clinique ; **lapin prélevé juste après la mort ou l'euthanasie pour raison éthique.*

À la fin de l'étude, une faible quantité résiduelle d'ARN était toujours présente dans le foie du seul lapin témoin survivant (groupe C10 avec 5,9 log10 copies/g), ce qui confirme qu'il était infecté. Des taux extrêmement faibles d'ARN (en dessous de la limite de détection de 5,3 log10 copies/g de foie) ont également été détectés dans le foie de 3/10 lapins vaccinés à 4 semaines. La rate était le seul autre tissu positif chez les jeunes vaccinés (quantité inférieure de 10^4 à 10^6 fois à celle des témoins). Tous les organes des lapins vaccinés plus âgés étaient négatifs pour la qPCR.

2.4 Détection d'ARN viral dans le sérum (Tableau 2)

Un jour après l'épreuve, les sérums de tous les lapins témoins prélevés contenaient de l'ARN viral, alors qu'aucun des sérums des animaux vaccinés n'était positif à la PCR. L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus 1 jour après épreuve montre que la vaccination a réduit significativement la détection du virus dans le sérum (taux de détection : 100% chez les témoins et 0% chez les vaccinés, P = 0,001).

Le niveau d'ARN viral dans les groupes témoins, un jour après épreuve, était plus élevé chez les jeunes (10,9 contre 6,1 log10 copies/ml pour les plus âgés), ce qui est cohérent avec un temps moyen de décès plus court observé dans ce groupe. Comme pour les organes, la charge en ARN était plus élevée dans le sérum des animaux échantillonnés juste après la mort qu'après une euthanasie éthique (respectivement 11,1 et 10,3 log10 copies/ml).

L'ARN viral n'a pas non plus été détecté dans le sérum des animaux vaccinés pendant toute la phase de suivi post - épreuve.

Tableau 2 : Détection d'ARN viral dans le sérum
Nombre de sérums positifs /nombre d'animaux prélevés

	Jours après épreuve			
Groupe	1	2 à 3	8	14
C4	1/1* + 1/1**	1/1**	/	/
V4	0/2*	/	0/5*	0/5*
C10	5/5*	0/1* + 3/3**	0/1*	0/1*
V10	0/5*	/	0/5*	0/5*

**lapin sans signe clinique ; **lapin prélevé juste après la mort ou l'euthanasie pour raison éthique.*

2.5 Excrétion d'ARN viral (Tableaux 3 et 4).

Pour les plus âgés, il n'y avait pas d'ARN détectable à 1 jour après épreuve dans les écouvillons naso-conjonctivaux et rectaux, à l'exception de 2 lapins témoins qui ont été les premiers à succomber à l'épreuve. Deux et trois jours après l'inoculation, tous les lapins témoins excrétaient de l'ARN viral par les 2 voies, à l'exception du lapin survivant, qui était uniquement positif à la PCR pour l'écouvillonnage naso-conjonctival (tableau 3).

Entre 2 et 3 jours après épreuve, le taux des prélèvements naso-conjonctivaux positifs différait significativement entre les témoins et les lapins vaccinés de 10 semaines (100% dans le groupe C10 versus 0% dans le groupe V10, P<0,0001), tout comme le taux de prélèvements rectaux positifs (87,5% dans le groupe C10 versus 0% dans le groupe V10, P < 0,0001). Jusqu'à la fin de l'essai (14 jours après épreuve), aucune excrétion de virus n'a été détectée par les voies naso-conjonctivale ou fécale chez les lapins vaccinés (V10).

Le vaccin injecté à 10 semaines empêche ainsi de manière significative l'excrétion d'ARN viral par les voies naso-conjonctivale et rectale. Cette absence de

détection de l'excrétion virale au cours de la phase aiguë de la maladie et jusqu'à la fin de l'étude, constitue une preuve solide en faveur de l'absence d'excrétion asymptomatique par des lapins vaccinés à cet âge.

Chez les témoins jeunes, de l'ARN viral était détectable à 1 jour après épreuve dans les écouvillons naso-conjonctivaux de 2/10 lapins et dans les écouvillons rectaux de 5/10 lapins. Le seul jeune lapin témoin ayant pu être prélevé entre deux et trois jours après l'inoculation excrétait de l'ARN viral par les deux voies testées. Concernant les jeunes lapins vaccinés, seul un animal était positif pour la voie naso-conjonctivale 1 jour post-inoculation. Concernant la voie rectale, 1 jeune lapin vacciné était positif à 2-3 jours, tous à 8 jours, puis seulement 3 à 14 jours post-inoculation. Le vaccin injecté à 4 semaines réduit donc l'excrétion d'ARN viral par la voie naso-conjonctivale. Pour la voie rectale, un pic d'excrétion chez les jeunes vaccinés a été observé huit jours après l'épreuve.

Tableau 3 : Détection d'ARN viral à partir d'écouvillons par RT-qPCR jusqu'à 14 jours après épreuve - Nombre d'écouvillons positifs/nombre d'écouvillons collectés .

	Jour après épreuve			
Groupe	**1**	**2 à 3**	**8**	**14**
Écouvillons naso-conjonctivaux				
C10	1/9*	7/7 ** + 1/1*	0/1*	0/1*
V10	0/9*	0/9*	0/9*	0/9*
C4	1/9* + 1/1**	1/1**		
V4	0/10*	0/10*	1/10*	0/10*
Écouvillons rectaux				
C10	2/9*	7/7 ** + 0/1*	0/1*	0/1*
V10	0/9*	0/9*	0/9*	0/9*
C4	5/9* + 0/1**	1/1**		
V4	0/10*	1/10*	10/10*	3/10*

**animal sans signe clinique ; **animal prélevé juste après la mort ou l'euthanasie pour raison éthique.*

Quatorze jours après épreuve, aucun lapin survivant (tous les groupes V4 et V10 et un C10) ne présentait d'ARN viral révélé par RT-qPCR dans l'urine, alors qu'une charge élevée d'ARN viral avait été détectée dans l'urine des lapins témoins qui ont succombé (respectivement 6,7 et 5,6 log10 copies/ml pour les C4 et les C10). La présence du génome viral dans les matières fécales n'a pas été révélée à la fin de l'étude chez les lapins vaccinés plus âgés, contrairement aux animaux jeunes chez qui 7/9 vaccinés présentaient de l'ARN viral dans les fèces (tableau 4).

L'ARN viral a été systématiquement retrouvé après la mort dans l'urine et les fèces de tous les témoins affectés (C10 et C4).

Tableau 4 : Détection d'ARN viral dans l'urine et les fèces par RT-qPCR - Nombre d'animaux positifs/nombre d'animaux prélevés (log10 copies/ml)

Groupe	Urine	Fèces
C4	4/4**	2/2**
V4	0/9*	7/9*
C10	3/3** + 0/1*	3/3** + 0/1*
V10	0/8*	0/9*

**animal sans signe clinique ; **animal prélevé juste après la mort ou l'euthanasie pour raison éthique.*

Conclusions

La souche RHDV2 collectée en France en 2017 a induit une forme suraiguë de la maladie avec un taux de létalité élevé chez les lapins de 4 et de 10 semaines L'immunisation avec le vaccin testé a offert une protection complète et précoce contre la mortalité et les signes cliniques. Par conséquent, malgré la rapide évolution des souches GI.2 depuis 2010, la protection conférée par ce vaccin reste adéquate.

L'étude montre une absence d'excrétion du virus par les animaux vaccinés à 10 semaines par voie naso-conjonctivale ou rectale. Chez les lapins de 4 semaines, le vaccin a induit une forte diminution de l'excrétion par la voie naso-conjonctivale ; une excrétion transitoire par voie rectale est observée 8 jours post épreuve, suivie par une nette diminution.

Références

Boucher S. Nicolier A. Le Minor O. Mellet R., Le Moullec T., Sigognault Flochlay A. Aspects cliniques, lésionnels macro et microscopiques suite à la reproduction expérimentale de RHD à l'aide d'une souche virale hypervirulente RHDV2. *18èmes Journées de la Recherche Cunicole Nantes, 27-28 mai 2019.* xx-xx

Capucci L., Cavadini P., Schiavitto M., Lombardi G., Lavazza A. 2017.Increased pathogenicity in rabbit haemorrhagic disease virus type 2 (RHDV2). *Vet. Rec.,* 180, 426-427

Le Gall-Reculé G., Zwingelstein F., Boucher S., Le Normand B., Plassiart G., Portejoie Y., Decors A., Bertagnoli S., Guérin J.L., Marchandeau S. 2011. Detection of a new variant of rabbit haemorrhagic disease virus in France. *Vet. Rec*., 168 : 137- 138.

Neimanis A., Larsson Pettersson U., Huang N., Gavier-Widén D., Strive T., 2018. Elucidation of the pathology and tissue distribution of *Lagovirus europaeus* GI.2/RHDV2 (rabbit haemorrhagic disease virus 2) in young and adult rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet. Res*.49 :46 (15 pp)

Dosage des anticorps anti-RHDV2 chez les lapines et leurs lapereaux en lien avec la vaccination

Le Normand B.[1*], Chatellier S.[1], Vastel P.[2], Rebours G.[2], Capucci L.[3]

[1] MCVet Conseil, Site VELVET, 47, Bd Leclerc, 35460 St Brice en Cogles, France.
[2] TECHNA, France , .BP 10, 44220 Couëron, France
[3] Department of Virology, Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e dell'Emilia, via Bianchi 7, 25124 Brescia, Italy

* correspondant : b.lenormand@reseaucristal.fr

Résumé –Un suivi sérologique de 30 lapines primipares et de 2 de leurs lapereaux suite à la vaccination contre la maladie hémorragique virale à virus variant (RHDV-2) a été réalisé par cELISA, et par dosage des IgM2 sur les lapereaux. Les lapines étaient vaccinées à 10 semaines d'âge avec ERAVAC® et les lapereaux ont été vaccinés au cours de l'étude à 45 jours d'âge avec le même vaccin. Trois lapines sur 30 n'avaient pas d'anticorps 4 mois après l'injection de primovaccination. L'augmentation de la moyenne géométrique des titres en anticorps des lapines 11 jours après vaccination a été totalement similaire à celle des lapereaux 14 jours après vaccination. Les lapereaux présentant les meilleurs niveaux d'IgM2 2 semaines après leur vaccination sont issus de lapines négatives ou présentant un faible niveau en anticorps 25 jours après la mise-bas ; inversement, les lapereaux dépourvus d'IgM2 sont issus de lapines présentant la plus forte moyenne géométrique de titres à J25.

Abstract – Dosage of RHDV-2 antibodies on does and their kits in relation to the vaccination. Serological monitoring of 30 primiparous does and of 2 of their kits after vaccination against rabbit haemorrhagic viral disease due to RHDV-2 is performed by c-ELISA method and by IgM2 titration on kits. The does were vaccinated with ERAVAC® when they were 10 weeks old, and young rabbits are vaccinated with the same vaccine during this study when they are 45 days old. 3 does out of 30 don't have antibodies 4 months after the first vaccination with ERAVAC®. The increase of geometric average antibodies titers of the does 11 days after vaccination is totally similar to that of their kits 14 days after vaccination. The young rabbits with the best IgM2 titers 2 weeks after vaccination are from does without or with very low antibodies titers 25 days after parturition ; on the contrary, kits without IgM2 are from does with the best geometric average antibodies 25 days after parturition.

Introduction

Depuis 2010, la maladie hémorragique virale du lapin (communément appelée VHD pour *Viral Haemorrhagic Disease*) est due à un virus variant appelé RHDV-2, différent par son profil génétique et clinique du virus classique connu jusqu'alors lors des épizooties en élevage. Depuis 2013, les éleveurs français disposent de vaccins adaptés et la pratique de la vaccination n'a été mise en place sur le terrain pratiquement que sur les reproducteurs car leur coût empêche une vaccination systématique des populations de junes lapins de chair. Depuis 2016, l'épizootie en élevage a révélé des cas avec de fortes mortalités dans les populations de jeunes lapins en croissance.. Depuis 2016, l'épizootie en élevage s'est intensifiée et a révélé des cas aigus, avec de fortes mortalités dans les populations de jeunes en croissance. Un programme de lutte a été mis en place par l'Itavi (Institut technique de l'aviculture) en collaboration avec l'Interprofession (Clipp) et la Société Nationale des Groupements Techniques Vétérinaires (SNGTV). Des formations sur la biosécurité des élevages ont été organisées dès 2018 afin d'apporter les éléments essentiels à la protection des élevages. Les vétérinaires ont sollicité les différents services sanitaires existants (DGAl, Anses, ONCFS) pour lancer une enquête épidémiologique.

Les bilans sanitaires dans les élevages montrent que la très grande majorité des éleveurs pratique une vaccination suivie des reproducteurs, et parfois une répétition des vaccinations dans un contexte épidémiologique tendu. Nous avons souhaité approfondir la connaissance de la situation immunitaire des lapines et de leurs lapereaux dans un élevage vacciné par le suivi d'une cohorte au sein d'un troupeau dans un contexte dépourvu d'expression clinique de VHD.

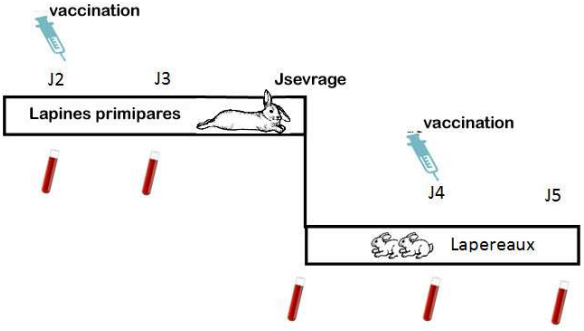
1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole (figure 1)

Dans un élevage de 600 lapines primipares, 30 lapines ont été tirées au sort pour faire l'objet d'un suivi sérologique. Ces lapines ont été élevées de façon

identique (logement, alimentation) et ont toutes été vaccinées à 10 semaines par une injection sous-cutanée unique d'un vaccin contenant une souche de RHDV-2 (V-1037). Le vaccin est formulé avec un adjuvant huileux (ERAVAC ®).

Figure 1 : Schéma expérimental du protocole de prélèvements et de vaccins



Ces lapines ont subi une prise de sang 25 jours après la mise-bas, soit 17 semaines après leur primo-vaccination. Le même jour, 24 des 30 lapines ont été à nouveau vaccinées avec ERAVAC® (J25), les 6 lapines témoins non vaccinées permettant de valider l'absence de passage viral durant le protocole. Les lapines ont été prélevées à nouveau 5 jours après vaccination (J30) et au sevrage 11 jours après vaccination (JSevrage).

2 lapereaux ont été choisis au hasard puis repérés par marquage dans chacune des 30 portées. Ces 60 lapereaux ont été prélevés au sevrage (JSevrage), le même jour que leurs mères ; ils ont subi à nouveau une prise de sang à J45, jour où ils ont été vaccinés avec ERAVAC®, puis à J59 soit 14 jours après vaccination (59 lapereaux ont été prélevés à J59 en raison de la mort d'un des lapereaux de l'étude suite à des troubles digestifs). A J59, 6 lapereaux témoins supplémentaires ont été choisis au hasard dans les portées des 6 lapines témoins non vaccinées (1 par lapine) ; ces 6 lapereaux n'ont pas été vaccinés.

1.2. Analyses réalisées

Les sérums obtenus par centrifugation ont été conservés à -20+C jusqu'à envoi en transport réfrigéré au laboratoire de référence de l'Office International des Epizooties pour la VHD à Brescia en Italie.

Tous les sérums ont été analysés par la technique cELISA utilisant des Ac monoclonaux anti-RHDV2 et anti-RHDV. Cette analyse ELISA par compétition détecte toutes les sortes d'immunoglobulines dirigées contre le virus variant RHDV-2.

Tous les sérums des lapereaux à J59 ont été analysés pour titrer les IgM2 par une technique ELISA directe inversée. Les IgM sont les premiers anticorps à se former après contact avec un antigène.

Des titrages des IgG2 ont été effectués de façon aléatoire sur des lapines (N=8) et sur des lapereaux au moment de la vaccination à J45 (N=30). Les IgG se forment après les IgM, avec des niveaux plus élevés et sur des durées plus longues.

2. Résultats et discussion

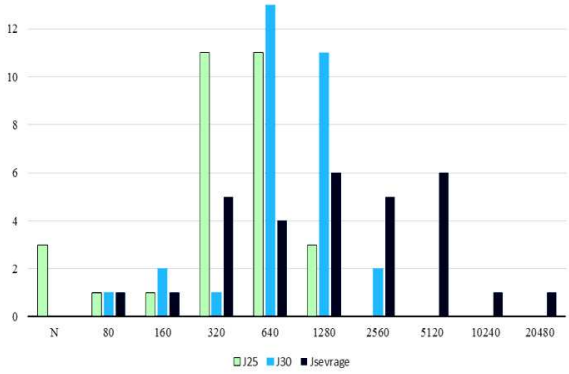
2.1. Résultats des animaux témoins

Les 6 lapines n'ayant pas eu de rappel vaccinal au cours du protocole (à J25) ont des titres en Ac cELISA RHDV-2 stables entre J25 et JSevrage. De plus, les 6 lapereaux non vaccinés sont négatifs en cELISA RHDV-2 à J59. L'absence de signes cliniques durant le protocole ainsi que le résultat des sérologies sur les animaux témoins, adultes ou jeunes, confirment l'absence de circulation virale sauvage de RHDV-2 dans l'élevage.

2.2. Résultats des sérologies sur les lapines (N=30)

Les résultats sont illustrés par la figure 2. A J25, 17 semaines après leur primovaccination avec une injection unique d'ERAVAC®, 3 lapines sur 30, soit 10%, sont sérologiquement négatives en c-ELISA : elles ne présentent pas un niveau en Ac détectable par cette technique. Après vaccination à J25, leurs niveaux en anticorps anti-RHDV2 augmentent : il ne s'agit donc pas de lapines réfractaires à la vaccination.

Figure 2 : Suivi sérologique cELISA RHDV-2 sur lapines après rappel : nombre de lapines en fonction de leurs titres sériques



L'AMM du vaccin prévoit une seule injection en primovaccaination à partir de 30 jours d'âge, avec un rappel 9 mois après ; or dans notre étude 10% des lapines primipares vaccinées à 10 semaines n'ont pas d'anticorps 17 semaines après : il est donc nécessaire de revoir la qualité de la prise vaccinale en élevage pour les jeunes lapines, en prenant en considération les éventuels facteurs de dépression immunitaire (manipulations, changements de cage, première parturition).

Après rappel à J25, toutes les lapines vaccinées, y compris les 3 négatives, ont des anticorps qui montent dès le 5ème jour après vaccination. Les 6 lapines non vaccinées ont des titres stables (tableau 1).

Tableau 1. Moyennes géométriques (GMT) des Ac anti RHDV-2 pour les lapines vaccinées ou non à 25 jours

Vaccination	OUI	NON
GMT J25	475,5	403,2
GMT Jsevrage	1810,2	452,5
facteur multiplicateur	3,8	1,1

2.3. Résultats des sérologies sur les lapereaux

Au sevrage, les titres obtenus par cELISA en anticorps anti-RHDV-2 des 60 lapereaux figurent dans le tableau 2. 66% des lapereaux présentent des anticorps au moment du sevrage. Les lapereaux issus des lapines négatives ou positives avec un titre faible en cELISA sont tous dépourvus d'anticorps.

Tableau 2. Nombre de lapereaux par classes de titres en anticorps anti RHDV-2 (cELISA) en fonction des classes de titres en anticorps anti RHDV-2 de leurs mères (2 lapereaux par lapine) à Jsevrage

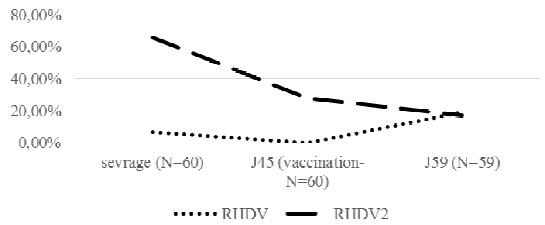
	Titre lapereaux				
Titre mère	0	10	20	40	Total
N	6				6
80	2				2
160		1	1		2
320	10	10	2		22
640	2	9	10	1	22
1280		3	3		6

Les lapereaux ont une transmission d'anticorps par leur mère (anticorps d'origine maternelle = AOM) qui est variable selon le niveau en anticorps de celle-ci ; ce tableau fait apparaître une tendance : les lapereaux qui présentent les titres les plus élevés sont issus de lapines à titres élevés. Cependant, à cet âge, une grande variabilité est observée, tenant tant au niveau du transfert qu'à la durée de vie et à la persistance des AOM.

A J45, jour de la vaccination des lapereaux, 28% ont encore des anticorps anti-RHDV2. Les anticorps RHDV suivent des évolutions similaires à celle des anticorps RHDV-2 (figure 3) ; ainsi la vaccination RHDV-2 a stimulé la production d'anticorps RHDV.

A J59, soit 2 semaines après leur vaccination, seulement 10 lapereaux sur 59 (17%) ont des anticorps par cELISA (figure 3), mais avec une moyenne géométrique des titres en augmentation par rapport à J45 ; le facteur multiplicateur est de 3,8, ce qui est identique à celui des lapines 11 jours après leur rappel de vaccination.

Figure 3. Evolution du % de lapereaux en Ac RHDV et RHDV-2 en cELISA



Les titres en IgM2 des lapereaux à J59 ont été mesurés sur les 59 lapereaux de l'étude. 32% présentent des IgM2 14 jours après vaccination (tableau 3). 12 lapereaux issus de 6 lapines ont des IgM2 relativement élevées et homogènes ; parmi eux, 6 étaient également positifs en cELISA à J59 : ils sont issus des 3 lapines négatives en cELISA à J25, et le titrage des IgG2 sur les prélèvements effectués au moment de la vaccination montrent que ces lapereaux ne présentaient pas d'anticorps au moment de la vaccination.

Le tableau 3 montre que la moyenne géométrique des titres cELISA RHDV-2 à J25 pour les 16 lapines mères des lapereaux sans IgM2 est très supérieure à celle des 6 lapines dont les lapereaux ont tous des IgM2 avec des niveaux élevés ; les lapines dont 1 lapereau seulement est dépourvu d'IgM2 ont un moyenne géométrique de titres intermédiaire.

Tableau 3. Présence d'IgM2 sur les lapereaux 14 j après vaccination selon les lapines mères

	0 lapereau/2	1 lapereau/2	2 lapereaux/2	
Nb Mères	16	8	6	
Nb laperer..	32	8	7	12
	Pas d'IgM2 : 68%		IgM2 : 32%	
cELISA à 25j GMTmères	566	390	N ou 202	

Seize lapereaux négatifs en IgM2 à J59 ont été testés pour les IgG2 à J45, au moment de leur vaccination : tous présentaient des IgG2 au moment du vaccin

Conclusions

Notre étude permet de dessiner une certaine dynamique immunitaire dans un troupeau : il apparaît ici que les lapereaux qui développent le plus rapidement des anticorps après vaccination sont aussi ceux qui ont le moins d'anticorps d'origine maternelle résiduels au moment de cette même vaccination. Inversement, quand les 2 lapereaux suivis dans la portée ne présentaient pas d'IgM2 14 jours après vaccination, ils étaient issus de lapines dont la moyenne géométrique des titres en anticorps anti-RHDV-2 à J25 était la plus élevée.

Cependant, les titres en anticorps, s'ils traduisent une capacité immunitaire, ne peuvent être corrélés à un niveau de protection face à un challenge viral. Néanmoins, des lapines sans anticorps ne sont pas protégées ; ici, 3 lapines sur 30 étaient négatives 4 mois après l'injection de primovaccination.

Ceci met en évidence l'intérêt d'un suivi sérologique pour améliorer les protocoles vaccinaux et les bonnes pratiques de vaccination. En effet, il n'est pas rare de constater des mortalités de primipares (parfois importantes) dans un troupeau vacciné : des facteurs de rupture immunitaires, en venant se superposer à la première mise-bas, pourraient expliquer ces observations. L'intérêt de l'hyper-immunisation des lapines et son impact sur le développement de l'immunité chez le jeune mériterait une étude plus approfondie. En effet, la transmission d'anticorps

d'origine maternelle en plus grande quantité au lapereau et la protection inhérente potentiellement conférée, pourraient être raisonnées en terme de coût/bénéfice pour l'éleveur.

On ne peut conclure une publication scientifique sur la VHD sans souligner l'importance du premier filtre de protection d'un élevage qu'est la biosécurité.

Remerciements

Les auteurs remercient les contributeurs à cette étude : les associés du GAEC ROLLAND, l'équipe technique d'UNEAL ainsi que les vétérinaires de la SELAS SVE.

Références

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Plassiart G., Sraka B., 2011. Description clinique, nécropsique et histologique de cas de Maladie Hémorragique Virale (VHD) à virus variant, survenus dans 60 élevages de lapins de chairs (*Oryctolagus cuniculus*) vaccinés ou non vaccinés en France en 201-2011. *14èmes J. Rech. Cunicole , Le Mans*, 143-146.

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Minor O., 2016. Questions d'actualités sur la VHD à virus variant RHDV2. *Compte-rendu de la Journée Nationale ITAVI sur l'élevage du lapin de chair, 16 novembre 2016, Pacé, France*, 51-56.

Boucher S., Le Gall-Reculé G., Le Normand B., Bertagnoli S., Guérin J-L., Decors A., Marchandeau S., Plassiart G., 2012. Aspects cliniques de la maladie hémorragique virale due au virus variant 2010. *Le Point Vétérinaire* 327 : 35-38.

Boucher S., Nouaille L., 2013. Maladies des lapins. *France Agricole Paris, 3e éd*, p. 128-135.

Le Gall-Reculé G, Boucher S. 2017. Connaissances et actualités sur la maladie hémorragique virale du lapin.. *17èmes Journées de la Recherche cunicole, Le Mans ,* 97-110

Le Gall-Reculé G., Lavazza A., Marchandeau S., Bertagnoli S., Zwingelstein F., Cavadini P., Martinelli N., Lombardi G., Guérin J-L., Lemaitre E., Decors A., Boucher S., Le Normand B., Capucci L. 2013. Emergence of a new lagovirus related to rabbit haemorrhagic disease virus. *Vet. Res.* 44 :81 (13 pp)

Hystérotomies en vue du transfert de lapereaux d'un bâtiment d'élevage vers un autre sans introduction de microbisme.

S. Boucher[1*], S. Sauvaget[1], G. Lenoir[2], V. Dupont[2], C. Herbert[2]

[1] LABOVET Conseil (Réseau Cristal), BP 539 85505 LES HERBIERS cedex
[2] HYCOLE, Route de Villers Plouich, 59159 MARCOING

*Correspondant : s.boucher@labovet.fr

Résumé – Afin de pouvoir entrer un nouveau cheptel sans risquer d'introduire des agents pathogènes nouveaux au milieu d'un cheptel déjà en place, il a été décidé de procéder à des hystérotomies, un jour avant la date de mise bas présumée, et de faire adopter les jeunes n'ayant jamais été au contact de leur mère biologique aux mères adoptives synchronisées ayant mis bas dans la salle d'adoption. Le protocole anesthésique prévoit une prémédication avec du bromure de glycopyrronium à la dose de 0,01 mg/kg de poids vif, du diazépam 1 mg/Kg de poids vif, et du chlorhydrate de morphine 2 mg/Kg de poids vif par voie sous cutanée. Puis, une anesthésie fixe à l'aide d'alfaxalone à 4mg/Kg PV par voie intraveineuse très lente puis en entretien à une vitesse de 0,1 mg/kg/minute. L'hystérotomie a été réalisée à l'aide d'instruments jetables sur 84 lapines avec un taux de survie des lapereaux de 82% au lendemain de l'opération. La technique a permis de ne pas introduire de nouveau microbisme dans les salles d'élevage malgré l'introduction d'un nouveau cheptel.

Abstract – Hysterotomies for the transfer of young rabbits from one breeding house to another without introduction of microbism In order to be able to bring in a new herd without the risk of introducing new pathogens in the midst of an existing herd, it was decided to do hysterotomies, one day before the supposed date of kindling, and to put in adoption kits which have never been in contact with their biological mother, to synchronized adoptive mothers who have kindled in the adoption room. The anaesthesia protocol was provided for premedication with glycopyrronium bromide at a dose of 0.01 mg / kg body weight, diazepam 1 mg / kg body weight, and morphine hydrochloride 2 mg / kg body weight skin. Then, fixed anaesthesia was obtained with alfaxalone at 4mg / kg PV provided intravenously very slowly and then maintained at a rate of 0.1 mg / kg / minute. The hysterotomy was performed using disposable instruments on 84 rabbits with a rabbit survival rate of 82% after the operation. The technique has made it possible the absence of introduction of new pathogens into the breeding rooms despite the introduction of a new herd.

.

Introduction

La biosécurité est une priorité dans une station de sélection d'animaux de rente. Afin de pouvoir entrer un nouveau cheptel sans risquer d'introduire des agents pathogènes nouveaux au milieu d'un cheptel déjà en place, il a été décidé de procéder à des hystérotomies, un jour avant la date de mise bas présumée, et de faire adopter les jeunes n'ayant jamais été au contact de leur mère biologique aux mères adoptives synchronisées ayant mis bas dans la salle d'adoption.

Dans chaque salle, une gestion rigoureuse des intrants et une bonne hygiène des animaliers qui se douchent et changent d'habit avant de rentrer dans les salles est mise en place. Un sens de circulation est défini pour éviter toute contamination. Dès lors, il n'est pas envisageable d'entrer des animaux provenant d'un autre site dans une salle déjà en fonctionnement. Le choix d'entrer les lapins correspondant au nouveau cheptel le plus jeunes possible - prélevés stérilement dans l'utérus de leur mère biologique- et de les faire adopter par des femelles déjà en place dans la salle est donc justifié par cette politique sanitaire stricte.

A ce jour, il n'y a pas de procédure consensuelle écrite pour ce type de transfert. Nous en avons donc établi une qui nous a semblée logique.

1. Matériel et méthode

1.1 Matériel

1.1.1 Les lapines mères

L'étude a porté sur 84 femelles de souche Hycole de lignée X ayant une masse moyenne de 7,150 Kg. Elles ont été inséminées 30 jours avant l'opération chirurgicale, comme les femelles devant adopter.

1.1.2. Les molécules

Prémédication

Trois molécules ont été employées :

- Bromure de glycopyrronium à la dose de 0,01 mg/kg de poids vif, par voie sous cutanée
- Diazépam 1 mg/kg de poids vif, par voie sous cutanée

- Chlorhydrate de morphine 2 mg/kg de poids vif par voie sous cutanée.

Anesthésie
Deux anesthésiques ont été employés :
- Alfaxalone à 4mg/kg PV par voie intraveineuse très lente puis en entretien à une vitesse de 0,1 mg/kg/minute (Grint et al 2007).
- Kétamine par voie intraveineuse à 10 mg/kg PV si l'anesthésie avec l'alfaxalone n'était pas suffisamment profonde.

Réveil et stimulation des lapereaux
- Chlorhydrate monohydraté de doxapram dosé à 17,4 mg/ml à raison d'une goutte par lapereau en intranasal

Désinfection des zones opératoires
- Povidone iodée en solution prête à l'emploi dosée à 100mg/ml
- Alcool modifié à 70°.

1.1.3. Les instruments
- Cathéter 22 gouges avec ailettes 25 mm
- Champ stérile jetable préencollé
- Scalpel jetable lame N°10,
- Ciseaux droits de Mayo N°18,
- Pince à dents de souris en métal jetable

1.2. La méthode

1.2.1. Préparation et prémédication des lapines
Dans leur élevage d'origine, les lapines gestantes ont été tondues très ras au niveau du sternum à 3 cm en dessous du nombril juste avant la prémédication. Elles ont ensuite été transportées dans une pièce chauffée où elles ont été prémédiquées par injection intramusculaire de bromure de glycopyrronium, de diazépam et de morphine puis, 20 mn après, on leur a posé un cathéter dans une des veines marginales des oreilles (Boussarie et al. 2002).
Leur peau a ensuite été désinfectée sur la zone à opérer avec deux passages alternant alcool modifié puis povidone iodée, déposés à l'aide d'une compresse du centre vers la périphérie de la zone opératoire.

1.2.2. Anesthésie
A leur arrivée dans la salle d'opération, les lapines ont reçu l'alfaxalone par voie intraveineuse très lente et leur endormissement surveillé est survenu à peu près à la moitié de l'injection. Puis, elles ont été attachées sur le dos sur la table d'opération. Le reste du produit anesthésique a été alors injecté. Une dernière désinfection à l'aide d'alcool et de povidone iodée est réalisée. Le champ jetable stérile a été collé autour de la zone opératoire de manière à laisser une zone centrale désinfectée allant du pubis à 10 cm au-dessus du nombril. La lapine est complètement recouverte par le champ. Sur certaines rares lapines (environ 5%) qui ne présentaient pas de signes de sommeil jugés suffisamment profond, on a pu ajouter de la kétamine par voie intraveineuse (Boussarie et al. 2002, Boucher et Nouaille 2013).

1.2.3. Hystérotomie
L'incision du plan cutané a été réalisée de la zone ombilicale en remontant sur environ 7 cm de manière à mettre en évidence la ligne blanche. Pour cela, à l'aide de ciseaux, la peau et la glande mammaire ont été séparées du plan musculaire et légèrement réclinés laissant apparaître le plan musculaire. A l'aide d'une pince à dents de souris, ce plan a été soulevé et une boutonnière réalisée en prenant soin de ne pas léser les organes sous-jacents (cæcum, intestin grêle et/ou utérus). Une première corne utérine a été sortie. Avec les ciseaux, l'intervenant a réalisé une ouverture longitudinale de 3 cm en prenant soin de ne pas léser les vaisseaux sanguins les plus gros. Les lapereaux ont alors été sortis un par un avec leur placenta et leurs enveloppes par cette ouverture. La seconde corne a été ensuite extraite de l'abdomen puis - de la même manière - les lapereaux ont été sortis.
Les femelles, après l'opération, ont été euthanasiées à l'aide d'une injection intraveineuse de 1 ml de $T61_{ND}$. L'arrêt des battements cardiaques a été constaté à l'aide d'un stéthoscope.

1.2.4. Prélèvements bactériologiques
Lorsqu'un lapereau mort-né présentant des signes de décomposition a pu être trouvé, nous avons réalisé un prélèvement à l'aide d'un écouvillon sur le placenta et dans la corne utérine. Cet échantillon a été analysé afin de chercher d'éventuels agents pathogènes bactériens.

1.2.5. Nursing des lapereaux
Les lapereaux ont été débarrassés de leurs enveloppes le plus rapidement possible et le cordon ombilica a été sectionné par traction comme le ferait une naissance naturelle. Le jeune a donc été séparé ainsi de son placenta par le chirurgien. Un assistant a récupère très rapidement le petit dans un papier absorbant puis il l'a transporté dans une pièce adjacente destinée à servir de nurserie.
Là, les lapereaux ont été massés de manière à leur faire excréter les sécrétions nasales qu'ils auraient pu avaler et une goutte de chlorhydrate monohydraté de doxapram a été déposée à l'entrée des narines. Une fois qu'ils respirent correctement et qu'ils ont été séchés, ils ont été placés par fratrie dans un nid artificiel constitué de copeaux désinfectés bien secs et de talc absorbant, disposés dans une boîte en carton neuve, sous une lampe chauffante de manière à maintenir une température de 28 à 30 °C au sein du nid. Cette température était contrôlée en permanence à l'aide d'un thermomètre placé dans le nid. Les nids et les petits ont ensuite été transportés, toujours dans un véhicule chauffé à 25°C, dans la salle d'élevage où les jeunes ont été adoptés. Un transport a été organisé toutes les heures sans attendre la fin des opérations d'hystérotomie des mères donneuses.

1.2.6. Adoption
La personne qui réceptionne les lapereaux était déjà présente dans l'élevage, douchée et habillée avec les

habits habituellement destinés au travail dans la salle d'adoption. La boîte en carton contenant les jeunes a été amenée au sas d'entrée d'élevage où l'animalier en place a prélèvé les lapereaux pour les mettre dans un nid d'adoption. Ce nid contenait des copeaux neufs, désinfectés et talqués et des poils de la future mère adoptive qui avait mis bas la veille et à qui on avait enlevé ses petits. Les nids ont été placés à 22°C puis on les a mis dans la cage de la mère adoptive. Elle a été incitée à allaiter ses lapereaux adoptés. Certains lapereaux étaient un peu faibles et avaient du mal à téter. (aucun tri n'avait été fait à ce stade et les lapereaux jugés habituellement non viables ont été gardés) Les trop petits sujets et ceux qui n'ont pas bu dans les douze heures, souvent froids, ont été éliminés éthiquement le lendemain.

2. Résultats

L'hystérotomie de l'ensemble des 84 lapines s'est déroulée sur 2 journées avec 2 chirurgiens expérimentés opérant en simultané, et aidés par une équipe d'accompagnants entraînés aux opérations chirurgicales.

Sur 700 lapereaux nés vivants artificiellement un jour avant la date présumée de la mise bas de leur mère (les quelques morts nés n'ont pas été comptabilisés), le taux de survie des lapereaux le lendemain de la césarienne a été de 82%. Néanmoins, comme dans tous les élevages de chair, il s'est avéré nécessaire d'effectuer un tri des jeunes afin de ne conserver que ceux qui étaient suffisamment développés pour bien téter et grandir correctement. Il restait au sevrage 65% des animaux issus de césarienne.

L'examen bactériologique des annexes et des embryons morts n'a pas permis d'isoler d'agent pathogène bactérien.

3. Discussion

Outre les hystérotomies, plusieurs autres techniques existent pour introduire un nouveau troupeau dans une salle sans qu'il apporte son propre microbisme. Certaines publications font état de la récupération des lapereaux lors d'une mise bas sous surveillance, avant même que la mère ne les touche. Nous n'avons pas choisi cette technique pensant qu'il y avait un risque que le passage de la filière pelvienne soit source de contamination des lapereaux, notamment lors de leur contact avec les poils de la mère biologique.

La transplantation d'embryons est une autre technique utilisable (Joly 1997). A ce jour elle est techniquement plus lourde puisqu'elle nécessite la préparation hormonale des donneuses sur trois jours, leur sacrifice, la préparation des embryons puis leur réimplantation par voie trans-utérine à des receveuses obligeant à une laparotomie. Le taux de réussite n'est pas encore optimisé, laissant une place à la technique de l'hystérotomie puis de l'adoption.

Concernant le protocole anesthésique, nous avons fait le choix de prémédiquer les lapines avec 3 molécules différentes.

Le bromure de glycopyrronium remplace l'atropine d'un protocole plus habituel. En effet, certains lapins ayant des atropinases, il est préférable de ne pas utiliser cette molécule chez eux. La molécule de remplacement choisie est un anti-cholinergique de synthèse. Il inhibe l'action de l'acétylcholine sur les structures innervées par les fibres cholinergiques post ganglionnaires et sur les muscles lisses dépourvus d'innervation cholinergique mais répondant à l'acétylcholine. Ainsi, il diminue et contrôle les sécrétions salivaire, pharyngée et trachéobronchique. Il réduit le volume et l'acidité libre de la sécrétion gastrique, ainsi que la motilité intestinale.

La réduction du risque de choc vagal persiste 2 à 3 heures et l'effet antisialagogue jusqu'à 7 heures après administration.

L'effet maximal du bromure de glycopyrronium est obtenu environ 30 minutes après une administration sous-cutanée ou intramusculaire. Il n'est pas indiqué en cas de gestation car une diminution dose-dépendante du taux de conception et de survie au sevrage a été observée chez le rat, ce qui aurait pu être un frein à son emploi dans ce protocole. Cependant, nous avons jugé le rapport bénéfice/risque de son utilisation comme positif mesurant que l'anesthésie serait légère et de courte durée pour ne pas trop anesthésier les lapereaux.

Le diazépam est un activateur allostérique des récepteurs aux benzodiazépines, complexe protéique en relation avec les récepteurs du GABA (acide gamma-aminobutyrique). Le GABA est un neurotransmetteur inhibiteur, il réduit l'excitabilité du neurone post-synaptique et joue le rôle de "calmant" du système nerveux central. Le diazépam et ses trois métabolites sont pharmacologiquement actifs, avec une demi-vie d'élimination plasmatique pour le nordazépam de 30 à 150 heures.

Le chlorhydrate de morphine est l'antidouleur de référence, l'un des plus efficaces. Il est choisi ici du fait de la quasi absence d'analgésie conférée par l'emploi de l'alfaxalone. Il agit en activant les récepteurs opiacés (récepteur μ). Il induit une analgésie profonde, bienvenue lors d'opération douloureuse sur la matrice utérine. Elle confère aussi parfois une dépression respiratoire qui a été surveillée tout au long des opérations. Nous n'avons pas eu à utiliser d'oxygène.

La molécule choisie pour l'anesthésie est l'alfaxalone (Gil et al 2012). Elle est choisie pour des opérations pouvant durer jusqu'à une heure. Son innocuité n'a pas été établie en cas de gravidité. Toutefois, des études utilisant l'alfaxalone chez des lapines gravides n'ont pas montré d'effet nuisible sur la gestation des animaux traités, ou sur la performance reproductrice

de leur descendance ce qui nous importait ici. Les doses d'entretien du médicament ont été administrées en cas de nécessité sous forme de bolus supplémentaires. Lorsque ce médicament est utilisé en entretien de l'anesthésie pour des interventions d'une durée supérieure à 5 - 10 minutes, un cathéter est laissé dans la veine, ce qui permet d'injecter de petites quantités du médicament pour conserver le niveau requis d'anesthésie et prolonger sa durée.

La kétamine a été utilisée par voie intraveineuse lorsque l'anesthésie avec l'alfaxalone n'était pas suffisamment profonde. La kétamine bloque les influx nerveux au niveau du cortex cérébral avec une certaine activation des régions sous-jacentes d'où un effet dissociatif de l'anesthésie avec d'une part une narcose et une analgésie superficielles et d'autre part l'absence de dépressions bulbaire, la conservation du tonus musculaire et le maintien de certains réflexes (comme celui de la déglutition). L'innocuité du produit n'a pas été établie chez la femelle pendant la gestation mais l'opération étant l'étape finale de la gestation, il ne nous a pas semblé utile d'en tenir compte. L'utilisation de cette molécule a été réduite au minimum de manière à ne pas anesthésier les petits en même temps que leur mère (Maroiller 2014).

Pour stimuler le réveil des lapereaux nous avons choisi l'emploi de doxapram. Il possède la propriété unique de stimuler la respiration à doses considérablement inférieures à celles requises pour provoquer une excitation du cortex cérébral.

Chez les sujets anesthésiés, en plus de son action stimulante de la respiration, le doxapram provoque un raccourcissement du temps de réveil. Le choix de cette molécule était donc essentiel sur les lapereaux nés par césarienne.

La technique mise en place impose de travailler sur des lapereaux légèrement prématurés. Le transfert de tels lapereaux prématurés et non allaités de la salle de réveil à la salle d'élevage s'est fait dans un véhicule chauffé à 25°C. En passant par un sas non chauffé, nous avons mis les lapereaux directement dans les nids des lapines adoptives comme nous le faisons lors d'adoption de lapereau non prématuré, allaité et de bonne taille. Pour des lapereaux issus de césarienne, nous aurions sans doute gagné à prévoir sur le site d'adoption (au niveau du sas) une pièce d'accueil chauffée à 25°C avec des lampes chauffantes ou des radiants. Nous avons pris soin de renforcer la quantité de copeaux et de poils de chaque nid quelques heures après l'adoption. Si nous avions fait cette opération quelques heures plus tôt, certains sujets qui avaient du mal à boire et se sont refroidis auraient sans doute pu être sauvés. Enfin, certaines femelles ont dû être forcées à allaiter et quelques autres ont mangé les petits mis en adoption, ceci étant peut-être à mettre en relation avec le refroidissement de certains sujets plus faibles. La relative faiblesse des lapereaux issus de césarienne qui ne tètent pas toujours très bien nous font penser que la présentation de la femelle aux lapereaux toutes les heures jusqu'à ce qu'ils aient bu est préférable et permet de fermer la boîte à nids, empêchant ainsi le cannibalisme de certaines mères.

Conclusion

Plusieurs semaines après cette opération, nous avons constaté que les lapins issus d'hystérotomie sont viables, d'un poids comparable à celui de leurs congénères de même lignée nés naturellement. Nous n'avons pas eu à déplorer l'introduction de microbisme nouveau dans la salle concernée par les adoptions.

Références

Boucher S., Nouaille L., 2013, Maladie des lapins, *3ème édition, France agricole,* pages 296 - 306

Boussarie D., Schilliger L., Rival F. 2002. Vademecum d'anesthésie des NAC. Medcom Paris, 128 pp.

Gil A.G., Silvan G., Villa A., Illera J.C., 2012. Heart and respiratory rates and adrenal response to propofol or alfaxalone in rabbits. *Veterinary Record*, 170 (17): 444-445.

Grint N.J., Smith A.H.A., Senior J.M., 2007. A comparison of two doses of alfaxalone used for intravenous induction of anaesthesia in rabbits. *In Association of Veterinary Anaesthetists Autumn Meeting, Leipzig, Germany*

Joly T. 1997. Etablissement d'une cryobanque de semence ou d'embryons pour la conservation *ex situ* de la diversité génétique chez les mammifères domestiques : exemple du lapin *Oryctolagus cuniculus. Thèse de Doctorat en Génétique, Lyon INSA. 143 pp.*

Maroiller L., 2014. Comparaison de différents protocoles d'anesthésie pour la césarienne programmée chez la chienne : étude préliminaire concernant la mère. *Thèse medecine vétérinaire,* Lyon, 83 pp

Carcasses et Valorisation des viandes

Effet de la consommation d'eau avant abattage sur le rendement en carcasse du lapin de chair

C. Gohier[1*], F.X. Menini[1], A. Bourdillon[1], P. Tetrel[2]

[1] *Mixscience, 2/4 Avenue de Ker Lann, 35172 Bruz Cedex, France*
[2] *Sanders Ouest, Le Pont d'Etrelles, 35370 Etrelles, France*

* Correspondant : charly.gohier@mixscience.eu

Résumé - L'effet sur les performances d'abattage en fonction de la modulation de l'apport en eau au cours de la journée précédant cet abattage, a été étudié au cours de deux séries de mesures. Pour chaque essai, deux lots de 100 lapins ont été mis en place : un lot ayant accès à l'eau toute la nuit jusqu'à 1h avant l'abattage réalisé le matin (lot E) et un lot n'ayant plus accès à l'eau dès 14h avant l'abattage (lot R). Une diète hydrique avait été mise en place pour tous les lapins 15h avant l'abattage. L'abattage a été effectué à l'abattoir du site d'élevage (absence de transport). Les poids de carcasse chauds et froids ainsi que les rendements de carcasse associés (poids vif de référence mesuré 14h avant l'abattage) ont été significativement plus faibles lorsque l'accès à l'eau a été coupé : rendement de 53,8% vs 54,1% pour les lots R et E. La perte au ressuyage observée était variable d'une série de mesure à l'autre (2,4% en moyenne), mais l'effet de la durée de disponibilité de l'eau de boisson n'était pas significatif. Sur l'ensemble des deux séries de mesures, le taux de saisie après abattage n'a pas été significativement modifié par la restriction en eau (2,2% en moyenne). Cette étude montre que dans les conditions expérimentales d'abattage, notamment avec l'absence de transport, la possibilité pour les lapins de s'abreuver jusqu'à 1h avant abattage semble avoir un effet positif sur les poids et les rendements de carcasse en comparaison avec la une suppression de l'accès à l'eau de boisson mise en place à partir de 14h avant abattage.

Abstract – Effect of water intake before slaughtering on rabbit carcass yield
Two successive sets of measures were conducted to investigate the effect of water availability before slaughtering on rabbit carcass yields. In each of the two series, 200 rabbits were divided into two different groups: water withdrawal 14h before slaughter (R) or full access to water up to 1h before slaughtering (E). A solid feed withdrawal was applied 15h before slaughtering to all rabbits. The slaughter was carried out on the raising site (no transport). Warm and cold carcass weights as well as carcass yields (reference liveweight measured 14h before slaughtering) were significantly lower for R group: slaughter yield of 53.8% vs 54.1% for group E. Water loss during carcass refrigeration varied from one series of measures to another, with an average of 2.4%, but water availability effect was not significant. On average carcass seizure rate was not significantly modified by water restriction : 2.2% on average. This study shows that under the experimental conditions of slaughter, especially with the absence of transport, the possibility for rabbits to drink until 1h before slaughter seems to have a positive effect on the weight and the carcass yield in comparison to a water restriction set up from 14h before slaughter.

Introduction

Certains abattoirs prennent en compte le rendement de carcasse des lots de lapins dans le prix payé aux producteurs. Des travaux avaient été mis en place pour mesurer l'effet de la durée de mise à jeun avant l'abattage sur le rendement de carcasse du lapin de chair (Lebas, 1969 ; Salaün *et al.*, 2009). Ils avaient notamment mis en avant l'influence de la durée de mise à jeun sur le rendement de carcasse en fonction de l'heure de ramassage. En plus d'une une mise à jeun alimentaire, lors du transport qui suit le ramassage, les lapins doivent également faire face à une restriction en eau. Peu d'études ont été réalisées pour montrer l'effet de la durée de la restriction hydrique sur le rendement de carcasse de lapins de chair. Une étude (Ouhayoun *et al.*, 1994) rapportait que la durée de la diète hydrique réduisait le rendement de carcasse comparativement à un lot en alimentation à volonté jusqu'au moment de l'abattage. Mais il n'y a pas d'étude ayant comparé l'effet d'une diète hydrique par rapport à une diète totale.

Il est important de rappeler que pour les porcs la présence d'eau pendant le transport est une exigence pour les voyages de longue durée. Les révisions de normes et exigences concernant le bien-être animal durant le transport sont toujours discutées au sein des instances européennes. C'est dans ce contexte que cette étude a été menée. Notre essai a pour objectif de mettre en évidence l'effet de la durée de restriction en eau dont la durée varie fortement selon l'heure de ramassage, la durée de transport et le temps d'attente sur le quai avant abattage.

1. Matériel et méthodes

L'essai a été réalisé chez un éleveur-abatteur du réseau EIREL (réseau d'Eleveurs pour l'Innovation et la Recherche En Lapin) de Mixscience.

1.1. Animaux et mesures

Les animaux utilisés lors de cet essai ont été sevrés à l'âge de 35 jours. Cet essai a été répété à deux reprises : la 1e série de mesures a eu lieu au mois de février et la seconde au mois de juin. Pour chaque série, le protocole suivant a été appliqué sur 200 lapins:

-J71 à 17h00, soit 15h avant abattage : suppression de l'accès à l'aliment pour tous les animaux.

-J71 à 18h00, soit 14h avant abattage : pesée individuelle des animaux et mise en lot. La moitié des lapins conserve un accès à l'eau de boisson (lot E, diète hydrique), l'autre moitié est mise à la diète totale (lot R , ni eau, ni aliment).

-J72 à 7h00, soit 1h avant abattage : pesée individuelle (de la moitié des lapins lors de la 1e série, de tous les lapins lors de la seconde) afin d'observer l'impact de la restriction en eau sur le PV au cours de la nuit, et suppression de l'accès à l'eau de boisson pour les lapins du lot E.

-J72 à partir de 8h00 : abattage des lapins, par groupes alternés.

La mise en lot des lapins s'est effectuée en fonction du Poids Vif (PV) individuel, avec une proportion de mâles et de femelles identique entre les deux lots. Au sein d'un même lot, les lapins provenaient de la même salle et étaient tous issus de mères multipares.

1.2. Protocole d'abattage

L'abattage, ayant duré 2h, s'est fait par sous-groupe d'une cinquantaine de lapins de manière à intervertir l'ordre d'abattage entre les deux lots. Les carcasses, dépourvues de manchons, ont été pesées à la fin de la chaine d'abattage afin de déterminer le Poids de Carcasse Chaude (PCC). Les carcasses ont ensuite été mises en chambre froides ventilée à 4°C. Chaque carcasse y est restée pendant une durée de 2h selon la pratique habituelle de l'abattoir. Après refroidissement, les carcasses ont été pesées (avec la tête, le cœur et les poumons). Le Rendement de Carcasse Chaud (RCC) est calculé selon le rapport du PCC sur le PV à 71j établi lors de la mise en lot initiale. Le Rendement de Carcasse Froide (RCF) est calculé selon le rapport du Poids de Carcasse Froide (PCF) sur le PV à 71j. Les saisies partielles et totales ont été relevées et cumulées pour définir un taux de saisies par lot. Le poids du foie n'a pu être relevé qu'au cours de la seconde série de mesures, également après refroidissement des carcasses.

1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 3.4.3). L'analyse de covariance a été utilisée pour étudier les différents paramètres de résultats d'abattage sur les deux séries de mesures, intégrant les effets du lot, de la série, du sexe ainsi que du PV individuel à la mise en lot en covariable. Les taux de saisies ont été analysés à l'aide d'un test du chi-deux.

2. Résultats

Les résultats des deux séries de mesures sont présentés dans le tableau 1. La 1e série a révélé une perte de poids au cours de la nuit plus marquée pour le lot R par rapport au lot E (PV à 72j supérieur de 167g pour ce dernier). La possibilité de s'abreuver jusqu'à 1h avant l'abattage pour ce dernier lot explique logiquement cette différence. Cet écart est légèrement moins marqué au cours de la 2nde série avec une perte de PV de nouveau plus importante pour le lot R que pour le lot E (PV à 72j supérieur de 36g pour ce dernier). L'effet du traitement ressort comme étant significatif ($P<0.001$) sur le PV 72j (1h avant abattage) ainsi que sur la perte de poids exprimée en pourcentage. Le fait que le pourcentage de perte de PV du 71e au 72e jour soit légèrement plus important pour les lapins du lot E de la 1e série (5.0%) comparativement aux lapins du lot E de la 2nde série (4.3%) laisse penser que ces derniers se sont davantage abreuvés au cours de la nuit. Mais la mesure de la consommation d'eau ne pouvant être relevée de manière suffisamment précise, il n'a pas été possible de vérifier cette hypothèse.

Le PCC est plus faible pour le lot R dans les deux séries de mesures (effet traitement significatif, $P<0,05$). Cet écart est de 19 g sur la 1e série et de 16 g sur la 2nde par rapport au PCC du lot E. Ces PCC plus faibles pour le lot R font le lien avec les RCC également plus faibles pour ce lot dans les deux séries de mesures (respectivement -0,5% et -0,4% par rapport au lot E, effet traitement significatif, $P<0,05$). Le PCF sur la 1e série est plus faible pour le lot R (-2g par rapport au lot E) conduisant à un RCF également plus faible de -0,7%. Lors de la 2nde série, le PCF est également plus faible pour le lot R mais l'écart entre les deux lots est nettement moins important (6 g d'écart). D'ailleurs le RCF des deux lots pour cette 2nde série est identique à 53,9%. Pour ces deux derniers paramètres, l'effet traitement ressort significatif ($P<0,05$). La perte en eau au ressuyage au cours des 2h de refroidissement en chambre froide révèle une interaction significative entre la série et le traitement ($P<0,001$). Cela suggère que la perte au ressuyage varie d'une série à l'autre sans nécessairement varier dans le même sens. En effet, l'écart entre les deux lots a été nettement plus marqué lors de la 2nde série : écart de -0,2% en pour le lot E au cours de la 1e série, écart de +0,6% au cours de la 2nde série.

Le poids du foie relevé lors de la 2nde série de mesures n'était pas significativement différent entre les deux

Tableau 1 : Résultats d'abattage des lots R et E

	Série 1		Série 2				
Lot :	R	E	R	E	CVr (%)	Effet traitement	interaction Série*Trt
Mesures sur lapins							
PV à 71j (g)	2566	2571	2471	2467	8.8	NS	NS
PV à 72j 1h avant abattage (g)	*2363 (i)*	*2530 (i)*	*2324*	*2360*	*8.6*	***	*NS*
% perte de poids 71-72j (% du PV 71j)	*6.9 (i)*	*5.0 (i)*	*5.9*	*4.3*	*39.4*	***	*NS*
PC chaude (g) (j)	1413	1432	1368	1384	3.5	*	NS
Rendement chaud (% de PV 71j) (j)	55.1	55.6	55.0	55.4	3.5	*	NS
PC froide (g) (j)	1375	1397	1342	1348	3.5	*	NS
Rendement froid (% de PV 71j) (j)	53.6	54.3	53.9	53.9	3.5	*	T
% ressuyage (% PC chaude) (j)	2.6	2.4	2.0	2.6	31.6	T	***
Taux de saisies (%)	1.0	0.0	3.9	3.8	-	NS	-
Mesures sur découpe							
Poids foie (g) (j)			52.5	51.6	7.7	NS	-
% Foie (% de PC froide) (j)			3.9	3.8	14.8	NS	-

PV : Poids Vif – PC : Poids de Carcasse – CVr, % : coefficient de variation résiduel
*T : P≤0.10 ; * : P ≤0,05 ; *** : P ≤0,001 ; NS : Non Significatif*
(i) défini à partir de 50% de l'effectif total (lapins sélectionnés au hasard)
(j) calculé sur un effectif de lapins retenus hors saisies, hors aberrants

lots de même que le rendement en foie exprimé en fonction du PCF.

Il n'y a pas eu d'effet significatif lié au mode d'abreuvement sur les taux de saisies au cours des deux séries de mesures.

3. Discussion

Suite aux observations faites au cours des deux séries de mesure, cette étude montre que la restriction en eau est susceptible d'influencer négativement le PCC, le PCF, le RCC et le RCF. La perte au ressuyage semble quant à elle varier d'une série de mesure à une autre. Il convient toutefois de retenir que la méthode d'abattage adoptée dans cette étude est susceptible de se différencier des méthodes d'abattage industrielles de par le type de découpe, le délai entre la pesée à vif et l'abattage (faible fréquence d'abattage) et la durée et méthode de ressuyage (à noter qu'au cours de l'étude la température finale des carcasses n'a pas été relevée). Cette étude apporte des éléments concrets pour appréhender l'effet d'une restriction en eau sur les résultats d'abattage mais il ne serait pour autant pas pertinent de transposer ces résultats à un contexte d'abattage industriel où les procédures d'abattages diffèrent sensiblement.

Au cours de cet essai, seuls les rendements de carcasse dans leur globalité ont été relevés. Il serait pertinent d'investiguer l'effet d'une restriction en eau sur les rendements par pièce après découpe des carcasses afin d'en évaluer l'impact sur les différents morceaux de viande étant donné qu'il a été démontré que la teneur en eau varie d'un morceau à un autre (Combes, 2004).

Lors de cet essai, les lapins n'ont pas subi de transport. Or, certaines études ont démontré l'influence du simple effet de la durée du transport indépendamment de l'accès ou non à l'eau sur le rendement de carcasse (Ouhayoun *et al.*, 1994 et Salaun *et al.*, 2009). Il serait donc indispensable d'intégrer cet effet avant de conclure sur l'incidence de la durée d'une restriction hydrique sur le rendement à l'abattage.

Par ailleurs, le poids de référence pris ici dans notre étude (PV71j à 18h00) pour déterminer le rendement a été choisi afin de déterminer l'effet d'une restriction en eau dans le cas d'un ramassage ayant lieu la veille de l'abattage afin de resituer cette étude dans le contexte des considérations actuelles de bien-être animal liées au transport des animaux. Il faut toutefois souligner qu'en réalité, la durée de transport ajoutée à la durée d'attente sur le quai d'abattage est très variable d'un lot ramassé à un autre. Pour être comparable à certains cas rencontrés dans la réalité il pourrait être pertinent de reconduire l'étude en réduisant la durée de restriction hydrique (ici 14h).

Enfin, un levier qui pourrait faciliter l'hydratation des cellules musculaires et donc potentiellement favoriser les rendements pourrait être l'utilisation d'une solution isotonique comme cela été le cas dans l'étude de Mathé *et al.* (2001) réalisée sur des porcs charcutiers. Ce type de solution a notamment permis d'améliorer la qualité de la viande, aspect n'ayant pas été étudié ici. A noter également que la qualité de l'eau n'a pas été analysée au cours de cette étude. Il aurait été pertinent d'en mesurer l'osmolarité de manière à pouvoir étudier plus précisément son effet sur la tonicité des cellules musculaires et donc sur la rétention en eau susceptible de jouer sur les rendements. Ce type d'analyse aurait peut-être permis d'apporter des éléments qui permettraient d'expliquer les effets observés sur les rendements et sur la perte au ressuyage variant d'une série de mesure à une autre.

Conclusions

Cette étude montre que la possibilité pour les lapins de s'abreuver jusqu'à 1h avant abattage semble avoir un effet positif sur les poids et les rendements de carcasse en comparaison à une restriction hydrique mise en place à partir de 14h avant abattage. Il conviendrait de reconduire cette étude dans un contexte d'abattage industriel précédé d'un transport en camion avant de tirer des conclusions qui pourraient être transposables au contexte de la filière cunicole. Des mesures de l'état de stress subi par les animaux serait également pertinentes pour évaluer l'effet de la consommation d'eau sur le bien-être des lapins.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel de l'élevage et de l'abattoir ayant contribué à cette étude pour leur implication dans la réalisation des abattages et la récolte de données.

Références

Combes S., 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRA Prod. Anim.,* 17 (5), 373-383.

Lebas F., 1969. Influence du jeûne et du transport sur les performances d'abattage de lapins âgés de 12 semaines. *C.R. Acad. Agric*., 55, 1007-1010.

Mathé D., Flesselle S., Le Treut Y., Vasseur H., Guillou D., 2001. Influence de la distribution d'une boisson isotonique les jours précédant le départ à l'abattoir sur le pH post mortem de la viande de porc. *Journ. Rech. Porc. Fr*., 33, 87-93.

Ouhayoun J., Lebas F., 1994. Effets de la diète hydrique, du transport et de l'attente avant l'abattage sur les composantes du rendement et sur les caractéristiques physico-chimiques musculaires. *6èmes Journ. Rech. Cunic., La Rochelle*, 443-448.

Salaün JM., Renouf B., Picot A., 2009. Effet de la durée de la mise à jeun en fonction de l'heure de départ vers l'abattoir sur le rendement carcasse du lapin. *13èmes Journ. Rech. Cunic. Le Mans,* 162-165.

La viande de lapins ayant reçu des aliments enrichis en DHA peut être une solution intéressante pour contribuer à couvrir les besoins de l'homme en cet acide gras essentiel – une revue

Van Lissum M.[1], Delarue J.[2], Lebas F.[3], Prigent A.Y.[4], Caillaud[1] L, Colin M.[1]*

[1] COPRI, 2 Coat Izella, 29830, Ploudalmézeau, France.
[2] Université de Bretagne occidentale - Laboratoire Régional de Nutrition Humaine, Faculté de Médecine/Université de Brest, Hôpital de la Cavale Blanche - Boulevard Tanguy Prigent, 29200 Brest, France
[3] Cuniculture, 87A chemin de Lasserrre, 31450 Corronsac - France
[4] EARL 3L, 4 Coat Izella, 29830, Ploudalmézeau, France

* correspondant : copri@wanadoo.fr

Résumé : Les effets spécifiques du DHA (acide gras C22 :6 ω3) sur la santé sont désormais reconnus et abondamment documentés, notamment la réduction des risques d'accidents cardiovasculaires, d'insulino-résistance, de diabète, d'obésité, de syndrome métabolique, de DMLA. Ces propriétés fonctionnelles ont conduit les instances de la santé à recommander une consommation en DHA de 250 mg / jour minimum pour les adultes ~~au minimum~~. Toutefois la consommation d'Oméga-3 et plus particulièrement de DHA reste insuffisante pour la majorité des Occidentaux. Actuellement, la principale source de DHA dans l'alimentation des européens est constituée par les poissons gras mais il s'avère pratiquement impossible d'en accroitre la consommation en raison de la surexploitation de la ressource halieutique et des risques de pollution par les métaux lourds et les POP (Polluants organiques persistants). Les études précédemment publiées montrent qu'il est possible d'augmenter très fortement la teneur en DHA de la viande de lapin en incorporant une microalgue telle que *Shizochytrium sp* dans leur alimentation. Le présent travail établit que la consommation d'une telle viande de lapin enrichie en DHA contribue de façon importante à atteindre les apports nutritionnels recommandé~~e~~s (ANC) par les autorités de santé pour cet acide gras indispensable tant pour la population saine que pour celles présentant certains risques cliniques. Cette étude démontre l'intérêt significatif de consommer de la viande de lapin enrichie naturellement en DHA dans la couverture des besoins de l'Homme en cet acide gras, sans augmenter l'exploitation de la ressource halieutique.

Abstract – The meat of rabbits fed DHA fortified feeds may be an interesting solution to help meet the human needs of this essential fatty acid - a review. The specific effects of DHA (C22:6 ω3 fatty acid) on human health are well-known and documented, particularly the reduction of cardiovascular risks, of insulin resistance, of diabetes, of obesity, of metabolic syndrome and of age macular degeneration (AMD). Considering these functional properties, health authorities have recommended a DHA intake of 250 mg / day for adults. However, the Omega-3 intake and particularly the DHA one remains insufficient in the majority of Western countries. Actually, the main DHA source in the European food remains the fatty fishes but it is practically impossible to increase their consumption due to the ocean overexploitation and to the frequent contamination of fishes by heavy metals and the POP (Persistent organic pollutants). Our previous publications have proved that it is possible to increase strongly the DHA level in the rabbit meat by incorporation of microalgae as *Shizochytrium sp* in their feed. This work demonstrates that the consumption of such a rabbit meat with high DHA level contributes to reach the recommendations in term of human DHA intake established by the health authorities, for the healthy populations and for certain populations with clinical risks. This study emphasizes the interest to consume rabbit meat enriched in vegetable DHA to cover the human requirement without increasing the fish resource overexploitation.

Introduction :

Besoins en acides gras essentiels

Jusqu'à une période relativement récente (Innis, 1991) on ne considérait que deux acides gras essentiels pour l'homme comme pour les animaux : l'acide linoléique (LA - C18 :2 ω6) et l'acide α-linolénique (ALA - C18 :3 ω3). Ces 2 acides gras non synthétisés par les organismes supérieurs~~,~~ doivent nécessairement être apportés par leur alimentation. En effet, ils servent de base pour la synthèse des acides gras polyinsaturés à chaine longue (plus de 20 atomes de carbone) entrant en particulier dans les phospholipides constitutifs des parois des cellules comme celles du système nerveux, tels que l'acide arachidonique (20:4 ω6), l'acide eicosapentaenoïque (EPA, 20:5 ω3), ou l'acide docosahexanoïque (DHA C22:6 ω3). Par exemple ; le cerveau humain est composé pour deux tiers environ de phospholipides (Singh, 2005). Ainsi, le DHA représente 15-20% du cortex cérébral d'un homme adulte et 30-60% de la rétine (Barnathan, 2007). Mais la synthèse du DHA par l'organisme humain ou celui des animaux d'élevage est insuffisante pour couvrir

tous les besoins (Lebas, 2007; Colin et al, 2012) et un apport complémentaire doit être fourni par l'alimentation, ce qui a promu le DHA au rang de 3ème acide gras indispensable au début des années 2000 (Anses, 2011).
Le DHA est avec l'EPA l'un acide gras à longue chaine de la famille des oméga 3 dont les effets en santé et nutrition animale et surtout humaine sont désormais reconnus et abondamment documentés. Le DHA intervient en particulier au niveau de la réduction du risque cardiovasculaire (Anses 2011), de l'insulino-résistance, du diabète et de l'obésité (Delarue et al., 2004), du syndrome métabolique (Delarue et al., 2006), de la DMLA (Anses 2011), de la cognition et pour certains auteurs d'une atténuation de la dépression (Nelson et Van Elswyk, 2015 ; Zhang et al, 2016). Ces importantes propriétés fonctionnelles ont conduit les autorités de santé, et notamment l'ANSES en France, à recommander en nutrition humaine une consommation de DHA d'au moins 250 mg / jour pour les adultes en bonne santé (Anses 2016) alors qu'antérieurement la valeur minimum recommandée n'était que de 125 mg/jour (Martin, 2001).

La consommation moyenne en DHA des français est en dessous de ces recommandations avec 137 mg / jour. Cette consommation se situe en dessous de 100 mg/jour pour 50% de la population française (ANSES, 2011). Seuls 12 % des consommateurs atteignent les niveaux recommandés.

Amélioration de l'apport alimentaire

Si les apports minima en acides linoléique et α-linolénique nécessaires à une bonne santé, sont assez facilement couverts par une alimentation équilibrée chez l'Homme~~s~~ comme chez les animaux d'élevage, il n'en est pas de même du DHA. En effet cet acide gras est pratiquement absent des plantes supérieures (Castro-Gonzales, 2002) et la source principale est l'huile de certains poissons gras comme le maquereau, le hareng, la sardine ou la morue et les lipides d'un certain nombre de microorganismes du phytoplancton marin (Barnathan, 2007).

Plusieurs travaux scientifiques ont démontré la possibilité d'enrichir en DHA les produits provenant d'animaux terrestres par incorporation d'huile de poisson dans leur alimentation. Ainsi, cette pratique permet d'augmenter jusqu'à 6 fois le taux de DHA des œufs (Simopoulos et Salem 1992) et fait l'objet d'une utilisation économique régulière dans plusieurs pays d'Asie. Elle permet également d'obtenir des taux élevés d'acides gras oméga 3 longue chaine dans la viande de Poulet (Lopez-Ferrer e al ., 2001) ou de Lapin (Bernardini et al., 1999~~)~~ et ainsi de dépasser 5 % des acides gras pour ces 2 espèces. La viande de porc peut également être enrichie en DHA selon cette technique mais dans une moindre mesure : entre 1 et 2 % des acides gras au maximum (Irie et Sakimoto., 1992). Par contre, pour la production laitière, la possibilité d'enrichissement du lait reste faible : 2% d'huile de poisson permettent d'obtenir seulement 0,26% de DHA dans les acides gras du lait (Abughazaleh ., 2002).

Par ailleurs, en dehors de l'enrichissement en DHA de leurs produits, l'incorporation de DHA dans l'alimentation des animaux terrestres améliore leurs propres performances notamment au niveau de l'immunité (Hung et al, 1999), de la reproduction (Smits 2011) et de la production laitière chez les mammifères (Castellini et al 2004). En outre, l'incorporation d'huile de poisson à des taux élevés est systématique dans la production de certains poissons comme les Salmonidés en raison des besoins importants de ces animaux en ces acides gras essentiels (Guillaume et al 1999 ; Zambonino-Infante 2009).

Mais l'incorporation d'huile de poisson dans les aliments des animaux est entravée par les problèmes liés à la raréfaction de la ressource halieutique mondiale et simultanément par les taux croissants en métaux lourds et autres polluants chimiques qui s'accumulent dans les graisses des poissons comme les POP (Polluants organiques persistants). En outre, ces huiles de poisson sont susceptibles de développer des goûts et des odeurs désagréables (Wood et Enser., 1997) et de détériorer ainsi la qualité hédonique des produits issus d'animaux les ayant reçu dans leur ration. De plus, l'utilisation d'huile de poisson se heurte à de nombreuses difficultés notamment réglementaires en raison des très fortes restrictions à l'utilisation des produits d'origine animale dans l'alimentation des animaux de rente au niveau de l'Union Européenne.

La volonté d'éviter ces inconvénients liés à l'utilisation de ressources halieutiques a conduit à rechercher des sources alternatives notamment au niveau des microalgues. Dans sa revue bibliographique sur les différentes sources de DHA, Barnathan (2007) souligne que de nombreux organismes microscopiques marins synthétisent le DHA tels que certaines bactéries, les microalgues vraies ou les thraustochytrides, ordre très primitif souvent confondu avec les micro algues vraies et en premier lieu les thraustochytrides du genre *Schyzochytrium* dont la culture est maintenant maitrisée.
Quelques publications ont ainsi démontré la possibilité d'utiliser ces microalgues en nutrition humaine (Doughman et al., 2007). D'autres ont également établi que l'on peut enrichir les produits animaux en DHA par incorporation de *Schizochytrium sp* dans leur alimentation comme par exemple le Porc (De Tonnac et al., 2016), la poule pondeuse (Colin et al., 2013), le Poulet (Ribeiro et al, 2014), le Lapin (Colin et al., 2012). Le lait peut également être enrichi

en DHA par incorporation de DHA provenant de *Schizochytrium* dans l'alimentation des vaches mais dans le même temps, on observe une très forte diminution de son taux butyreux nécessitant d'être très prudent dans la généralisation de cette pratique (Raguénes., 2012).

Enrichissement de la viande de lapin en DHA

La viande de lapin pourrait être enrichie en DHA selon 2 modalités. La première consisterait à augmenter le taux d'ALA (C18 :3 ω3) des aliments et optimiser la synthèse de DHA à partir de l'ALA en diminuant le ratio LA/ALA, mais cette solution produit des résultats limités chez les mammifères en général et statistiquement insignifiants chez le lapin (Combes et Cauquil, 2006 ; Petracci et al., 2009). La seconde modalité consiste à enrichir l'aliment directement avec du DHA provenant d'huile de poisson (Bernardini *et al.*, 1999) ou provenant de microalgues telle que *Shizochytrium sp*. Comme rappelé plus haut, outre le problème de surpêche des poissons ± pollués, les bonnes pratiques d'élevage de lapin impliquent que l'aliment soit exclusivement végétal, ce qui exclut définitivement l'huile de poisson comme source pratique de DHA.

L'enrichissement de la viande de lapin en DHA à partir de *Shizochytrium sp* a fait l'objet de plusieurs publications (Colin *et al*., 2012 ; 2016 ; 2017) démontrant l'existence d'une corrélation entre le taux de DHA dans l'aliment et celui observé dans la viande (figure 1).

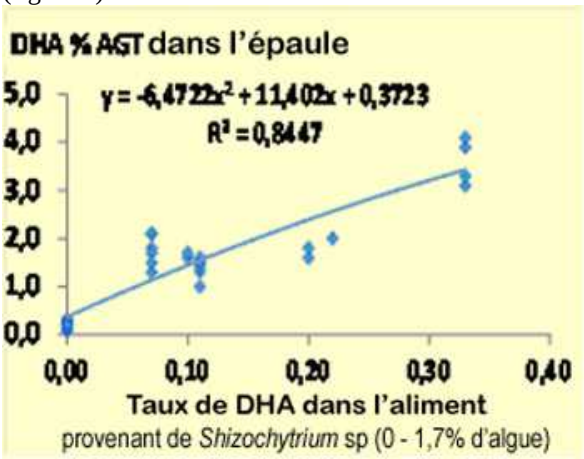


Figure 1 : Corrélation entre le taux de DHA de l'aliment enrichi en *Shizochytrium* sp (%) et le taux de DHA (%AG) dans l'épaule de lapin (Colin et al, 2017)

Apports en DHA de différents produits à base de lapin nourris avec un aliment enrichis en DHA

Avec une alimentation standard, la carcasse des lapins ou les différents morceaux de découpe sont pauvres en DHA : de 5 à 30 mg /100 g au maximum (tableau 1). Par contre, si du DHA végétal est apporté à raison de 0,2-0,3% de l'aliment, via l'incorporation de *Shizochytrium* sp, les teneurs en DHA de la carcasse comme des morceaux de découpe sont multipliées au moins par 10 ou par 20 selon les moreaux (tableau 1). Une remarque particulière doit être faite pour le foie du lapin qui malgré sa modeste teneur en lipides totaux (5% en moyenne) a la plus forte concentration avec une teneur supérieure à 450 mg de DHA/100g si l'animal a reçu du DHA dans son alimentation, valeur de loin la plus forte parmi tous les morceaux de découpe.

Ces teneurs élevées en DHA (160 à 240 mg/100g) se retrouvent aussi dans les produits préparés avec la viande des lapins alimentés avec 0,2% de DHA provenant de *Shizochytrium sp* , qu'il s'agisse de pâtés, de rillettes ou de saucisson de lapin (tableau 1)

Tableau 1 : Teneur en DHA (mg/100 g) de différents morceaux et préparations provenant de lapins ayant reçu ou non un aliment enrichi avec 0,2-0,3% de DHA végétal (d'après Lebas 2007 ; Colin et al., 2012, 2013, 2016 ; Copri, 2015 : Van Lissum et al., 2016)

Elément concerné	Témoin classique	Aliment enrichi en DHA
Carcasse sans foie	10-30	180
Epaule (gigolette)	5-10	150 - 170
Râble non dégraissé	10	250 -280
Râble dégraissé	< 5	50
Cuisse	< 5	90 -110
Foie	-	470
Pâté 100% lapin, stérilisé	-	240
Pâté 100% lapin + algues, stérilisé	-	160
Rillettes 100% lapin	-	160
Saucisson 100% lapin	-	220

Un enrichissement plus important de l'alimentation des lapins a été testé avec jusqu'à 0,8% de DHA dans l'aliment provenant de *Shizochytrium sp*. (Copri, 2010). L'aliment a été bien accepté par les lapins et la teneur en DHA de la viande du râble a été augmentée parallèlement au taux de DHA dans l'aliment (tableau 2)

Tableau 2 : Teneur en DHA (mg/100g) dans le râble normalisé à 12,5% de lipides et 20% de protéines, en fonction du pourcentage de DHA d'origine végétale de l'aliment (Copri, 2010)

Essai	Témoin	A	B	C
Aliment %	0,0	0,1	0,2	0,8
Râble mg	8	194	205	849

Malheureusement la viande des lapins du lot C (0,8% de DHA dans l'aliment) avait un goût de poisson désagréable. Pour cette raison et compte tenu des autres essais conduits avec différentes doses de *Shizochytrium sp*, il ne semble pas souhaitable de dépasser 0,3% de DHA végétal dans l'alimentation des lapins (Colin et al., 2017).

Situation des ANC concernant le DHA en nutrition humaine

En 2011, l'ANSES a reformulé ses recommandations pour les Apports Nutritionnels Conseillées (ANC).

Pour le DHA l'apport minimum est désormais de 250 mg/jour pour l'ensemble de la population française de plus 10 ans, y compris les femmes enceintes ou allaitantes et les personnes âgées. L'ANC n'est plus faible (125 mg/jour) que pour les enfants de 3 à 9 ans. L'apport de DHA pour les femmes enceintes et allaitantes ainsi que pour les enfants est essentiel au bon développement de ceux-ci, particulièrement sur le plan cognitif (Petit et al, 2018). Chez les personnes âgées, le DHA est impliqué dans un ralentissement de la dégénérescence cognitive, visuelle (DMLA) et cardiaque (Majou et al., 2015 : Assmann et al, 2018).
L'intérêt préventif du DHA pour diminuer certains risques cliniques, a conduit l'ANSES à définir des ANC particuliers visant la diminution de ces risques un peu plus faibles ou plus élevés que les ANC standards, en fonction de l'affection concernée : 250 à 375 mg/jour pour réduire les risques cardiovasculaires et 100 à 150 mg/jour pour limiter les problèmes neuropsychiatriques. Pour le diabète ou l'obésité comme pour la DMLA, les ANC sont ceux proposés pour l'ensemble de la population.

Détermination de la possibilité de couverture des besoins en DHA des populations « saines » par les produits de lapin enrichis en cet acide gras

Les quantités de viande de lapin ou produits à base de lapin nécessaires pour couvrir les besoins en DHA ont été déterminées pour les différentes catégories de population.

Tableau 3 : Couverture des besoins en DHA de la population « saine » par de la viande de lapin ou des pâtés de viande de lapin enrichie naturellement en DHA

	Adulte	Enfant
ANC de DHA (mg/jour) selon l'Anses (2011)	**250**	**125**
Epaule		
- Quantité nécessaire pour couvrir l'ANC (g)	147,1	73,5
- Quantité usuellement consommée (g)	150	50
- Taux couverture par consommation usuelle	*102%*	*68%*
Cuisse		
- Quantité nécessaire pour couvrir l'ANC (g)	278	139
- Quantité usuellement consommée (g)	150	50
- Taux couverture par consommation usuelle	*54%*	*36%*
Râble		
- Quantité nécessaire pour couvrir l'ANC (g)	91	46
- Quantité usuellement consommée (g)	150	50
- Taux couverture par consommation usuelle	*165%*	*110%*
Foie		
- Quantité nécessaire pour couvrir l'ANC (g)	53	27
- Quantité usuellement consommée (g)	150	50
- Taux couverture par consommation usuelle	*283%*	*185%*
Pâté standard		
- Quantité nécessaire pour couvrir l'ANC (g)	104	52
- Quantité usuellement consommée (g)	150	50
- Taux couverture par consommation usuelle	*144%*	*97%*
Pâté aux algues		
- Quantité nécessaire pour couvrir l'ANC (g)	157	79
- Quantité usuellement consommée (g)	150	50
- Taux couverture par consommation usuelle	*96%*	*64%*

La recommandation de l'ANSES pour la consommation de viande par les adultes est comprise entre 100 et 150g / jour (nous prendrons 150g) Nous éviterons de prendre en considération la carcasse moyenne, chacun ne consommant qu'une partie de cette carcasse dont la teneur en DHA n'est pas homogène d'un morceau à l'autre. Les épaules, les râbles, le foie et les pâtés standards couvrent au moins 100 % des besoins quotidiens des adultes, des femmes enceintes et allaitantes, des enfants de 10 à 18 ans et des personnes âgées. La consommation de 150 g de ces produits couvre donc largement les besoins quotidiens en DHA de ces populations. Pour la cuisse, la consommation d'une portion de 150 g correspond à la couverture de 54% du besoin journalier en DHA. Concernant les enfants de 3 à 9 ans, le guide nutrition des enfants et ados pour tous les parents - Edition 2015 (PNNS 2015) recommande une consommation de viande par portion de 50g. Cette quantité d'épaules, de cuisse, de râble, de foie, de pâtés standard ou aux algues couvre respectivement 68%, 36%, 110%, 185%, 96,2% et 63,7% des besoins quotidiens en DHA du jeune enfant

Fréquence souhaitable de consommation

Les recommandations présentées ci-dessus sont systématiquement exprimées en mg par personne et par jour. Est-il pour autant nécessaire d'apporter ces quantité effectivement chaque jour ? Peu ou pas d'études ont été réalisées sur ce thème de la régularité des apports. Néanmoins les recommandations de l'ANSES (2016) pour la consommation de poisson gras, source principale actuelle de DHA pour la population française, sont de suivre les recommandations déjà définies par l'ANSES en 2010, à savoir « consommer deux portions de poisson par semaine dont une à forte teneur en EPA et DHA, en variant les espèces [de poissons] et les lieux d'approvisionnement ».

Il nous semble parfaitement fondé d'étendre cette recommandation à l'ensemble des sources de DHA consommées sur une semaine, ce qui conduit à un ANC de 1750 mg de DHA par semaine, en cherchant à équilibrer le mieux possible les différents apports quotidiens selon les différentes sources. Dans ces conditions, il parait recommandable de proposer une et si possible deux fois par semaine une consommation de viande de lapin ou de produits transformés à base de viande de lapins ayant consommé du DHA végétal à raison de 0,1 à 0,3% de l'aliment. En complément des autres sources de DHA, cela permet de couvrir aisément les besoins des consommateurs, sans avoir besoin de faire appel à des extraits plus ou moins concentrés en DHA (Colin et al., 2018)

Détermination des possibilités de couverture des besoins en DHA des populations présentant certains risques cliniques par les produits de lapin enrichis en cet acide gras

Un travail similaire à celui présenté ci-dessus pour le consommateur « sain » a été réalisé pour la diminution de certains risques cliniques d'après les recommandations de l'ANSES (2011). Celles-ci sont de 250g/jour pour la diminution des risques de syndrome métabolique, de diabète, d'obésité, de cancers du sein et du côlon et de la DMLA ; de 250 à 375 mg/jour pour les maladies cardiovasculaires et de 100 à 150 mg/jour pour les troubles neuropsychiatriques. La quantité de DHA apportée par 147 g d'épaules, 91 g de râbles, 53 g de foie ou 104 g de pâtés standard permet ainsi de diminuer les risques de syndrome métabolique, de diabète, d'obésité, de cancers du sein et du côlon, et de DMLA. Celle correspondant à 150g de râble permet d'abaisser les risques de maladies cardiovasculaires. La consommation de tous ces produits de lapin permet l'abaissement du risque de maladies neuropsychiatrique. La consommation de 150 g de cuisse et de pâté aux algues couvre respectivement 54% et 95,5% des besoins en DHA quotidien recommandés par l'ANSES dans la diminution des risques de syndrome métabolique, de diabète, d'obésité, de cancers du sein et du côlon, et de DMLA. L'ingestion de 150 g d'épaule, de pâté standard et de pâté aux algues correspond respectivement à 68 %, 96 % et 63,6% de l'estimation des ANC en DHA recommandés par l'ANSES dans la prévention des risques de maladies cardiovasculaires

Le bénéfice du DHA dans la diminution de certains risques de santé a conduit EFSA à autoriser des allégations fonctionnelles pour les produits sources ou riches en DHA au niveau européen. Un précédent travail (Van Lissum et al 2016) a démontré que leurs taux d'oméga 3 totaux et de DHA permettent de communiquer sur le fait que les produits décrits ici sont sources ou riches en Oméga 3. Les allégations fonctionnelles concernant le rôle du DHA sur le maintien des fonctions cérébrales, visuelles et cardiaques ont également été validées et peuvent être employées dans la communication concernant ces produits.

Conclusion

Ce travail démontre l'intérêt de la consommation de produits de lapin ayant reçu un aliment enrichi pour couvrir les besoins quotidiens en DHA des personnes « saines » mais également pour assurer la prévention de certains risques cliniques comme le diabète, le syndrome métabolique, les accidents cardio-vasculaires, la DMLA, les disfonctionnements cérébraux. Un enrichissement de la viande de lapin grâce à l'incorporation de *Shizochytrium* sp est donc un bon moyen d'apporter aux Hommes du DHA supplémentaire sans prélever davantage sur les ressources halieutiques surexploitées et polluées.

Remerciements

Ces travaux ont impliqués plusieurs organismes et personnes que les auteurs tiennent à remercier. En premier lieu, la Région Bretagne et le département du Finistère pour les financements qu'ils nous ont accordés en plusieurs occasions. Nos remerciements vont également à Anne-Claude Lefebvre et Hélène Le Pocher d'ID2 Santé pour leur soutien constant, à Anne Emmanuelle Le Minous et Pierre Durosset d'Adria Développement pour tout leur travail au niveau des analyses et de l'élaboration des produits ainsi que tous les stagiaires dont chacun a amené avec pertinence sa pierre à cet édifice : Nathalie Raguénes, Cai-Xi, Virginie Loisel, Pauline Vourch, Amandine Boutinon, De Zhen Shi, Audrey Couloigner, Claire Vieu.

Références

Abughazaleh A.A., Schingoethe D.J., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Withlock L.A., 2002. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. J. Dairy sci. 85: 2266-2276.

ANSES 2011. Actualisation des Apports Nutritionnels Conseillés pour les acides gras. Rapport d'expertise collective. Saisine n° 2006-SA-0359, ANC AG. Anses éditeur, Maisons-Alfort 323 pp

ANSES 2016 Actualisation des repères du PNNS (Programme National de Nutrition Santé) : révision des repères de consommations alimentaires. Rapport d'expertise collective Saisine n°2012-SA-0103. Anses éditeur, Maisons-Alfort, 192 pp

Assmann K.E., Adjibade M., Hercberg S., Galan P., Kesse-Guyot E. 2018. Les apports en acides gras insaturés au milieu de la vie sont positivement associés au fonctionnement cognitive mesuré 13 ans plus tard.. *Journées francophones de nutrition, Nice, 28-30 Novembre 2018, PO 21.*

Barnathan G., 2007. Sources connues et potentielles de DHA pour les besoins de l'homme. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 14, 35-43.

Bernardini M., Dal Bosco A., Castellini C., 1999., Effect on dietray n-3 / n-6 on fatty acid composition of liver, meat and perirenal fat in rabbits. Animal Science, 68, 647-654.

Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R., Mugnai C., Scascia E. 2004., Effect of dietary N-3 fatty acids on the composition of does milk and tissues of suckling rabbits. Proceedingds of the 8th World Rabit congress, Puebla (Mexique), 7-10 septembre 2004., 771-777.

Castro-González, M. I. 2002. Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. Interciencia, 27 (3), 128-136.

Colin M., Caillaud L., Boutinon A., Delarue J., Prigent A.Y., Van

Colin M., Caillaud L., Boutinon A., Delarue J., Prigent A.Y., Van Lissum M. 2018. Possibilité de couvrir les besoins journaliers de l'Homme en DHA grâce à des menus principalement composés de produits provenant d'animaux terrestres enrichis naturellement. *Journées francophones de nutrition, Nice, 28-30 Novembre 2018, PO 21.*

Colin M., Delarue J., Caillaud L., Prigent A.Y. 2017. Effets de l'incorporation de microalgues (Schizochytrium) dans

l'alimentation des lapins sur leurs performances et la teneur en DHA de leur viande. 17èmes journées de la recherche cunicole, Le Mans (France), 21-22 Novembre 2017, 79-82.

Colin M., Delarue J., Raguénes N., Prigent A.Y., Guttierrez G., Saliba C. 2013., Effet d'un apport alimentaire d'un extrait d'algue riche en maltanediénol sur le taux de lipides et le profil d'acides gras des œufs de poules recevant une ration enrichie en DHA végétal. 11èmes journées francophones de nutrition – cahier de nutrition et de diététique 48, Bordeaux 11-13 décembre 2013, S58.

Colin M., Prigent A.Y., 2016. Le lapin, accumulateur d'oméga 3 longues chaines. 2èmes rencontres nutrition, alimentation, métabolisme, santé, Saint-Brieuc, 12 septembre 2016.

Colin M., Xi C., Prigent A.Y., 2012. L'enrichissement des aliments lapin en oméga 3 courtes et longue chaine : une opportunité pour le producteur et le consommateur. Cuniculture Magazine, 39, 33-43

Combes, S., Cauquil, L., 2006. Viande de lapin et oméga 3 Une alimentation riche en luzerne permet d'enrichir la viande des lapins en oméga 3. . Viandes et produits carnés. 25, 31-35.

Copri, 2010. Effect of the incorporation of DHA high levels in the feed on the rabbit meat quality.(document interne 22 pp)

Copri, 2015. Composition chimique des carcasses et de différents morceaux et préparations à base de lapin ayant reçu du DHA (document interne)

De Tonnac A., Meteau K., Guillevic M., Chesneau G., Mairesse G., Mourot J., 2016. Influence de la nature des acides gras n-3 sur les critères de performances de croissance du porc et sur les qualités nutritionnelle et sensorielle de la viande. Journées Recherche Porcine, 48, 279-284

Delarue J., Corporeau., Alain G., 2006., Intérêt des oméga-3 marins dans la prévention et le traitement du syndrome métabolique. ML, 12, 319-326.

Delarue J., Lefoll C., Corporeau C., Lucas D., 2004., n-3 long chain polyunsaturated fatty acids: a nutritional tool to prevent insulin resistance associated to type 2 diabetes and obesity. Reprod. Nutr. Dev, 44, 289–299.

Doughman D., Krupanidhi S., Sanjeevi C.B. 2007., Omega 3 fatty acid for Nutrition and Medecine. Considering micro-algae oil as a vegetarian source of EPA and DHA. Current Diabete reviews, 3,198-203.

Guillaume J., Kaushik S., Bergot., Metailler., 1999. Nutritiion et alimentation des poissons et crustacés. Inra éditeur (Paris), 489 pp.

Hung P., Kaku S., Yunoki S., Ohkura K., Gu J, Ikeda J., 1999., Dietary Effect of EPA-rich and DHA-rich Fish Oils on the Immune Function of Sprague-Dawley Rats. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 63. 135-140.

Innis, S. M. (1991). Essential fatty acids in growth and development. Progress in lipid research, 30 1), 39-103

Irie M., Sakimoto M., 1992. Fat characteristics of pig fed fish-oil containing eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. J Anim Sci, 70,470-477.

Lebas, 2007. Acides gras en Oméga 3 dans la viande de lapin. Effets de l'alimentation. Cuniculture Magazine, 34, 15-20.

Lopez-Ferrer S., Baucells M.D., Barroeta A.C.,Grashorn M.A., 2001; N-3 Enricment of chicken meat 1 Use of a very Long-chain fatty acids in chicken diet and their influence on meat quality: fish oil. Poult Sci,80, 741-752.

Majou D., 2015. Alzheimer's disease. Origin, mechanisms, people at risk and prevention by DHA (Omega 3 aftty acid). *Actia éditeur (Paris), 119 pages.*

Martin A. 2001.- Apports nutritionnels conseillés pour la population française, 3e éd., Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 2001, 610 pp

Nelson EB., Van Elswyk ME., 2015. Limitations of the review and meta-analysis of the role of n-3 long-chain PUFA supplementation and cognitive function. Am J Clin Nutr. ;101 (6),1305-1306.

Petit E., Armand M., De Agostini M., Forhan A., Heude B., Bernard A.Y. Exposition prénatale aux acides gras polyinsaturés et quotient intellectuel à 5-6 ans des enfants de la cohorte Eden. *Journées francophones de nutrition, Nice, 28-30 Novembre 2018, CO 54.*

Petracci, M., Bianchi, M., Cavani, C., 2009. Development of rabbit meat products fortified with n-3 polyunsaturated fatty acids. Nutrients 1, 111-118.

PNNS [Programme National de Nutrition Santé]., 2015. Le guide nutrition des enfants et ados pour tous les parents. Fabrègue Imprimeur ed, 87500 Saint-Yrieix-la-Perche (France),140 pp.

Raguénés N., 2012. Etude de l'enrichissement en oméga-3 des produits issus d'animaux terrestres et commercialisation d'additifs naturels en Asie. Rapport de Master 2, Alimentation, Droit, Nutrition, Santé. Université de Bretagne occidentale, Septembre 2012.

Ribeiro T., M.M., Costa P., Alves S. P., Benevides W. S., Bessa R. J. B., 2014. Effect of reduced dietary protein and supplementation with a docosahexaenoic acid product on broiler performance and meat quality. Brit Poultry Sci, 25, 752-765.

Simopoulos A.P., Salem N., 1992. Egg yolk as a source of long-chain polyunsaturated fatty acids in infant feeding. Am. J. Clin. Nutr., 55, 411-414.

Sing M., 2005. Essential fatty acids, DHA and human brain. Indian J. Pediatrics, 72, 239-242.

Smits R.J.C ., 2011. The functional role and requirement for long-chain omega 3 polyunsatured fatty acids in breeding gilts and sows. Robienson institute and school of paediatric and reproductive health. The university of Adelaide (Australie), 197 pp

Van Lissum M., Prigent A.Y., Colin M. 2016. Allégations nutritionnelles possible sur un pâté de viande de lapin enrichie en DHA. Journées francophones de Nutrition, Montpellier, 30 novembre – 2 décembre 2016, PO 046.

Wood J.D., Enser M., 1997., Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxydants in improving meat quality. Btit. J. Nutr, 78, 549-560.

Wood J.D., Enser M., 1997., Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxydants in improving meat quality. Btit. J. Nutr, 78, 549-560.

Zambonino-Infante J.L., 2009. Les oméga 3 dans les poissons, mythe ou réalité, à quelles conditions? Filières Terre & Mer, Oméga 3 : Au-delà des modes maîtriser pour mieux nourrir. Colloque Adria développement, Quimper (France), 26 novembre 2009.

Zhang X.W., Hou W.S., Li M, Tang Z.Y., 2016.. Omega-3 fatty acids and risk of cognitive decline in the elderly: a meta-analysis of randomized controlled trials. Aging Clin Exp Res, 28 (1):165-166.

Les recettes de lapin recherchées sur Internet

Lebas F.

Cuniculture, 87A chemin de Lasserre, 31450 Corronsac

Correspondant : lebas@cuniculture.info

Résumé — Une étude a été conduite pour déterminer les types de recette de lapin disponibles et recherchées par les internautes sur le Web. Une analyse a été faite sur la fréquence de consultation en 2018 des 122 fiches de recette disponibles sur le site www.cuniculture.info. Ces résultats ont été ensuite comparés aux types de recette de lapin disponibles en ligne sur les 10 principaux sites culinaires écrits en français. Pour chaque site, ont été retenues les 30 premières recettes de lapin proposées. Sur le site cuniculture.info, les fiches de recette de lapin ont été consultées 36 371 fois en 2018, soit 10,9% de l'ensemble des visites de l'année. La recette de loin la plus consultée a été la recette rapide (12 min) des foies de lapin poêlés aux échalotes (37,9% des consultations), suivie de la recette du lapin au barbecue (10,6%). Sur les 10 autres sites du Web, 85% des recettes correspondent à des plats mijotés ou à cuisson longue. Les recettes rapides (<30 min au total) ne représentent que 3% du total des recettes mais surtout ne figurent même pas parmi leurs 30 premières recettes de lapin pour 7 sites sur 10. Compte tenu de l'importance des consultations de recettes simples et rapides, et plus particulièrement celles concernant le foie de lapin, un effort de promotion de ce type de recette pourrait participer au soutien de la consommation de la viande de lapin en France.

Abstract — Rabbit recipes searched on Internet . A study was conducted to determine the types of rabbit recipes available and searched by web surfers. An analysis was made of the consultation frequency in 2018 of the 122 recipe sheets available on the website www.cuniculture.info. These results were then compared to the types of rabbit recipes available online on the top 10 culinary sites written in French. For this were selected the first 30 recipes proposed by each site. On the website cuniculture.info rabbit recipe sheets were consulted 36 371 times in 2018, or 10.9% of all visits of the year. By far the most popular recipe was the quick recipe (12 min) for rabbit livers fried in a pan with shallots (37.9% of consultations), followed by the barbecue rabbit recipe (10.6%). Of the 10 other Web sites, 85% of recipes are for simmered dishes or more generally long-cooking dishes prepared with rabbit meat. Rapid recipes (<30 min total) represent only 3% of total recipes but, more important, were absent from the top 30 rabbit recipes for 7 sites out of 10. Given the importance of simple and fast recipes viewed in Internet, particularly those with rabbit liver, an effort to promote this type of recipe could help to support the consumption of rabbit meat in France.

Introduction

La fréquence de consommation de la viande de lapin en France tend à baisser année après année et dans le même temps la consommation continue à se faire principalement sous forme de plats mijotés (Gomant, 2018). Le site cuniculture.info dispose depuis plusieurs années d'une rubrique culinaire comportant 122 recettes très variées. Nous avons donc voulu savoir quelles étaient les recettes les plus recherchées pour tenter de savoir si la domination des plats mijotés est lié à une tradition ou associée à un manque d'information sur des solutions alternatives, participant ainsi à une désaffection vis-à-vis de la viande de lapin. Nous avons ensuite comparé ces résultats à ceux observés sur les principaux sites culinaires disponibles en français sur le Web.

1. Matériel et méthodes

1.1. La base de données de cuniculture.info

Dans la base de données de cuniculture.info dont nous disposons en tant que gestionnaire, nous avons relevé la fréquence d'ouverture des fichiers correspondant aux 122 recettes en ligne pour chacun des 12 mois de l'année 2018. Le cumul de ces ouvertures a été ensuite comparé à la fréquentation générale du site qui comporte de nombreuses autres rubriques.

1.2. Les autres sites Internet

Pour les autres sites, nous ne disposions pas d'une information aussi précise que pour cuniculture.info, aussi avons nous d'abord sélectionné les 10 premiers sites fournissant plus de 30 recettes d'après le classement proposé par Google. Pour chaque site nous avons ensuite classé les 30 premières recettes en 4 catégories : 1/ Poêlé (total préparation < 30 min)– 2/ Grillade et barbecue – 3/ mijoté et cuisson au four (cuissons longues) et 4/ Terrines, pâtés et salades (consommation froide). Nous avons fait le même classement pour le 30 recettes les plus souvent regardées sur le site de cuniculture.info

2. Résultats et discussion

2.1. Le site de cuniculture.info

Au cours de l'année 2018, des fiches de recette ont été ouvertes 36 371 fois soit 10,9% des visites totales du site de cuniculture.info. Le fait qu'une fiche soit

ouverte ne veut pas nécessairement dire que la recette a été ensuite mise en œuvre en cuisine, mais dénote d'un intérêt pour ce type d'information.

Figure 1 : Nombre de fiches de recettes ouvertes par mois sur le site www.cuniculture.info

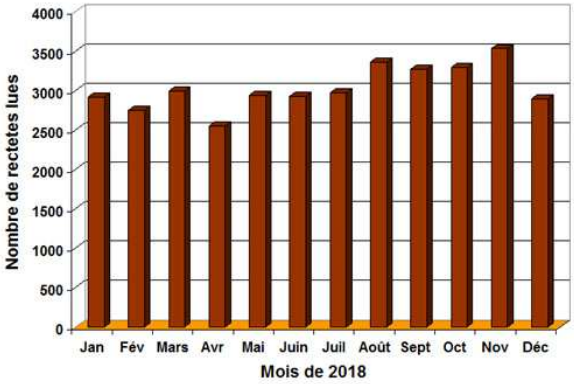


Tableau 1 : Fréquence d'ouverture des 30 principales recettes du site cuniculture.info

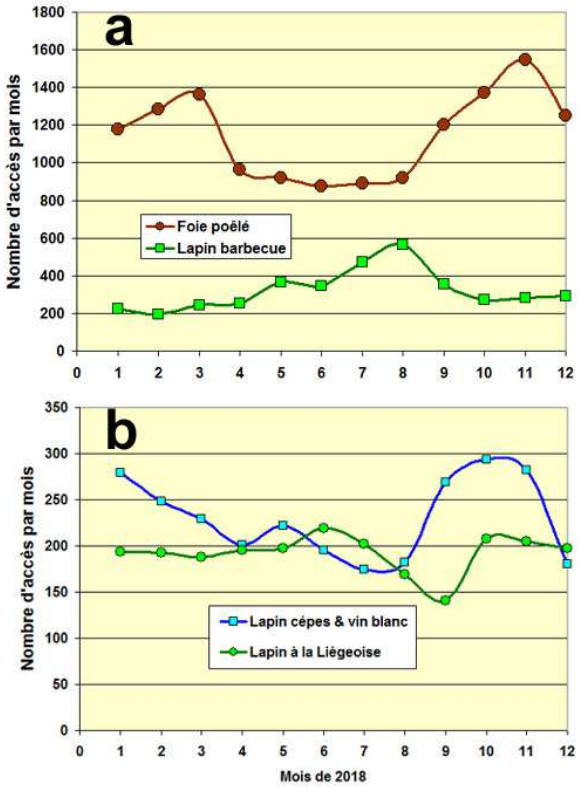
TOTAL	%annuel	Nom de la recette
13 765	37,85%	Foies de lapin poêlés aux échalotes
3 869	10,64%	Lapin grillé au barbecue
2 755	7,57%	Lapin aux Cèpes au vin blanc
2 306	6,34%	Lapin à la Liégeoise
1 197	3,29%	Cocotte de lapin à l'ail doux et aux citrons
1 040	2,86%	Lapin aux pruneaux
921	2,53%	Choukouya de Lapin (recette de Côte d'Ivoire)
812	2,23%	Fricassée d'épaules de lapin aux champignons
667	1,83%	Lapin Marengo (tomates et champignons)
629	1,73%	Civet de lapin
606	1,67%	Lapin aux gousses d'ail, truffade de Pdt
454	1,25%	Lapin doré à l'oignon
421	1,16%	Terrine de Lapin en morceaux
388	1,07%	Rillettes de Lapin à la façon d'Hélène
348	0,96%	Cuisses de lapin farcies aux langoustines & lentilles
241	0,66%	Foies de lapin à la moutarde
239	0,66%	Lapin aux tomates et aux aubergines
232	0,64%	Lapin Bourguignon
210	0,58%	Lapin à la moutarde
169	0,46%	Lapin aux pruneaux et aux champignons
157	0,43%	Lapin aux girolles
123	0,34%	Lapin à l'orange
119	0,33%	Parmentier de Lapin
117	0,32%	Cuisses de lapins à la crème
113	0,31%	Curry de lapin aux poires
109	0,30%	Lapin grillé au cumin
104	0,29%	Lapin au coulis de tomate, moutarde et champignons
94	0,26%	Lapin à la flamande
93	0,26%	Lapin givré au gros sel
92	0,25%	Lapin à l'antillaise

Comme le montre la figure 1, l'intérêt des internautes pour les recettes de lapin est relativement stable au cours de l'année. Le minimum est observés en avril (2 551 fiches consultées) et le maximum en novembre (3 530 fiches consultées). Ainsi la moyenne mensuelle est de 3 031 fiches consultées avec un coefficient de variation entre mois de 9,1% à peine supérieur aux 8,5% observés pour l'ensemble du site. D'un mois sur l'autre le nombre de recettes différentes, consulté au moins une fois varie de 88 en mars à 122 en août (toutes les recettes consultées au moins une fois).

Les 30 recettes les plus souvent consultées au cours de l'année 2018 sont répertoriées au tableau 1. Ensemble, elles cumulent 89,1% des consultations de fiches de recette. Il est important de souligner que plus du tiers de toutes des ouvertures de fiche de recette (37,9%) concerne une seule recette : *foies de lapin poêlé aux échalotes*. C'est une recette ne nécessitant qu'un temps total de 12 min pour préparation + cuisson. Avec « seulement » 10,6% des fiches consultées, la recette du *lapin grillé au barbecue* vient en 2ème position, devant celle du *lapin aux cèpes au vin blanc* et du *lapin à la liégeoise* (lapin aigre doux au genièvre). Ensemble, ces 4 recettes représentent 62,4% de l'ensemble des consultations de recettes.

La fréquence mensuelle de consultation de chacune de ces 4 fiches de recette est indiquée sur les figures 2a et 2b.

Figure 2a & 2b : Frequence mensuelle de consultation des 4 principales recettes



Les internautes s'intéressent à la recette de foies poêlés principalement en période hivernale (octobre à

mars), mais même en période plus chaude (avril à août) l'intérêt pour cette recette reste soutenu. De même si comme attendu les recherches de recette de lapin grillé au barbecue ont une fréquence maximum en juillet-août (517 en moyenne par mois), cette recette « d'extérieur » est recherchée plus de 200 fois par mois en moyenne de janvier à mars.
Pour les deux autres recettes du type « lapin mijoté » la fréquence de recherche des recettes est soutenue toute l'année, avec un regain d'intérêt attendu pour le lapin aux cèpes en octobre novembre.

2.2. Les recettes sur les autres sites
Pour les 10 principaux sites, les recettes de lapin mijotée ou cuit au four (cuissons longue) sont très nettement majoritaires (tableau 2)

Tableau 2 : Classement des 30 premières recettes de lapin publiées sur les 10 principaux sites de recettes et classement similaire pour les 30 premières recettes du site de cuniculture.info

Nom du site	Poêlé rapide <30 min	Grillade Barbecue Brochette	Mijoté , en sauce cocotte, four	Terrine Pâté, salade, en gelée, rillettes	Total	Dont foie de lapin
marmiton.org	3	0	25	2	30	1
cuisine.journaldesfemmes.fr	0	0	29	1	30	1
lapin-et-papilles.fr (Loeul & Piriot)	5	5	19	1	30	1
cuisineaz.com	0	0	29	1	30	1
www.750g.com	0	1	24	5	30	1
lelapintoutbon,fr (Clipp)	0	2	26	2	30	0
femmeactuelle.fr	0	0	25	5	30	0
atelierdeschefs,fr	0	1	26	3	30	0
cuisineactuelle.fr	1	1	25	3	30	1
epicurien.be	0	0	26	4	30	0
cuniculture.info	2	2	24	2	30	2

Le premier constat est que sur les sites en ligne un internaute va trouver principalement des recettes de lapin ± mijoté, à cuisson longue : 85% des recettes en moyenne. Deux sites n'ont même publié qu'une seule recette sur 30 n'appartenant pas à cette catégorie. Les consultations sur le site de cuniculture.info ont le même type de profil avec une majorité de recettes mijotées. Toutefois, si, sur ce site, les recettes de lapin mijoté représentent en nombre 80% des 30 premières recettes consultées, elles ne représentent que 42% des ouvertures de fiches pour ces mêmes 30 premières recettes. Malheureusement ce type d'analyse n'est pas disponible pour le 10 autres sites.

En seconde position viennent les terrines, pâtés et préparations en salade : 9% des recettes. Les recettes rapides nécessitant moins de 30 minutes de préparation au total ne représente que 3% des recettes en moyenne, mais cette moyenne cache le fait que 7 sites sur 10 n'en proposent aucune. Comme les internautes cherchant des idées de recette sur le Web ne consultent en général que un ou deux sites auxquels ils sont habitués, nombreux sont ceux auxquels aucune préparation rapide n'est suggérée. L'effort fait par le site de l'entreprise Loeul-&-Piriot pour proposer 5 recettes rapides + 5 recettes type barbecue sur les 30 premières, doit être souligné. Ces recettes correspondent essentiellement à des préparations à base du filets de lapin (râble désossé) et autres produits commercialisés par l'entreprise.

Compte tenu de la nette domination du foie de lapin poêlé constatée dans les consultations du site de cuniculture.info (tableau 1), nous avons regardé de plus près parmi les 30 premières recettes de chacun des 10 principaux sites, celles qui concernent directement la préparation du foie de lapin. Le premier constat est que 4 sites sur 10 semblent ignorer qu'il est possible de préparer spécifiquement le foie de lapin alors que ce type de produit est disponible dans les rayons de la majorité des grandes surfaces (figure 3)

Figure 3 : Exemples de barquettes commerciales de foie

Pour les 6 autres sites, les auteurs des recettes proposent des versions dont le temps total de préparation varie de 18 à 55 minutes alors que les 2 recettes proposées parmi des 30 les plus consultées du site de cuniculture.info le temps total est de 12 minutes. Compte tenu de ce constat, on peut estimer que la très forte fréquence des recherches concernant les *foies de lapin poêlé aux échalotes* observé sur cuniculture.info est la conséquence d'un manque

d'information pertinente sur les autres sites, pour la préparation rapide d'un morceau simple, facile à préparer, sans aucun déchet ni « petits os », pauvre en graisses (4-5%) et riche en protéines (22%) (Lebas, 2007). Les nouvelles présentation de pièces désossées se prêtent également à la création de nouvelle recette à la fois rapides et savoureuses.

Conclusions

En conclusion, on peut retenir de cette courte étude qu'il existe sur le Web une grande offre de recettes variées pour préparer le lapin. Par contre celle-ci se concentre sur les plats mijotés alors qu'il existe visiblement une demande pour des recettes rapides et simple, comme celles concernant le foie de lapin. Une plus grande diversification vers des recettes simples et rapides est visiblement recherchée par les internautes.

Pour ceux qui souhaitent faire la promotion de la viande de lapin afin de stimuler la consommation que ce soit au plan national comme au plan local, la promotion de recettes « à contre saison » nous parait aussi une voie à explorer, comme la promotion de la cuisson au barbecue en hiver ou celle du foie de lapin poêlé dès le début du printemps. Il existe en effet une demande potentielle en « basse saison », qu'il convient probablement de simplement stimuler pour obtenir une réaction du type « pourquoi pas, je n'y avais pas pensé » qui incite à l'achat.

Références

Gomant F., 2018. Etude sur l'image de la viande de lapin et de la filière cunicole en 2018. Cuniculture Magazine, 45, 27-30.

Lebas, 2007. Acides gras en Oméga 3 dans la viande de lapin. Effets de l'alimentation. Cuniculture Magazine, 34, 15-20.

Les sites internet consultés (consultation du 18 janvier 2019)

http://www.cuisineactuelle.fr
http://www.femmeactuelle.fr
https://cuisine.journaldesfemmes.fr
https://cuisineaz.com
https://www.750g.com
https://www.atelierdeschefs.fr
http://www.cuniculture.info
https://www.epicurien.be
https://www.lapin-et-papilles.fr (Loeul & Piriot
https://www.lelapinatoutbon.fr (Clipp)
https://www.marmiton.org

La Confrérie de l'Ordre des Chevaliers de la Rabouillère
Rôle et actions

Tudela F.[1], Matheron G.[1], Lebas F.[2]

[1] Confrérie de la Rabouillère, 31290 Vallègue, France.
2 Cuniculture, 31450 Corronsac

Résumé – Créée en 1997, dans le droit fil de l'histoire, par des défenseurs du lapin, la Confrérie de l'ordre des chevaliers de la *rabouillère* regroupe celles et ceux, présents dans 8 pays, qui soutiennent le lapin sous toutes ses formes. Au travers d'actions promotionnelles, conviviales ou festives elle partage ses savoirs et ses convictions sur cette espèce et ses produits tant avec le grand public qu'auprès des spécialistes. Au cours des 13 dernières années (2006-2018) elle a participé ou organisé 124 manifestations publiques pour assurer la promotion du lapin en France ou à l'étranger.

Abstract – Knights Brotherhood of the "Rabouillère" – Created in 1997, in the line of history, by rabbit advocates, the Brotherhood of the Order of Knights of the *rabouillère* brings together those present in 8 countries, who support the rabbit in all its forms. Through promotional, convivial or festive actions, she shares her knowledge and beliefs of this species and its products with the general public and specialists. During the past 13 years (2006-2018) the Brotherhood has participated or organized 124 public events to promote the rabbit in France or abroad

Introduction

La production et la consommation du Lapin, en France comme un peu partout en Europe, voire dans la grande majorité des pays producteurs a beaucoup diminué depuis plusieurs décennies. Elle souffre d'une image négative de l'élevage hors sol en général, de ses méthodes de production voire de l'espèce elle-même, sources de rejets par la société. Cette production, cette espèce a cependant beaucoup d'atouts à mettre en avant et en parfaire la connaissance auprès des consommateurs est aujourd'hui plus que jamais nécessaire. C'est le mandat que s'est donné la *Confrérie de la Rabouillère*.

1. Matériel et méthode (pour quoi et qui ?)

1.1. objet de la confrérie

Elle regroupe sous une même bannière les professionnels du monde du lapin, l'ensemble des éleveurs, les restaurateurs, les transformateurs, les gastronomes, les gourmets, les amoureux du lapin, ainsi que toute personne physique ou morale pouvant servir la cause du lapin en raison de sa disponibilité, de sa compétence, de sa notoriété ou de son savoir-faire.

En toutes circonstances, elle a pour objectif de :

- défendre le lapin sous toutes ses formes
-développer l'élevage du lapin dans le respect des traditions, du bien-être et des systèmes de production durables
- Développer les élevages vivriers dans les milieux difficiles
- Assurer la promotion afin d'inciter ou accroître la consommation de la viande de lapin
-Favoriser la création d'espaces de concertation avec les consommateurs et acteurs de la filière
-Faire connaître et apprécier les valeurs organoleptiques et diététiques de la viande de lapin

1.2. Composition

Association sans but lucratif, régie par la loi de juillet 1901, la Confrérie de l'Ordre des Chevaliers de la Rabouillère fut fondée à Codognan (Gard) par 12 personnes passionnées par le lapin et la cuniculture.

La Confrérie est une chevalerie dont les membres ont devoir de fraternité et de respect les uns à l'égard des autres. Ils ont tous la même passion et le même objectif : défendre et protéger le lapin en tous lieux et toutes circonstances. L'ordre est mixte et pluraliste, il

se doit de respecter les croyances et les convictions de chacun.

Ordre descendant de l'ordre des « Maistres Conins », la confrérie, coopére dans 3 continents, est présente dans 8 pays. Elle est composée aujourd'hui de 240 chevalières et chevaliers (dont 22 au Mexique, 18 en Espagne, 2 en Italie, 1 en Belgique, 1 en Argentine, 1 en Costa Rica, 1 au Pérou) ainsi que d'une Commanderie. Administrée par un conseil de l'ordre composé de 21 membres élus pour 6 ans, renouvelables par tiers tous les 2 ans, elle est dotée d'un bureau présidée par le Grand Maitre de la confrérie.

1.3. Devenir membre

Pour être membre de la confrérie, il faut être proposé par un membre actif et être en mesure de prouver son dévouement ou toute action en faveur de ce noble animal qu'est le lapin. Les prétendants sont intronisés au cours d'un chapitre sous le parrainage d'un ancien où il est fait état de leur bravoure. Pour la cérémonie, les chevaliers confirmés revêtent la tunique aux galons dorés de couleur terre, terre où la lapine édifie sa rabouillère pour donner la vie à ses petits. Ils sont coiffés du tricorne cher aux révolutionnaires qui défendirent notamment les valeurs républicaines dans le nouveau monde. Les récipiendaires prêtent serment sous l'emblème du lapin adossé, symbole de la Confrérie, reçoivent la médaille de bronze et sont élevés au titre de membre de la Confrérie. Après 2 ans de bons et loyaux services, ils obtiendront le titre suprême de Chevalier(ière) de l'Ordre International de la Confrérie de la Rabouillère.

2. Résultats (Pourquoi et Comment ?)

2.1. Un peu d'histoire

Au moyen âge, en dehors des monastères, les lapins : « connins » ou « counil » sont maintenus dans des espaces plus ou moins clos et plus ou moins étendus, réservés à la chasse : les varennes ou garennes (du latin médiéval « warenna », dérivé du germain « wardôn » = garder). La possession d'une garenne est un droit féodal (ban de garenne = territoire interdit à la chasse pour les tenanciers ou habitants, celle-ci étant réservée au seigneur). Modèle des seigneurs de cette période, Gaston Phébus, Comte de Foix et seigneur du Béarn, décrit dans son « Livre de la chasse » comment chasser le lapin et ses vertus culinaires. Véritable encyclopédie de la nature, son œuvre reste inégalée encore aujourd'hui et nous enseigne sur bien des points les conditions de vie dans les campagnes. Les serfs et les vilains, affamés par les rivalités entre seigneurs et l'interminable guerre de 100 ans, voyaient en ces garennes une possibilité de se fournir en viande, précieuse et rare. Disposant d'un outillage réduit, ils utilisaient des collets ou des bourses dans les coulées proches des terriers creusés par les lapines pour mettre bas : la rabouillère de rabotte, mot d'origine néerlandaise signifiant lapin). Las de ces braconnages, Phébus, fonda pour protéger son bien et son intérêt, une milice : « l'ordre des Maistres Conins ». Nantis du privilège de prélever une partie du gibier proportionnellement présent en guise de récompense et fort érudits dans le domaine de la chasse et de la nature, ce corps de gardes du Béarn sut, au fil des ans, gérer et faire fructifier les garennes avec grande habileté. Soucieux de conserver leur privilège, cette milice devint rapidement une corporation qui n'admit dans ses rangs seulement les individus possédant les connaissances indispensables pour accomplir leur travail de développement de ce type d'élevage et les valeurs morales nécessaires pour défendre le lapin, parfois au péril de leur vie.

Ces gardes ont largement contribué au développement de l'élevage du lapin mais en raison des dégâts causés par la multiplication des garennes, le pouvoir royal limita leur extension (ordonnance de Jean Le Bon en 1355 et de Charles VI, 1413). Toutefois, une ordonnance de Colbert en 1669 confirma ce droit seigneurial qui confortera le pouvoir de ces corps de police supplétifs pour protéger le lapin de ses prédateurs. En, 1789, toutes les corporations furent dissoutes et les garennes furent supprimées par l'annulation de l'ordonnance de Colbert. Cela n'empêcha pas le lapin de proliférer et de courir.

La lapin ayant été promu "gibier de tir" sous Napoléon III, la chasse aux lapins se popularise grâce aux écrivains comme Alfonse Daudet. L'ordonnance de la Werchmart concernant la réglementation de la chasse (1940) autorisera même, en raison de sa prolifération, les autorités françaises à chasser le lapin au fusil sur une partie des territoires occupés.

Au cours de l'été 1952, les services vétérinaires furent alertés par une maladie nouvelle frappant les lapins : la myxomatose avait fait son apparition. C'était il y a plus de 60 ans et il a fallu tout le savoir des amoureux du lapin et de ses inconditionnels pour le protéger, afin qu'il ne disparaisse pas à tout jamais. Animé des mêmes intentions en 1997, un petit groupe de passionnés issus de différents milieux, décidèrent à Codognan, ville dont l'emblème est le lapin, de conforter la pérennité de la cuniculture et de tout mettre en œuvre pour que cet animal emblématique occupe enfin la place qui lui sied.

2.2. Les activités de la Confrérie

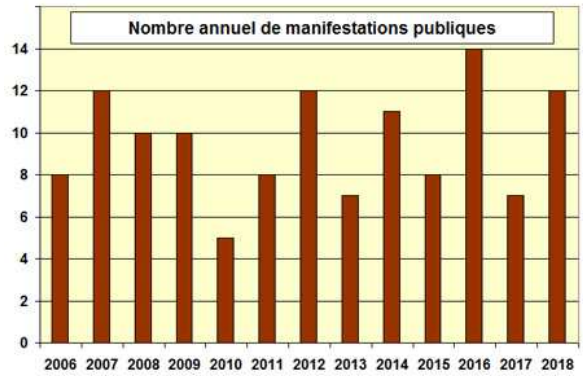
Depuis sa création la Confrérie multiplie les actions pour mettre en avant le lapin et ce en des occasions diverses et devant des publics variés.

Il s'agit tout d'abord d'être présence auprès du grand public lors de salons dédiés à l'agriculture ou à l'alimentation, ou de rencontres gustatives dédiées plus spécifiquement au lapin. Les visiteurs sont invités à déguster des produits transformés (rillettes et pâtés), y découvrent des recettes ou tout simplement l'animal et son élevage. La promotion se fait aussi

par le biais d'organisation de concours de cuisine en particulier dans les villes où ont lieu de grands évènements cunicoles (congrès, journées nationales). Enfin des formations sont faites dans certains établissements de formation agricole. Dans le même ordre d'idées et pour un public plus large des conférences sont données ou des expositions et découvertes gustatives organisées lors de manifestations festives moins spécialisées (fête de la science, fêtes traditionnelles partout en France ou à l'étranger).

Globalement au cours des 13 dernières années (2006-2018) l'ordre des chevaliers de la rabouillère a participé ou a organisé 124 manifestations publiques destinées à assurer la promotion du lapin en France ou à l'étranger. Suivant les années cela a représenté de 5 à 14 manifestations au cours d'une même année (Figure 1)

Figure 1 : Nombre annuel de manifestations publiques auxquelles la Confrérie a participé, ou qu'elle a organisées, pour assurer la promotion du Lapin.



Grands moments de la vie de la Confrérie et incontestable lien avec la société civile les chapitres magistraux qui donnent lieu à des intronisations de personnalités. A ce jour on y dénombre des élus (maires et députés), des professionnels de la cuniculture (juges, responsables d'organisations, éleveurs, vétérinaires, chercheurs), des transformateurs (bouchers, chefs cuisiniers y compris étoilés), des chroniqueurs dont Pierre Bonte et même un préfet et une directrice de grande maison de parfumerie (Galimard)!

3. Discussion

Les confréries, de par leur origine, et leur attachement à défendre les traditions et les produits de qualité bénéficient incontestablement d'un capital de sympathie et de reconnaissance auprès des consommateurs mais aussi du grand public. Cela permet de sensibiliser plus facilement certains interlocuteurs, de servir de relai et même faire sauter des verrous afin de conduire des actions promotionnelles qui n'auraient pas été possibles par des voies plus conventionnelles.

Certes, les mots qu'emploie la confrérie ou les arguments qu'elle développe pour promouvoir l'élevage du lapin sont très proches voire identiques à ceux utilisés par les membres de la filière mais sa prestance liée à son statut, son mode de fonctionnement, ses chapitres en uniforme font que certains messages en sont facilités et mieux acceptés notamment en ce qui touche à l'élevage. Cette approche différente est également plus facilement médiatisée par les journalistes ou chroniqueurs (dont un certain nombre a été intronisés) qui sont à la recherche d'actions originales et appréciées du grand public.

Les actions menées par la confrérie sont le plus souvent dans le prolongement des actions promotionnelles menées par l'interprofession (CLIPP) ou les organisations professionnelles (fabricants d'aliments, abattoirs, producteurs...). L'ensemble des membres de la filière qu'ils soient d'amont ou d'aval ont le plus souvent appuyé les actions par des dons, des mises à disposition ou en facilitant des contact lors de l'organisation de manifestations. La régulière contribution financière du CLIPP est à souligner. Il fournit régulièrement des documents permettant d'être plus audibles auprès des politiques, étudiants ou consommateurs.

Les membres de la confrérie agissent en véritables ambassadrices ou ambassadeurs du lapin. Comment ne pas citer cette Chevalière députée de l'Aveyron qui par deux fois a interpellé le gouvernement en exposant les difficultés que rencontrent les éleveurs cunicoles par la procédure des questions écrites. Comment ne pas citer cette Présidente des restaurateurs du Périgord qui a inséré un plat de lapin dans sa carte autrefois exclusivement réservé aux produits à base de canard gras et de truffe après son intronisation. Les exemples sont nombreux, les participants aux diverses JRC du Mans on pu le constater et ils ont tous comme conséquence un

impact très favorable sur la production et la consommation de viande de lapin

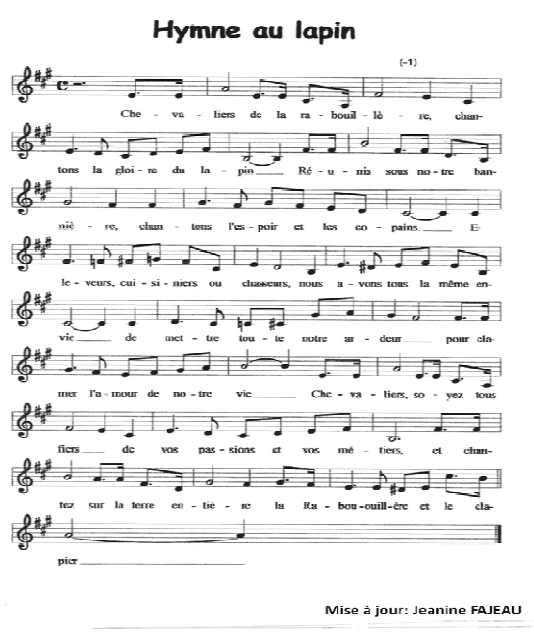
Pour renforcer les liens entre ses membres et ses relations avec le grand public, la confrérie a ouvert un site Internet en 2013. Ce site en accès libre, a pour URL

https://www.confrerie-rabouillere.fr

4. Conclusion

Faire partie de la confrérie de l'ordre de la Rabouillère c'est passer un peu de son temps pour défendre ses convictions et soutenir ce à quoi l'on croit en alliant savoirs, convivialité et plaisirs.

La confrérie est une structure active de promotion dédiée, une des très rares aujourd'hui consacrée exclusivement au lapin, ouverte aux idées et à celles et ceux qui œuvrent pour et autour du lapin.



Génétique

Réponse métagénomique à la sélection de la teneur en lipides intramusculaire chez le lapin

Blasco A.*, Martínez-Alvaro M., Zubiri-Gaitán A., Hernández P.

ICTA. Universitat Politècnica de València. Valencia 46022. Espagne

* correspondant: ablasco@dca.upv.es

Résumé – Une analyse métagénomique de 2 lignées de lapins sélectionnés de façon divergente sur 10 générations pour le caractère lipides intramusculaire (GA et GB) a été réalisée. Des échantillons du contenu caecal de 40 lapins appartenant à chaque lignée ont été analysés. Après l'analyse de la qualité des séquences obtenues, 6 230 gènes ont été identifiés à partir des échantillons du microbiote. Les gènes non détectés dans 25% des échantillons ont été éliminés, laissant finalement 4, 540 gènes. Considérant qu'il s'agit de données de composition, elles ont été transformées à l'aide de la méthode du log-quotient centré. On a effectué une analyse PLS-DA (Projection sur structures latentes, analyse discriminant) afin d'identifier les gènes liés à la discrimination des lignées à teneur haute et basse en lipides intramusculaire. Après la première analyse PLS-DA, les gènes avec un VIP> 1 ont été sélectionnés, laissant 105 gènes capables de discriminer les individus appartenant à chaque lignée, avec Q^2=0,92 de validation croisée. Ces gènes microbiens codent pour des protéines impliquées dans différentes voies métaboliques, les voies les plus importantes étant celles du métabolisme énergétique (18 gènes). L'analyse a été répétée pour ces 18 gènes, obtenant une validation croisée avec Q^2 = 0.52. Deux gènes impliqués dans le métabolisme du méthane, sous-unité bêta de malate-CoA ligase (K14067) et dihydroxyacétone kinase (K00863), avaient la valeur VIP la plus élevée, montrant une relation pertinente avec les lipides intramusculaire. La lignée haute GA a montré une plus grande abondance de gènes impliqués dans des voies glucidiques spécifiques telles que le mannose et le fructose (L-rhamnose isomérase (K01813), P = 0,99, et la dihydroxyacétone kinase (K00863), P = 0,82). Dans la ligne de lipides intramusculaires faibles (GB), d'autres gènes tels que la D-sedoheptulose 7-phosphate isomérase (K03271) et la O-antigène ligase (K02847), impliqués dans la biosynthèse des lipopolysaccharides, étaient plus abondants (P = 0,98 et P = 0,99, respectivement).

Abstract – Metagenomic answer to selection of intramuscular lipids in the rabbit. A metagenomic analysis of 2 rabbit lines divergently selected for intramuscular fat (GA and GB) was performed. Caecal content samples from 40 rabbits belonging to each line were analysed. After analysing the quality of the sequences obtained, 6,230 genes were identified from the metagenomic samples. The undetected genes in 25% of the samples were removed, eventually leaving 4,540 genes. Considering that they are composition data, they were transformed using the log-quotient centred method. PLS-DA (Latent Projection, Discriminant Analysis) analysis was performed to identify genes related to the discrimination of high and low intramuscular fat lines. After the first PLS-DA analysis, "VIP" genes with a VIP> 1 were selected, leaving 105 genes capable of discriminating individuals belonging to each line, with cross-validation Q^2 = 0.92. These microbial genes encode proteins involved in different metabolic pathways, the most important pathways being related to energy metabolism (18 genes). The analysis was repeated for these 18 genes, obtaining cross-validation with Q^2 = 0.52. Two genes involved in methane metabolism, beta subunit of malate-CoA ligase (K14067) and dihydroxyacetone kinase (K00863), had the highest VIP value, showing a relevant relation with intramuscular fat. The GA line showed a greater abundance of genes involved in specific carbohydrate pathways such as mannose and fructose, L-rhamnose isomerase (K01813), P = 0.99, and dihydroxyacetone kinase (K00863), P = 0.82. In the low intramuscular fat line (GB), other genes such as D-sedoheptulose 7-phosphate isomerase (K03271) and O-antigen ligase (K02847), involved in lipopolysaccharide biosynthesis, were more abundant (P = 0.98 and P = 0.99, respectively).

Introduction

Augmenter le contenu en lipides intramusculaires (LIM) de la viande présente un grand intérêt économique car la viande est plus tendre, plus juteuse et cela améliore sa saveur. Certaines études établissent, chez l'homme et la souris, un lien entre les dépôts lipidiques et le profil microbien du tube digestif (Krajmalnik-Brown et al. 2012), et d'autres processus tels que le métabolisme des glucides (Yang et al., 2016). Des études récentes montrent que la composition du microbiote peut également être déterminée par le génome de l'individu où le microbiote est hébergé (Blekhman et al., 2015; Bonder et al., 2016).

Néanmoins, le lien de cause à conséquence entre le profil génétique de l'hôte et la composition du microbiote est encore limité.

Deux lignées de lapins de même origine génétique ont été développées et sélectionnées en fonction de la teneur en lipides intramusculaires, haute (lignée GA) et basse (lignée GB) pendant dix générations (Martínez-Álvaro et al. 2016). Ces lignées constituent un matériel exceptionnel pour l'étude des bases génétiques du dépôt gras et des LIM, car ils sont modifiés après la sélection à partir d'une origine génétique commune, contrairement à la comparaison de deux races différentes, qui peuvent différer par de nombreux autres gènes. Dans cette étude, nous allons à étudier la réponse corrélée à la sélection pour les LIM et le métagénome du contenu cæcal, et nous allons essayer d'identifier les voies métaboliques modifiées après la sélection.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

La procédure de sélection pour le développement des lignes GA et GB a été décrite dans Martínez-Álvaro et al. (2016) pour les sept premières générations, et la même procédure de sélection a été utilisée pour les générations suivantes. Seize et dix-sept lapins des lignées GA et GB de la génération 10 ont été élevés en même temps, consommant le même aliment commercial sans antibiotiques, et ils ont été sacrifiés à l'âge de 9 semaines, après un jeûne de 4 heures. Immédiatement après le sacrifice, des échantillons de contenu caecal ont été recueillis, homogénéisés et stockés à -80°C. L'extraction de l'ADN a été faite avec le kit DNeasy PowerSoil (Qiagen). Les échantillons ont été séquences avec Illumina NextSeq dans un kit de 100 échantillons. Le couverture moyenne a été de 4 394 519 lectures par échantillon. La couverture moyenne par contig a été de 2,49 lectures par contig. La longueur moyenne des lectures appariées était de 2 x 150 pb. Les lectures ont été alignées sur la base de données KEGG (http://www.kegg.jp) et 6 230 gènes microbiens ont été identifiés. Après avoir éliminé ces gènes à zéro chez plus de 8 animaux, il nous est resté 4540 gènes.

1.2. Analyses statistiques

Les données métagénomiques ont été prétraitées en utilisant la transformation du rapport du logarithme centré (clr) en raison de sa nature compositionnelle, comme suggéré par Gloor et al. (2017). Les gènes microbiens qui diffèrent dans les deux lignées ont été identifiés par une analyse discriminante basée sur les projections sur les structures latentes (DA-PLS, SIMCA, P + 15.0.1, Umetrics, Umea, Suède) avec un vecteur de classification GA vs GB comme variable dépendante et les 4 540 gènes microbiens en tant que variables indépendantes. Les variables ont été sélectionnées sur la base du critère d'importance de chaque variable dans la projection (VIP). En considérant que les gènes microbiens avec un VIP <1.0 contribuent peu à la prédiction, ils ont été éliminées jusqu'à ce que le modèle DA-PLS perde de la capacité prédictive, mesurée par le Q^2 de validation croisée. Le modèle final a été construit avec 3 composants latents et comprenait 105 gènes. Ensuite, les voies métaboliques correspondant à ces 105 gènes ont été identifiées.

Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur les gènes impliqués dans le métabolisme énergétique (18 gènes au total). Ces 18 gènes ont été analysés avec un modèle DA-PLS les incluant comme variables indépendantes et le vecteur de classification GA vs GB en tant que variable dépendante. Ce modèle a été construit avec un seul composant latent. L'abondance relative des gènes ont été estimée par animal, en se référant à la somme des décomptes des 105 gènes modifiés après sélection que nous avons considéré importants. Par la suite, les distributions marginales des différences entre les lignées GA et GB ont été estimées pour l'abondance relative des 18 gènes impliqués dans métabolisme énergétique, à l'aide du programme Rabbit (ICTA, Universitat Politècnica de València). Sur ces distributions marginales, on a estimées la probabilité pour la différence d'être positive lorsque la médiane est positive, ou négative lorsque la médiane est négative.

2. Résultats et discussion

La sélection selon les LIM a eu une réponse corrélée à l'abondance relative de 105 gènes microbiens du contenu caecal des lapins, identifiés par DA-PLS. Ces 105 gènes classent de manière appropriée des animaux en GA ou GB, comme on peut le voir avec les résultats de la validation croisée (Q^2=92%). Ces 105 gènes microbiens codent pour des protéines impliquées dans différentes voies métaboliques, les plus importantes étant celles du métabolisme énergétique (18 gènes), de la transduction du signal (10), du métabolisme des nucléotides (8) et métabolisme des acides aminés (5), du transport membranaire (5), de la réplication et la réparation des acides nucléiques (3), la traduction (3) et le métabolisme des cofacteurs et des vitamines (3).

Tableau 1. Gènes microbiens impliqués dans le métabolisme énergétique avec des différences dans leur abondance relative dans les lignées de graisse intramusculaire haute (GA) et basse (GB).

KEGG		Moyenne	GA-GB	Proba.
K14067	malato-CoA ligase, sousunité béta	315	147	0,98
K00863	dihidroxiacetone quinase	81	44	0,82
K01813	L-ramnose isomerase	5 489	773	0,99
K15987	stimulation de la pompe à sodium à pyrophosphate énergisé	14 138	1 437	0,98
K18697	phosphatidil-glycero-phosphatase C	1 637	714	0,98
K01183	chitinase	1 799	661	0,95
K12339	cysteine synthétase B	1 379	377	0,92
K07248	lactaldehydo déshydrogenase /glycolaldéhyde déshydrogenase	811	304	0,84
K01208	cyclomaltodextrinase	7 914	-989	1,00
K03079	L-ribulose-5-phosphate 3-épimerase	535	-264	1,00
K16951	sulfito réductase anaérobie, sous-unité B	415	-124	1,00
K00362	nitrite réductase (NADH), grande sous-unité	1 766	-490	1,00
K02847	O-antigène ligase	5 571	-2 708	0,99
K13015	UDP-N-acetyl-D-glucosamine déshydrogenase	848	-182	1,00
K01040	glutaconate CoA-transférase sous-unité B	121	-62	1,00
K03271	D-sedoheptulos 7-phophato isomerase	5 145	-473	0,98
K00374	nitrate réductase, sous-unité gamma	177	-110	0,98

Moyenne = abondance relative des 105 gènes sélectionnés ($\times 10^{-6}$)

GA−GB = différence d'abondance relative entre lignées pour les 105 gènes sélectionnés ($\times 10^{-6}$)

Proba. = probabilité pour que la différence GA−GB soit différente de 0 (positive ou négative)

Ce travail s'est concentré sur les gènes microbiens impliqués dans les voies du métabolisme énergétique. Le tableau 1 montre les gènes microbiens impliqués dans les voies énergétiques avec une abondance relative différente entre les lignées GA et GB. Deux gènes impliqués dans le métabolisme du méthane, sous-unité bêta de la malate-CoA ligase (K14067), et dihydroxyacétone kinase (K00863), avait la valeur VIP la plus élevée, montrant une relation pertinente avec la graisse intramusculaire.

La méthanogenèse est un processus qui consomme de l'hydrogène (H_2). Celui-ci est un produit final de la fermentation des glucides, et il agit également en tant que régulateur de celle-ci. Une étude chez l'homme et la souris suggère qu'il existe un enrichissement en méthanogènes oxydant H_2 chez les individus obèses, consommant plus efficacement H_2 et entraînant ainsi un taux de fermentation plus élevé (Krajmalnik-Brown et al., 2012). En outre, la lignée GA a montré une plus grande abondance de gènes impliqués dans des voies glucidiques spécifiques telles que le mannose et le fructose, L-rhamnose isomérase (K01813), P=0,99, et la dihydroxyacétone kinase (K00863), P=0,82. Dans la lignée GB, d'autres gènes tels que la D-sedoheptulose 7-phosphate isomérase (K03271) et la O-antigène ligase (K02847), impliqués dans la biosynthèse des lipopolysaccharides, étaient plus abondants (P=0,98 et P=0,99, respectivement). Finalement, lorsque nous avons analysé ces 18 gènes microbiens dans un modèle DA-PLS, le Q^2 obtenu après validation croisée était de 56%, ce qui montre un haut pouvoir de classification pour ces gènes.

Conclusions

Nôtres résultats préliminaires soulignent l'importance du microbiote intestinal sur le dépôt de lipides dans le muscle chez le lapin, et montrent que la sélection par les LIM conduit à une réponse corrélée dans le profil métagénomique. Dans cette étude, centrée sur les voies du métabolisme énergétique, nous avons observé un enrichissement de différentes voies en GA et en GB suite à la sélection. De plus, ces résultats impliquent une connexion entre les gènes de l'individu et les gènes microbiens de leur contenu caecal.

Remerciements

Cette expérience a été subventionnée par le projet AGL2017-86083-C2-1 du Plan Nacional de Investigación. Marina Martínez-Álvaro a été subventionnée par le contrat APOSTD / 2017 / 060 de la Generalitat Valenciana.

Références

Blekhman R., Goodrich J.K., Huang K., Sun Q., Bukowski R., Bell J.T, Spector T.D., Keinan A., Ley R.E., Gevers D., Clark A.G. 2015. Host genetic variation impacts microbiome composition across human body sites. *Genome Biology* 16: 191

Bonder M.J., Kurilshikov A., Tigchelaar E. F., Mujagic Z., Imhann F., Vila A.V., Deelen P., Vatanen T., Schirmer M., Smeekens S.P., Zhernakova D.V., Jankipersadsing S.A., Jaeger M., Oosting M., Cenit M.C., Masclee A.A., Swertz M.A., Li Y., Kumar V., Joosten L., Harmsen H., Weersma R.K., Franke L., Hofker M.H., Xavier R.J., Jonkers D., Netea M.G., Wijmenga C., Fu J., Zhernakova D.V. 2016. The effect of host genetics on the gut microbiome. *Nature genetics* 48: 1407-1412.

Gloor G.B., Macklaim J.M., Pawlowsky-Glahn V., Egozcue J.J. 2017. Microbiome datasets are compositional: and this is not optional. *Front Microbol* 8: 2224.

Krajmalnik-Brown, R., Ilhan, Z.E., Kang, D.W. & DiBase, J.K. 2012. Effects of gut microbes on nutrient absorption and energy regulation. *Nutr Clin Prac* 27: 201-214.

Martínez-Álvaro, M., Hernández, P. & Blasco, A. 2016. Divergent selection on intramuscular fat in rabbits: Responses to selection and genetic parameters. *J Anim Sci* ., 94: 4993-5003.

Yang H., Huang X., Fang S., Xin W., Huang L., Chena C. 2016. Uncovering the composition of microbial community structure and metagenomics among three gut locations in pigs with distinct fatness. *Sci Rep*. 6: 27427

.

Intérêt de la mesure de la consommation résiduelle en alimentation rationnée pour l'amélioration de l'efficacité alimentaire dans une lignée mâle Hycole

Herbert C.[1*], Suteau M.[2], Lenoir G.[2]

[1] HYCOLE, route de Villers-Plouich, 59159 MARCOING, France.
[2] AXIOM, la Garenne, 37310 AZAY-SUR-INDRE, France.

* correspondant : caroline.herbert@hycole.com

Résumé - Une étude a été menée sur plusieurs critères d'optimisation de l'efficacité alimentaire : la consommation résiduelle (CR) et l'indice de consommation (IC). L'objectif est d'identifier un ou plusieurs critères permettant de sélectionner et d'améliorer l'efficacité alimentaire des animaux. L'étude a porté sur un échantillon de 393 données provenant de mâles de lignée mâle X HYCOLE, de mai 2017 à janvier 2019. Les mesures de consommation alimentaire ont été effectuées sous rationnement temporel afin de correspondre aux réalités du terrain. Les mesures ont été effectuées dans des cages hébergeant deux pleins frères afin de limiter les biais. Les analyses statistiques ont été estimées sous le logiciel R et les paramètres génétiques sous ASReml. Nos résultats ont montré une héritabilité de 0,20 ± 0,15 pour la CR et de 0,18 ± 0,13 pour l'IC, avec une corrélation phénotypique forte entre ces deux critères (0,71). La CR et l'IC présentent des corrélations phénotypiques faibles ou moyennes avec les critères de croissance, ils influencent donc peu la croissance des animaux. L'analyse des paramètres génétiques ne permet pas d'obtenir des corrélations significatives mais permet de déterminer des tendances intéressantes pour le critère consommation résiduelle.

Abstract - Interest of measuring the residual feed intake in rationed feeding for the improvement of feed efficiency in a Hycole male line. A study was conducted on several criteria for optimizing food efficiency: the residual consumption (RC) and the feed conversion ratio (FCR). The objective is to identify one or more criteria for selecting and improving the feed efficiency of animals. The study involved a sample of 393 data from X HYCOLE line males, from May 2017 to January 2019. Food consumption measurements were performed under hourly feeding to match field realities. The measurements were carried out on cages containing two full brothers in order to limit the biases. Statistical analyzes were estimated under software R and genetic parameters under ASReml. Our results showed a heritability of 0.20 ± 0.15 for RC and 0.18 ± 0.13 for FCR, with a strong phenotypic correlation between these two criteria (0.71). RC and FCR have low or medium phenotypic correlations with growth criteria, so they have little influence on animal growth. Genetic parameters analysis does not allow to obtain significant correlations but makes it possible to determine interesting trends for the residual consumption criterion.

Introduction

Une des demandes de la filière cunicole est de produire des animaux ayant un poids d'abattage constant mais de plus en plus efficaces au niveau alimentaire. En effet, l'alimentation des lapins de chair peut représenter 52 à 59% des coûts de production (Hurand, 2016). La sélection du critère GMQ en alimentation rationnée sous forme de rationnement dit quantitatif est généralement utilisée pour améliorer l'efficacité alimentaire. Cet indicateur est facile à mesurer en routine mais, la sélection par ce critère entraîne une hausse du poids à âge constant, ce qui ne répond plus aux demandes actuelles de la filière. Deux autres indicateurs permettent de mesurer l'efficacité alimentaire des animaux : l'indice de consommation (IC), défini comme le ratio entre la quantité d'aliments consommés (en kg) et le gain de poids des animaux entre le sevrage et l'abattage (Gidenne *et al.*, 2017), et la consommation résiduelle (CR) qui représente la fraction d'aliments ingérés par les animaux et non expliqués par leurs besoins d'entretien et de production (Larzul & De Rochambeau, 2005). Dans une première étape de l'expérience, une comparaison entre un lot standard sous rationnement quantitatif (RQ) et un lot sous rationnement temporel (RT) a été effectuée (résultats non publiés). Cette comparaison a montré l'intérêt du rationnement temporel puisqu'il n'y a pas de différence significative de croissance entre les deux lots mais, des différences significatives de consommation alimentaire et d'IC. Les lapins du lot RT ont consommé en moyenne 735 g d'aliment en moins (4,852 kg contre 5,587 kg), soit 13,2 % de moins, pour une croissance équivalente. La différence entre les lots RQ et RT est de 13,4% pour l'IC moyen, aussi à l'avantage du lot RT (2,53 contre 2,92). Ce rationnement a montré un intérêt dans l'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux et la suite du protocole a été effectuée sous rationnement temporel. L'objectif de l'étude est d'identifier un ou plusieurs critères permettant de sélectionner et d'améliorer l'efficacité alimentaire des animaux dans des conditions de rationnement temporel tout en étant facilement mesurables en routine.

1. Matériel et méthodes

1.1. Données

Les mesures ont été réalisées entre mai 2017 et janvier 2019 à la station de sélection Hycole sur des mâles de la lignée mâle X. Cette lignée est actuellement sélectionnée, à l'aide d'une évaluation BLUP sur les critères suivants : la viabilité en engraissement, la surface de râble mesurée par échographie et le GMQ sous alimentation rationnée. Le rationnement est quantitatif. Le protocole a été mené sur 12 puis 24 cages par bande, logeant chacune un couple

de lapins mâles frères, de poids équivalent, afin de permettre une analyse génétique des données. Les lapins ont été mis en duo et non en cage individuelle du fait des contraintes matérielles de l'élevage. A chaque bande sevrée, 24 à 48 mâles ont été placés entre 32 et 66 jours d'âge dans des cages spécifiques, sous rationnement temporel. Ils ont tous été élevés dans une même salle d'un bâtiment fermé à ambiance contrôlée.

Dans chaque cage se trouvait une mangeoire équipée d'une trappe afin de permettre ou d'empêcher l'accès à l'aliment. Les animaux ont eu un accès libre à l'eau et un accès à l'aliment limité à 15 heures par jour excepté le week-end afin de concorder avec les horaires des animaliers. Les animaux ont eu accès à l'aliment pendant 15h00 entre le vendredi soir et le samedi matin et 24h00 entre le dimanche et le lundi matin.

Chaque semaine, le jeudi, la mangeoire était pesée avant et après remplissage, afin d'évaluer la consommation d'aliment hebdomadaire. Les couples de lapins ont aussi été pesés. Les données étudiées correspondent aux mesures effectuées sur les couples de lapins. Six mesures ont ainsi été obtenues pour chaque variable et chaque duo d'animaux. La valeur moyenne des deux animaux a été prise en compte dans les calculs de cette étude, afin de faciliter l'interprétation et la comparaison avec d'autres études. Dans le cas où un des deux lapins mourrait, le calcul du gain de poids entre deux pesées prenait en compte le poids moyen de la dernière pesée en tant que poids de l'animal mort.

Les variables analysées sont pour chaque couple de frères : le poids au sevrage (Psev), la consommation alimentaire totale (CTot), le poids à 66 jours (P66), le poids métabolique moyen (PMM) qui correspond au poids moyen des animaux à la puissance 0,75, l'IC, la CR, le gain de poids entre deux pesées, le gain de poids entre 32 et 66 jours et le GMQ.

27 bandes ont été étudiées, soit un échantillon de 393 données de couples et d'animaux seuls en cage.

1.2. Méthodes

La consommation résiduelle est obtenue grâce à une régression linéaire multiple représentée sous la forme :
CTot= µ + b1*PMM + b2*Gain de poids + CR

CTot étant la prise alimentaire de l'animal entre 32 et 66 jours, µ la prise alimentaire moyenne et b1 et b2, les coefficients partiels de régression.

L'IC est obtenu par le ratio consommation totale sur gain de poids entre 32 et 66 jours.

Une première analyse descriptive des données a été réalisée à partir du logiciel R (R Core Team, 2017). Les corrélations phénotypiques ont été estimées à l'aide de la méthode de Pearson.
Les composantes de variances et covariances ont ensuite été analysés en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance restreint (REML) avec le logiciel ASReml (Gilmour *et al*, 2009). Dans un premier temps, une analyse unicaractère ayant pour but de tester la significativité des effets fixes a été réalisée. Un seul effet fixe a été retenu : la bande de naissance. En plus de l'effet bande, un facteur à effets aléatoires a été pris en compte dans le modèle: l'effet génétique additif de l'individu. Les caractères ont été analysés individuellement dans un premier temps puis deux à deux afin d'estimer les corrélations génétiques.

2. Résultats et discussion

2.1. Résultats phénotypiques

Le tableau 1 présente les moyennes pour les différents caractères étudiés. L'estimation de la consommation résiduelle pour un lapin a été obtenue à partir de l'équation suivante :

CR = 0,8 + Consommation totale - 2,3*PMM -1,2*Gain de poids

Tableau 1. Moyenne des caractères (N=393

	Moyenne ± écart-type
Poids individuel au sevrage (kg)	0,819 ± 0,130
Poids individuel à 66 jours (kg)	2,775 ± 0,319
Gain de poids total (kg)	1,908 ± 0,306
Consommation totale (kg)	4,956 ± 0,844
GMQ (g/j)	55,8 ± 8,3
Indice de consommation	2,78 ± 0,2
Taux de mortalité (%)	10,2 ± 9,5

Les distributions des valeurs calculées pour les indices de consommation et la consommation résiduelle montrent que les deux critères sont tous deux proches de la normalité. Les consommations résiduelles varient entre -1,582kg et 2,000kg. La distribution des IC est moins variable que celle des résidus de consommation. La CR est donc plus intéressante sur ce point puisqu'elle va permettre de mieux différencier les très bons animaux des autres individus. Les corrélations phénotypiques entre les différents caractères sont présentées dans le tableau 2.

Les corrélations phénotypiques montrent des valeurs positives et fortes entre la CTot et tous les autres critères de croissance, ainsi qu'avec les deux critères d'efficacité alimentaire étudiés. La CTot influence fortement la croissance des animaux, ce qui est cohérent. Les corrélations phénotypiques sont aussi fortes et positives entre le GMQ et les critères P66 et CTot. Ces résultats sont cohérents puisque le GMQ est calculé à partir du gain de poids entre le sevrage et 66 jours.

L'IC et la CR ont une corrélation phénotypique forte et favorable (r =0,71). Ainsi, la diminution de la consommation résiduelle des animaux va entraîner une diminution de leur IC.

Tableau 2 : Corrélations phénotypiques (au-dessus de la diagonale ± erreur standard), génétiques (au-dessous de la diagonale ± erreur standard) **et héritabilités (h^2)** (± erreur standard) **des caractères mesurés en phase d'engraissement.**

	PMM	Psev	P66	CTot	GMQ	CR	IC	h^2
PMM		0,67 ± 0,06	0,79 ± 0,04	0,69 ± 0,06	0,73 ± 0,06	0,13 ± 0,10	0,24 ± 0,09	
Psev			0,54 ± 0,08	0,31 ± 0,09	0,15 ± 0,10	0,07 ± 0,10	0,34 ± 0,09	0,43 ± 0,15
P66		-		0,81 ± 0,04	0,84 ± 0,03	0,33 ± 0,09	0,13 ± 0,10	0,19 ± 0,13
CTot		0,84 ± 0,23	-		0.82 ± 0,04	0,70 ± 0,05	0,53 ± 0,08	0,33 ± 0,16
GMQ		0,54 ± 0,44	0,69 ± 0,32	0,93 ± 0,17		0,27 ± 0,10	0,02 ± 0,10	0,09 ± 0,13
CR		0,59 ± 0,57	0,86 ± 0,65	0,81 ± 0,26	0,76 ± 0,68		0,71 ± 0,05	0,20 ± 0,15
IC		0,16 ± 1,54	0,10 ± 0,62	0,18 ± 0,48	0,75 ± 0,77	0,59 ± 0,35		0,18 ± 0,13

L'IC et la CR ont une corrélation phénotypique forte et favorable (r =0,71). Ainsi, la diminution de la consommation résiduelle des animaux va entraîner une diminution de leur IC.

2.2. Héritabilité

Les valeurs d'héritabilités sont comprises entre 0,09 ± 0,13 et 0,43 ± 0,15 (tableau 2). Les héritabilités présentées sont à prendre avec un certain recul du fait de la faible précision des estimations mais permettent de dégager des tendances. Le caractère GMQ possède une héritabilité faible (0,09 ± 0,13). Elle est plus faible que celle calculée sur l'ensemble des données de la lignée X par HYCOLE (h^2=0,17 ± 0,01 – 57 519 mesures). Cette différence peut s'expliquer par la faible taille de l'échantillon et des conditions de mesures différentes.

Les héritabilités de l'IC et de la CR sont du même ordre de grandeur. L'héritabilité obtenue pour l'IC est plus faible que celles obtenues par Larzul & De Rochambeau (0,27 ; 2005) et Drouilhet *et al.* (0,22 ; 2013) sur des protocoles d'alimentation à volonté. Ces différences de protocole d'alimentation, notre échantillon de petite taille, ainsi que les lignées différentes peuvent expliquer ces différences.

L'héritabilité de la CR est aussi plus faible que celle obtenue par Larzul & De Rochambeau (2005) qui avaient travaillé sur une seule génération (0,45), comme dans notre cas, mais avec un programme d'alimentation à volonté. Elle est par contre, un peu plus élevée que celle calculée par Drouilhet *et al.* (0,16 ; 2013). Les mêmes raisons que pour l'IC peuvent expliquer ces différences.

2.3 Corrélations génétiques

Les corrélations génétiques entre les différents caractères sont représentées dans le tableau 2. Certaines corrélations génétiques n'ont pu être estimées pour des raisons calculatoires, l'absence de convergence du modèle.
Nous avons estimé une corrélation de 0,75 ± 0,77 entre l'IC et le GMQ, différente de ce que l'on trouve dans la bibliographie. En effet, l'IC possède des corrélations génétiques négatives de moyenne à forte avec le GMQ pour Piles *et al.* (-0,47 ; 2004) et Moura *et al.* (-0,82 ; 1997) alors qu'ici, elle semble moyenne et défavorable. La moindre indépendance du critère GMQ dans les références bibliographiques est probablement en partie due au mode de distribution de l'aliment, différent dans cette étude par rapport aux autres études. L'aliment a été distribué *ad libitum* dans ces premières. La CR et le GMQ possèdent aussi une corrélation moyenne et défavorable. Toutes ces différences dans les corrélations génétiques sont à relativiser du fait des intervalles d'erreur parfois très élevés, comme entre l'IC et le GMQ qui empêche actuellement d'exclure une corrélation nulle ou négative entre ces deux critères.

Les corrélations entre P66 et les critères de sélection testés semblent fortes et positives avec une erreur standard aussi très importante qui les rend non significatives. Larzul & De Rochambeau (2005) ont estimé une corrélation génétique forte et positive entre le poids au sevrage et la consommation résiduelle (0,63 ± 0,46), comme dans notre cas. La corrélation entre le poids final et la consommation résiduelle (0,19 ± 0,19) est par contre moyenne et très différente de celle estimée ici. Les différences peuvent être expliquées par le protocole et la lignée différents entre ces deux essais.
La corrélation entre l'IC et CTot présente encore une erreur standard trop importante pour être significative. La CR possède par contre, une corrélation forte et positive avec CTot, en accord avec les résultats obtenus pour les corrélations phénotypiques entre la CR et CTot. Une sélection sur la CR tendrait donc à sélectionner des animaux qui consomment moins d'aliment pour un même poids final.

Conclusion

La sélection de l'efficacité alimentaire par le critère de la consommation résiduelle peut répondre aux attentes actuelles de la filière cunicole sur ce sujet : la variabilité importante de la consommation alimentaire des animaux, en plus de celle nécessaire à la couverture du besoin d'entretien, permet une augmentation du différentiel de sélection entre la valeur des candidats retenus et la moyenne de la population. Les deux critères possèdent une héritabilité équivalente. Les corrélations phénotypiques sont plus fortes entre la CR et les critères de croissance par rapport à l'IC avec ces mêmes critères. Les estimations des corrélations génétiques obtenues sont peu pertinentes du fait de la taille du jeu de données. Il est tout de même à noter que l'IC est un ratio : l'amélioration de l'efficacité alimentaire sera plus lente avec l'utilisation du critère IC plutôt que du critère CR (Willems *et al.*, 2013).

L'essai montre donc l'intérêt des deux critères pour la sélection sur l'efficacité alimentaire, avec une tendance intéressante pour la CR. Cet essai est donc prolongé afin d'obtenir des estimations plus précises et confirmer les tendances sur les deux critères étudiés.

Références

Drouilhet, L., Gilbert, H., Balmisse, E., Ruesche, J., Tircazes, A., Larzul, C., Garreau, H., 2013. Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. *J. Anim. Sci.* 91, pp 3121-3128.

Gilmour, A.R., Gogel, B.J., Cullis, B.R., Thompson, R., 2009. ASReml User Guide Release 3.0 [logiciel]. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK.

Hurand, J., 2016. L'élevage de lapins de chair en France, Résultats technico-économiques 2015. *ITAVI*, n°40.

Larzul, C. & De Rochambeau, H., 2005. Selection for residual feed consumption in the rabbit. *Livestock Production Science* 95 (1-2), 67-72.

Moura, A.S., Kaps, M., Vogt, D.W., Lamberson, W.R., 1997. Two-way selection for daily gain and feed conversion in a composite rabbit population. *J Anim Sci*.,75 (9), 2344-2349.

Piles, M., Gomez, E.A., Rafel, O., Ramon, J., Blasco, A., 2004. Elliptical selection experiment for the estimation of genetic parameters of the growth rate and feed conversion ratio in rabbits. *J Anim Sci.* , 82, 654-660.

R Core Team, 2017. R: A Language and Environment for Statistical Computing (version 3.4.0) [logiciel]. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienne, Autriche. Disponible sur https://www.R-project.org/

Willems, O.W., Miller, S.P., Wood, B.J., 2013. Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry. *World Poult. Sci. J.,* 69, 77–87

Projet RELAPA (génomique pour la REsistance génétique des LApins à la PAsteurellose) : statut hématologique de lapins résistants et sensibles

Gunia M.[1]*, Lantier F. [2], Balmisse E. [3], Guitton E.[4], Helloin E. [2], Le Cren D. [5], Lenoir G.[6], Maupin M.[7], Robert R.[8], Riou M.[4], Garreau H[1].

[1] GenPhySE, INRA, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France
[2]ISP, INRA Centre Val de Loire, Université François Rabelais de Tours, UMR 1282, 37380 Nouzilly, France
[3]PECTOUL, INRA, 31326 Castanet-Tolosan, France
[4]PFIE, INRA Centre Val de Loire, 37380 Nouzilly, France
[5]CLIPP, 75009 Paris, France
[6]HYCOLE, Route de Villers-Plouich, 59159 Marcoing, France
[7]HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France
[8]Ex-EUROLAP, fusion avec HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

* correspondante : melanie.gunia@inra.fr

Résumé – La pasteurellose est la première cause de mortalité des femelles en élevage cunicole. Lors du projet RELAPA, 953 lapins ont été inoculés à l'âge de 6 semaines avec une souche de *Pasteurella multocida* (*Pm*) pyogène et suivis pendant 14 jours. La réponse des animaux était très variable, avec 7% de lapins résistants et 11% d'animaux très sensibles. Des numérations formules sanguines ont été réalisées 14 jours après l'inoculation sur 574 lapins inoculés et 28 témoins. Des différences significatives de composition du sang en globules blancs, rouges et plaquettes ont été observées selon la note de résistance attribuée à l'animal. On constate chez les animaux sensibles un nombre de globules rouges inférieur, résultant probablement de l'activité hémolytique et hémorragique de *Pm*. Les animaux sensibles ont une proportion plus importante de monocytes, neutrophiles, éosinophiles impliqués dans la réponse immunitaire innée et la réponse inflammatoire, et une proportion inférieure de lymphocytes (impliqués dans la réponse immunitaire adaptative) comparés aux animaux très résistants et aux témoins. Ces animaux sensibles semblent donc ne pas réussir à monter une réponse immunitaire leur permettant de contrôler l'infection. L'effet significatif du père sur le nombre des différents types de leucocytes suggère une variabilité génétique dans la réponse hématologique à l'infection.

Abstract –RELAPA project (Genomics for rabbit genetic resistance to pasteurellosis): hematological status of susceptible and resistant rabbits. Pasteurellosis is the first cause of female mortality in rabbit farms. During the RELAPA project, 953 rabbits were inoculated at 6 weeks of age with a pyogenic strain of *Pasteurella multocida (Pm)* and were monitored during 14 days. Disease response was very variable among animals, with 7% of resistant animals and 11% of highly susceptible rabbits. A complete blood count was performed 14 days post-inoculation on 574 inoculated and 28 control rabbits. Significant differences in white blood cell, red blood cell, and platelet counts were observed according to the disease resistance score. Susceptible rabbits have a lower red blood cell count, probably due to the hemolytic and hemorrhagic activity of *Pm*. They also had a higher percentage of monocytes, neutrophils and eosinophils involved in the innate immune and inflammatory responses and, conversely, a lower percentage of lymphocytes (involved in the adaptive immune response) as compared to highly resistant and control rabbits. They seem to be unable to mount an immune response to control the infection. Significant sire effects on several levels of white blood cell populations suggest some genetic variability underlying the hematological response to *Pm* infection.

Introduction

La Pasteurellose est une maladie bactérienne très répandue dans les élevages cunicoles commerciaux Les pneumonies, causées principalement par *Pasteurella multocida* (*Pm*) sont la première cause de mortalité des femelles dans les élevages, avec 37,8% de la mortalité (Lopez et al., 2013). La sélection génétique pour la résistance à la pasteurellose est donc un enjeu important. A la suite d'un programme de collecte et de caractérisation de souches de *Pm* (Helloin et al., 2013), le projet RELAPA (Génomique pour la REsistance génétique des LApins à la PAsteurellose) a pour but de mettre en évidence des régions du génome associées à la réponse à la pasteurellose. Cette étude présente les résultats de l'examen hématologique réalisé au cours de l'infection expérimentale de lapins inoculés par une souche de *Pm*.

1. Matériel et méthodes

Toutes les expérimentations ont été conduites selon les recommandations de la directive européenne et française (DIRECTIVE 2010/63/EU, 2010; Code rural, 2018; Décret n°2013-118, 2013). Toutes les procédures expérimentales ont été validées par le ministère de la Recherche et de l'Education (APAFIS#3866-2016020113447262) et par le comité d'éthique du Centre Val de Loire n°19.

1.1. Production des animaux

Un total de 1030 animaux expérimentaux a été produit au Pôle d'expérimentation cunicole toulousain (Pectoul) par croisement entre 111 femelles de la lignée maternelle INRA 1777 et 65 mâles des 6 lignées grand-parentales maternelles des 3 sélectionneurs français de lapins de chair (Eurolap, Hycole, Hypharm). Les lapins ont été produits en 5 bandes. Ils ont été sevrés à 35 jours et transportés le lendemain du sevrage à la Plateforme d'Infectiologie Expérimentale (PFIE). Au total, 953 lapins inoculés et 48 témoins ont été conservés pour cette étude ; 27 lapins inoculés ou devant l'être et 2 témoins ont été exclus de l'étude pour cause de mortalité précoce non associée à la pasteurellose. Ces animaux présentaient des diarrhées ou des symptômes d'Entéropathie Epizootique des Lapins (EEL), et aucune *Pm* n'a été détectée.

1.2. Infection expérimentale et suivi zootechnique

Les animaux ont été logés en cage de 5, dans deux salles, avec une répartition équilibrée des sexes et des origines paternelles et maternelles au sein des cages et des salles. Après 1 semaine d'adaptation, les lapins ont été inoculés à l'âge de 42 jours (J0), par injection sous-cutanée entre les omoplates d'une dose de 8000 bactéries / 0,1 mL de la souche LVT62 de *Pm* pyogène (Helloin *et al*., 2015).

Les animaux des bandes 1 et 2 ont été nourris *ad libitum*. Avec l'apparition de symptômes d'EEL après le sevrage de la bande 3, un rationnement à 90% des besoins moyens quotidiens a été mis en place pour les lapins inoculés et témoins des bandes 3, 4 et 5.

L'état sanitaire des animaux était suivi quotidiennement. Les animaux ont été pesés à J-1, J7 et J14. Leur température a été mesurée de J-1 à J10. La présence et la répartition des abcès sur le corps des animaux ont été enregistrées au moment de l'autopsie, de même que la présence de lésions dues à l'EEL. A l'exception des animaux morts ou euthanasiés au cours de l'étude, tous les animaux ont été abattus et autopsiés 14 jours après l'inoculation (à l'âge de 56 jours). Au final, 7% des animaux inoculés conservés dans l'étude ont présentés des symptômes d'EEL à l'autopsie.

1.3. Echantillons

Des échantillons de rate, poumons, foie et d'abcès ont été prélevés pour les analyses bactériologiques. Au moment de l'abattage des animaux à J14, un tube de sang a été prélevé à la saignée après l'électronarcose sur un sous-ensemble de 602 lapins (574 lapins inoculés et 28 témoins) des bandes 2, 3, 4 et 5 pour la réalisation de numérations globulaires sanguines à l'aide de l'automate MS9-5 Hematology Counter® (Melet Schloesing Laboratories, France).

1.4. Caractères étudiés et analyses statistiques

Des notes (de 0 à 4) d'abcès et de bactériologie ont été attribuées aux animaux à partir des résultats d'autopsie pour rendre compte de la dissémination et de la sévérité de l'infection (Gunia et al., 2017). Ces deux critères ont été combinés pour créer une note de résistance (Tableau 1). Les paramètres hématologiques présentés dans cette étude sont les nombres de Globules Blancs totaux (GB), Globules Rouges (GR), Plaquettes (PLT), les pourcentages de lymphocytes (LYM), Monocytes (MON), Neutrophiles (NEU), Eosinophiles (EOS), Basophiles (BAS) et d'Hématocrite (HCT) et le taux d'Hémoglobine (HGB).

Les globules blancs ou leucocytes rassemblent l'ensemble des cellules impliqués dans la réponse inflammatoire ou immunitaire (LYM, MON, NEU, EOS, BAS). Les monocytes, neutrophiles, éosinophiles et basophiles ont un rôle dans l'inflammation ou la réponse immunitaire innée (immédiate). Les lymphocytes ont un rôle dans la réponse immunitaire adaptative, plus tardive mais plus durable, et plus spécifique à l'agent pathogène.

Les globules rouges ou hématies servent au transport de l'oxygène et les plaquettes à la coagulation du sang. L'hématocrite est le pourcentage en volume de globules rouges sur le volume total de sang. L'hémoglobine est une protéine présente dans les hématies servant au transport de l'oxygène.

Les calculs de moyenne portent sur les 602 individus. Les analyses entre caractères hématologiques et note de résistance portent sur 601 individus : 74 lapins avec une note de 1, 425 avec une note de 2, 17 avec une notre de 3, 57 avec une note de 4, et 28 témoins. L'unique individu avec une note de résistance de 0 a été écarté de ces analyses. Les relations entre les différents facteurs ou la note de résistance d'une part et les caractères hématologiques d'autre part ont été analysés avec un modèle linéaire (Proc glm du logiciel SAS).

Tableau 1 : description de la note de résistance

Note de résistance	
0	Mort ou euthanasié avec abcès ou *Pm* détectés
1	Abcès et *Pm* dans les cavités internes, vivant à J14
2	Présence de plusieurs d'abcès sous-cutanés, vivant à J14
3	Abcès au site d'inoculation uniquement, vivant à J14
4	Aucun abcès, aucune *Pm*, vivant à J14

2. Résultats et discussion

2.1. Description des caractères mesurés

La répartition des animaux par note de résistance est présentée en figure 1. Le tableau 2 présente les

résultats d'examens hématologiques chez les animaux inoculés et les témoins.

Figure 1 : Nombre et proportion de lapins inoculés par note de résistance de 0 (très sensible) à 4 (très résistant)

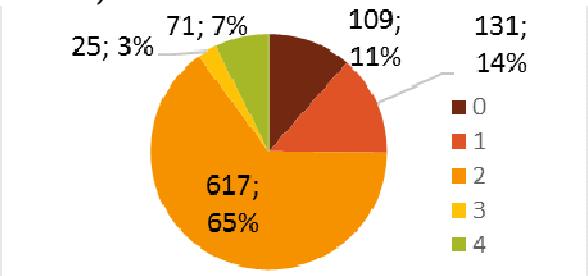


Tableau 2 : Moyenne et écart-type des numérations formules sanguines

	Témoins (n=28)	Lapins inoculés (n=574)
GB (milliers/mm³)	6,53 ± 2,52	12,66 ± 6,78
GR (millions/mm3)	5,46 ± 0,76	5,00 ± 0,71
PLT(milliers/mm3)	201,02 ± 106,33	333,31 ± 199,98
LYM (%)	61,34 ± 7,20	32,46 ± 12,82
MON (%)	7,19 ± 1,60	9,51 ± 2,47
NEU (%)	26,56 ± 6,29	52,00 ± 12,80
EOS (%)	1,48 ± 0,66	3,23 ± 3,10
BAS (%)	0,47 ± 0,14	0,36 ± 0,14
HCT (%)	35,30 ± 5,12	30,61 ± 4,83
HGB (g/dl)	11,89 ± 1,61	10,52 ± 1,41

GB = Globules Blancs, GR = Globules Rouges, PLT = Plaquettes, LYM = lymphocytes, MON= Monocytes, NEU = Neutrophiles, EOS = Eosinophiles, BAS = Basophiles, HCT = hématocrite, HGB = Hémoglobine.

2.2. Effet de la note de résistance

Les figures 2 à 5 présentent les numérations de globules rouges, plaquettes, l'hématocrite et le taux d'hémoglobine. Les animaux résistants, très résistants et les témoins ont un nombre significativement plus élevé d'hématies, comparativement aux animaux sensibles et intermédiaires. Logiquement, l'hématocrite et le taux d'hémoglobine suivent la même tendance. La numération plaquettaire suit la tendance contraire, les animaux très résistants et les témoins ayant un niveau plus bas que les animaux sensibles. Ceci peut s'expliquer par l'activité hémolytique et hémorragique de *Pm*, révélée à l'autopsie par la présence de pétéchies (infiltrations de sang) sur les organes internes des animaux sensibles. Par conséquent ces animaux mobilisent un plus grand nombre de plaquettes pour limiter les pertes de sang.

Figure 2 : Nombre de Globules Rouges par note de résistance de 1 (sensible) à 4 (très résistant)

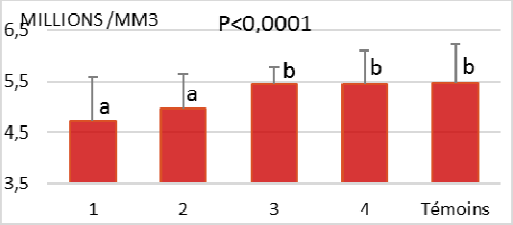


Figure 3 : Hématocrite par note de résistance de 1 (sensible) à 4 (très résistant)

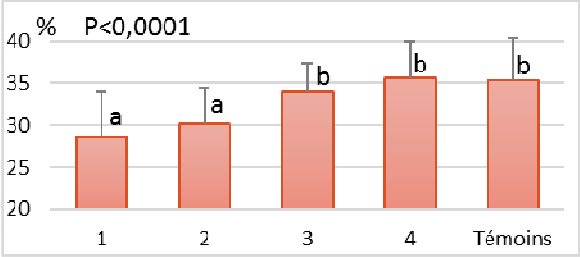


Figure 4 : Taux d'Hémoglobine par note de résistance de 1 (sensible) à 4 (très résistant)

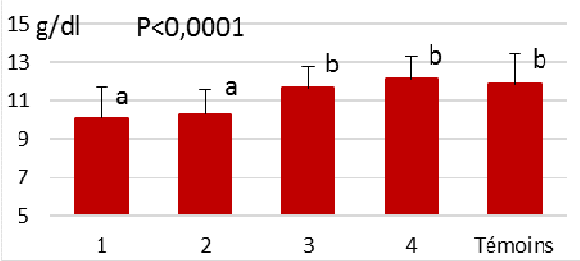
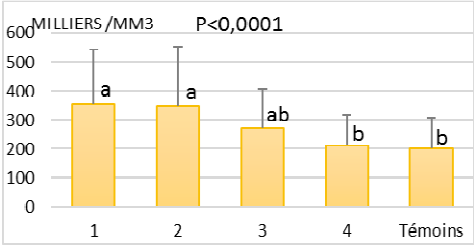
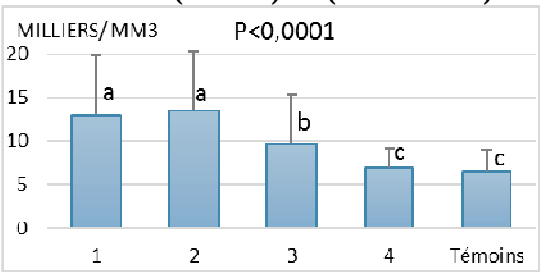


Figure 5 : Nombre de Plaquettes par note de résistance de 1 (sensible) à 4 (très résistant)



La figure 6 présente le nombre de leucocytes. Les animaux très résistants et les témoins ont un nombre de leucocytes inférieur aux animaux sensibles et très sensibles, les animaux résistants (note de 3) étant intermédiaires.

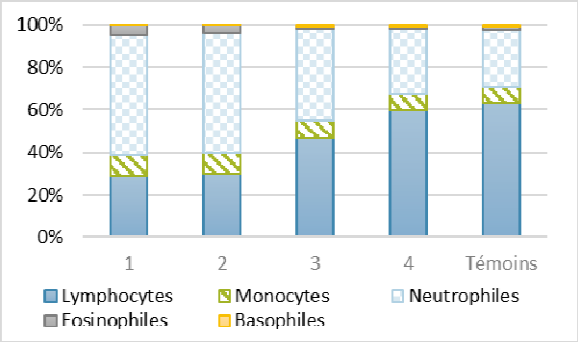
Figure 6 : Nombre de Globules Blancs par note de résistance de 1 (sensible) à 4 (très résistant)



La figure 7 montre la proportion des différents types de leucocytes. Les proportions de chaque type de leucocytes ainsi que leurs nombres (non présentés ici) sont significativement différents entre groupes de lapins en fonction de la note de résistance. Les animaux sensibles ont plus de monocytes, neutrophiles, éosinophiles (impliqués dans la réponse immunitaire innée). Les monocytes et neutrophiles sont impliqués dans la phagocytose, les éosinophiles sont impliqués dans la défense contre les parasites, les allergies et certaines infections bactériennes. Les neutrophiles constituent une partie des abcès. Les animaux sensibles ont moins de lymphocytes

(impliqué dans la réponse immunitaire adaptative) et de basophiles (impliqués dans l'inflammation).
On peut en déduire que 14 jours après inoculation, les animaux les plus résistants auraient monté une réponse immunitaire innée et peut-être également adaptative efficace, ce qui ne serait pas le cas des animaux sensibles.

Figure 7 : Proportion de types de globules blancs par note de résistance de 1 (sensible) à 4 (très résistant)



Le Tableau 3 présente la significativité des différents effets sur les caractères mesurés. La note de résistance a un effet significatif pour tous les caractères et la bande pour tous les caractères sauf sur le taux de lymphocytes.

L'effet du père, qui suggère une variabilité génétique sous-jacente, est significatif pour les leucocytes, et leurs populations principales que sont les lymphocytes, monocytes et neutrophiles, ainsi que pour les plaquettes et le taux d'hémoglobines. Il y a un effet sexe significatif pour les leucocytes et monocytes, les femelles ayant des nombres de leucocytes et monocytes inférieurs. Il y a un effet très significatif de l'EEL pour le taux d'éosinophiles, et presque uniquement sur ce caractère. Les animaux sévèrement atteints d'EEL ont une proportion deux fois plus importante d'éosinophiles. Les éosinophiles peuvent être impliquées lors des infections de l'intestin par Clostridium, et il semble que *Clostridium cuniculi* ait un rôle au moment de la survenue de l'EEL (Djukovic et al., 2018).
L'évolution de la Pasteurellose semble liée à d'autres cellules et, en particulier, au nombre de monocytes pour lesquels on observe un effet père très significatif.

Tableau 3: Significativité des effets fixes et de l'effet aléatoire du père (en colonnes) pour les caractères mesurés (en ligne)

	Bande	EEL	sexe	Note de résistance	Bande*EEL	Père
GB (milliers/mm^3)	***	n.s.	**	***	n.s.	**
GR (millions/mm^3)	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.
PLT (milliers/mm^3)	*	n.s.	n.s.	***	n.s.	*
LYM (%)	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	*
MON (%)	**	n.s.	**	***	*	***
NEU (%)	**	n.s.	n.s.	***	n.s.	*
EOS (%)	***	***	n.s.	***	***	n.s.
BAS (%)	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.
HCT (%)	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.
HGB (g/dl)	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	*

GB = Globules Blancs, GR = Globules Rouges, PLT = Plaquettes, LYM = lymphocytes, MON= Monocytes, NEU = Neutrophiles, EOS = Eosinophiles, BAS = Basophiles, HCT = hématocrite ; HGB = Hémoglobine, EEL=Entéropathie Epizootique du Lapin. n.s.=non significatif ; P<0,05=*; P<0,01=**; P<0,001=***.

Conclusions

Cette première étape du projet RELAPA montre des profils hématologiques significativement différents entre animaux résistants et sensibles. L'effet significatif du père sur plusieurs types de leucocytes laisse présager l'existence d'une variabilité génétique sous-jacente.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des participants au projet RELAPA, en particulier les équipes de PECTOUL, du CIRM et de la PFIE.

Références

Djukovic A, Garcia-Garcera M, Martínez-Paredes E, Isaac S, Artacho A, Martínez J, Ubeda C. 2018. Gut colonization by a novel Clostridium species is associated with the onset of epizootic rabbit enteropathy. *Vet. Res.* 49, 123.

Gunia M, Lantier F, Babilliot J-M, Balmisse E, Bed'hom B, Belmonte E, Bertagnoli S, Boucher S, Breton S, Chambellon E, Chaumeil T, Coisne F, Delaunay R, Fadeau A, Guitton E, Helies V, Hurtaud J, Jardet D, Kempf F, Lantier I, Lavillate S, Le Cren D, Lenoir G, Le Normand B, Marais C, Maupin M, Morin H, Poncet C, Pujol S, Robert R, Rossignol C, Ruesche J, Sarce F, Thiebot C, Helloin E, Garreau H. 2017. Premiers résultats du projet RELAPA : génomique pour la résistance génétique des lapins à la pasteurellose. *17èmes J. Rech. Cunicoles, Le Mans*, 151-154

Helloin E., Garreau H., Slugocki C.,Hilgenberg M., Le Beux C., Licois D., Boucher S., Le Normand B., Morin H., Baumier L.M., Coisne F., Fournier E., Moreno C., Lantier F. 2015. Vers une amélioration de la résistance du lapin à la pasteurellose. *16èmes J. Rech. Cuni*, 43-46.

Lopez S., Chretien L., Salaün J.M., Wacquez P.A. 2013. Etude descriptive des mortalités des femelles reproductrices en élevage cunicole. *15èmes J. Rech. Cunicole,, Le Mans*, 193-196

Projet RELAPA (génomique pour la REsistance génétique des LApins à la PAsteurellose) : paramètres génétiques

Shrestha M.[1], Garreau H.[1], Balmisse E.[2], Bed'hom B.[3], David I.[1], Guitton E.[4], Helloin E.[5], Lenoir G.[6], Maupin M.[7], Robert R.[8], Lantier F.[9], Gunia M.[1]*

[1]GenPhySE, INRA, INPT, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet-Tolosan, France
[2]PECTOUL, INRA, 31326 Castanet-Tolosan, France
[3]GABI, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78352 Jouy-en-Josas, France
[4]PFIE, INRA, 37380 Nouzilly, France
[5]ISP, INRA, Université François Rabelais de Tours, UMR 1282, 37380 Nouzilly, France
[6]HYCOLE, Route de Villers-Plouich, 59159 Marcoing, France
[7]HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France
[8]Ex-EUROLAP, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

* correspondante : melanie.gunia@inra.fr

Résumé – Cette étude est une première approche d'estimation de paramètres génétiques de résistance à la Pasteurellose par infection expérimentale à *Pasteurella multocida* d'une population de lapins croisés. De nouveaux caractères de résistance ont été étudiés : une note de dissémination des abcès enregistrée à l'autopsie, une note de présence ou absence de *Pasteurella* dans les organes et une note globale de résistance résumant les deux précédentes. Pour ces caractères, l'héritabilité varie de 0,09 (±0,05) à 0,16 (±0,06). L'héritabilité la plus importante a été estimée pour la note de résistance. Ces estimations suggèrent la contribution d'une composante génétique à la résistance à la pasteurellose. Les corrélations génétiques entre la note de résistance et les différentes mesures de croissance sont élevées et positives, de 0,70 (±0,14) à 0,98 (±0,06). Il serait donc possible de mettre en place une sélection sur la résistance à la Pasteurellose dans les schémas de sélection de lapins de chair français basée sur un de ces critères. Des études complémentaires doivent encore être conduites sur d'autres caractères de production et de de résistance à la Pasteurellose.

Abstract – RELAPA project (genomics for rabbit genetic resistance to pasteurellosis): genetic parameters. This study is a first approach to estimate genetic parameters of resistance to Pasteurellosis by experimental infection of a crossbred rabbit population with *Pasteurella multocida*. Novel disease-related traits were the abscess dissemination score collected post autopsy, a score related to the presence or absence of *Pasteurella* in the organs from which a composite resistance score was created. For disease-related traits, heritability estimates ranged from 0.09 (±0.05) to 0.16 (±0.06). Highest heritability was estimated for the resistance trait. Results for heritability estimates suggest a contribution of a genetic component in resistance to Pasteurellosis. The genetic correlations between disease resistance and growth traits were high and positive, varying from 0.70 (±0.14) to 0.98 (±0.06).These results support the implementation of a selection against Pasteurellosis in the French breeding programs for meat rabbits using such criteria. Further investigations will be performed using additional disease-related and production traits.

Introduction

La Pasteurellose, maladie causée par *Pasteurella multocida* est une des infections bactériennes les plus communes en élevages commerciaux et chez le lapin de laboratoire. Cette infection provoque une variété de signes cliniques tels que des abcès, pneumonies, rhinites, mammites ou septicémies (Coudert et al., 2006). Dans les élevages commerciaux, la prévention et le contrôle de la dissémination de l'infection sont effectués en maintenant des mesures strictes d'hygiène et de biosécurité, et en utilisant des antibiotiques. Cependant, l'usage des antibiotiques favorise le développement de résistances à ces molécules chez les bactéries et les risques de dysbiose chez les lapins (déséquilibre du microbiote). Des pratiques alternatives durables sont donc nécessaires pour pallier ces effets négatifs et diminuer la prévalence des infections. Une approche possible est la sélection des lapins pour leur résistance à la Pasteurellose. Des études antérieures ont montré la possibilité d'une telle sélection, sur des caractères de résistance aux maladies ayant des héritabilités faibles à modérées, de 0,034 (±0,006) à 0,28 (±0,16) (Baselga et al., 1988, Eady et al., 2004, Gunia et al., 2015). Ces études sont basées sur l'observation de signes cliniques d'infections naturelles à partir de données d'élevage ce qui présente deux inconvénients: i) de telles approches ne permettent pas un diagnostic précis du statut sanitaire et peuvent conduire à une sous-estimation de l'héritabilité

(Bishop & Woolliams, 2010), ii) l'exposition inégale à l'infection empêche de détecter le potentiel réel de chaque individu. La présente étude évite ces biais en observant une population exposée à un pathogène de façon systématique et homogène.

L'objectif est d'estimer des paramètres génétiques de résistance à la pasteurellose dans une population de lapins issue de croisements entre une population de référence et des lignées commerciales, puis infectée expérimentalement par *Pasteurella multocida.*

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

Toutes les expérimentations ont été conduites selon les législations européenne et française (Directive 2010/63/EU, 2010; Code rural, 2018; Décret n°2013-118, 2013). Toutes les procédures expérimentales ont été validées par le ministère de la Recherche et de l'Education (APAFIS#3866-2016020113447262) et par le comité d'éthique du Centre Val de Loire n°19.

1.2. Animaux

L'étude a débuté au Pôle Expérimental Cunicole de Toulouse (INRA PECTOUL) avec la production de 1030 lapins provenant du croisement de 6 lignées paternelles (deux lignées pour chaque entreprise de sélection : EUROLAP, HYCOLE, et HYPHARM) et une lignée maternelle (1777 INRA). Cette population expérimentale représentative des femelles commerciales utilisées dans les élevages français a été élevée dans un bâtiment neuf et contrôlée pour vérifier l'absence de portage de *Pasteurella multocida*. Les pesées à la naissance et au sevrage ont permis de calculer la croissance en présevrage (GMQ-presev). Le nombre moyen de lapins par lignée était de 172 (minimum : 155 et maximum : 194). La population expérimentale a été obtenue en 5 bandes. La première bande comportait 110 lapins et les quatre bandes suivantes 230 lapins chacune. Le nombre de témoins s'élevait à 50 lapins (10 par bande) et un effectif de 980 lapins devait être inoculé. Le lendemain du sevrage, à l'âge de 36 jours, les lapins ont été transportés à la PlateForme d'Infectiologie Expérimentale (INRA PFIE), où ils ont été logés par cage de 5 dans deux salles, avec une répartition équilibrée des sexes et origines paternelles et maternelles. Sur les 980 lapins, 16 lapins sont morts ou ont été euthanasiés avant l'inoculation pour cause de troubles digestifs, principalement d'Entéropathie Epizootique du Lapin (EEL). L'EEL est une maladie gastro-intestinale qui peut être létale et dont l'étiologie est inconnue.

1.3. Inoculation et caractères mesurés

A l'âge de 42 jours, 964 lapins ont été infectés par *Pasteurella multocida*. Ils ont reçu une injection sous-cutanée entre les omoplates d'une dose de 8000 bactéries /0,1 mL de la souche LVT62 de *Pasteurella multocida*. Cette souche pyogène a été sélectionnée pour sa virulence et sa représentativité parmi 160 isolats de *Pasteurella multocida* collectés en élevages cunicoles (Helloin *et al*., 2015). Le statut sanitaire des lapins a été contrôlé quotidiennement durant les 14 jours suivant l'inoculation. Les lapins ont été pesés le jour de l'inoculation puis après 7 et 14 jours. Ces mesures ont permis de calculer la croissance 1 semaine (GMQ-PI1) et deux semaines (GMQ-PI2) après inoculation. Durant l'expérimentation, 120 lapins sont morts ou ont été euthanasiés. Les 844 lapins restant ont été autopsiés après euthanasie le 14ème jour suivant l'inoculation.

1.4. Définition des caractères de résistance

Les signes cliniques de Pasteurellose ont été enregistrés lors de l'autopsie. Une note évaluant le nombre et l'emplacement des abcès sur chaque partie du corps (point d'inoculation, parties avant, parties arrières du lapin, organes internes) a été attribuée. Elle était enregistrée sur une grille par les mêmes deux scientifiques pour toutes les bandes. La note de « 0 » était attribuée aux lapins ne présentant aucun abcès. Les notes de 1 à 4 correspondaient à une localisation des abcès à distance croissante du site d'inoculation (entre les omoplates, noté 1) jusqu'au corps entiers (noté 3), et aux organes internes (foie, rate, poumons, cavités pulmonaires et péritonéales, noté 4).

Des échantillons de foie, poumons, rate et abcès ont été prélevés et conservés à -80°C de 2 à 3 mois jusqu'à leur homogénéisation et mise en culture au Laboratoire départemental de Touraine pour l'identification et la quantification de *Pasteurella multocida*. Les échantillons de foie étaient prélevés uniquement sur les lapins morts ou euthanasiés durant l'expérimentation. A partir des résultats obtenus, une note « Bactérie » a été définie afin d'évaluer de 0 à 4, l'importance de la colonisation bactérienne. La note de 0 était attribuée aux lapins sans *Pasteurella multocida* détectée tandis que les notes de 1 à 4 correspondaient à une dissémination croissante des bactéries dans le corps. Un caractère composite de résistance, a été créé à partir de la combinaison des notes d'Abcès et de Bactérie. Une note de 4 a été attribuée aux lapins les plus résistants (ni abcès ni bactérie détectés). Les notes de 3 à 0 représentent une diminution de la résistance à la pasteurellose.

1.5. Analyses statistiques

Sur les 964 lapins inoculés, 953 lapins ont été conservés pour les analyses statistiques. Onze lapins morts ou euthanasiés sans signe clinique de Pasteurellose et sans qu'aucune *Pasteurella multocida* n'ait été détectée, ont été exclus de l'étude.

Les paramètres génétiques ont été estimés en utilisant un modèle linéaire avec le logiciel ASReml (Gilmour et al., 2002). Les effets fixes suivants ont été testés pour chaque caractère: le sexe (2 niveaux), la bande (5 niveaux), la durée de gestation (4 niveaux : 30, 31, 32, 33 jours pour des effectifs respectifs de 23, 333, 556 et 37 lapins), le rang de mise-bas de la mère (6 niveaux) et les signes cliniques d'EEL (3 niveaux).

Les effets aléatoires testés étaient environnementaux ou génétiques. La portée et la cage (intra bande et intra salle) ont été inclues comme des effets d'environnement aléatoires. Un effet génétique direct et un effet génétique maternel ont été inclus comme effets aléatoires. Un effet lignée (paternelles et maternelle) a été introduit en utilisant des groupes génétiques dans le pedigree. Les valeurs de vraisemblance obtenues avec ASReml ont été utilisées dans des tests de vraisemblance avec logiciel R (R Core Team, 2015) pour contrôler la significativité des effets aléatoires. Les paramètres génétiques ont été estimés en prenant uniquement en compte les effets fixes et aléatoires significatifs. Les estimations présentées ici sont la moyenne des résultats d'analyses quadri-caractères. Ces analyses incluent deux caractères mesurés sur les animaux croisés inoculés et deux caractères en sélection (le nombre de nés vivants et le poids au sevrage) mesurés sur des apparentés en race pure. Ces deux derniers caractères ont été introduits dans le modèle pour limiter les biais d'estimation causés par la sélection. Les résultats sur ces caractères seront présentés dans une autre publication.

Tableau 1. Nombre d'animaux évalués, moyenne (écart-type), effets fixes significatifs, héritabilité et effet d'environnement commun de portée (erreur standard).

Caractères	n	Moyenne (Ecart-type)	Significativité des effets fixes				*h2* (Erreur standard)	*c2* Portée (Erreur standard)
			EEL	Bande	Durée gestation	rang		
Résistance	953	1,81 (0,94)	**	*	ns	ns	0,16 (0,06)	ns
Abcès	953	2,61 (1,02)	**	*	ns	ns	0,13 (0,06)	0,06 (0,03)
Bactérie	951	1,36 (0,96)	**	**	ns	ns	0,09 (0,05)	ns
GMQ-presev	980	27,14 (4,27)	ns	**	**	**	0,13 (0,10)	0,46 (0,05)
GMQ-PI1	902	2,94 (18,23)	*	**	ns	ns	0,29 (0,07)	ns
GMQ-PI2	852	19,76 (17,89)	*	ns	ns	ns	0,19 (0,06)	ns

** P-value < 0,001. * P-value < 0,05. ns: Non-significatif (P-value > 0,05). Résistance, Abcès, Bactérie : notes de 0 à 4 (de 0 pour forte sensibilité, aucun abcès, aucune bactérie, à 4 pour résistance, forte dissémination des abcès, forte colonisation bactérienne).
GMQ: Gain Moyen Quotidien en grammes par jour. Presev : entre la naissance et le sevrage. PI1 : 1ère semaine post inoculation. PI2 : 2ème semaine post inoculation.

2. Résultats et discussion

2.1. Chiffres clés sur l'ensemble de l'essai

Parmi les 953 lapins utilisés lors des analyses, 72 n'avaient aucun abcès, 72 n'avaient aucune *Pasteurella multocida* détectée, et 71 étaient notés comme résistants à la pasteurellose (sans abcès ni *Pasteurella multocida* détectée).

Les effets significatifs testés sont décrits dans le Tableau 1. L'effet de la durée de gestation permet de corriger le poids sevrage pour les durées variables entre la naissance et le sevrage. Les effets cage et génétiques maternels n'étaient jamais significatifs. Les lapins atteints d'EEL sont aussi plus atteints par la pasteurellose, avec des notes d'Abcès et de Bactérie plus élevées, et une note de Résistance plus faible. Ils ont aussi une croissance inférieure en pré-sevrage et post inoculation. Ces résultats suggèrent une interaction possible entre pasteurellose et EEL.

Table 2. Corrélations génétiques (au-dessus de la diagonale), phénotypiques (en-dessous de la diagonale) et erreurs standards (entre parenthèses).

	Abcès	Bactérie	Résistance	GMQ-presev	GMQ-PI1	GMQ-PI2
Abcès		0,99 (0,16)	-0.99 (0,05)	-0,95 (0,46)	-0,99 (0,09)	-0,83 (0,15)
Bactérie	0,58 (0,02)		-0,98 (0,07)	-0,62 (0,43)	-0,97 (0,16)	-0,76 (0,16)
Résistance	-0,80 (0,01)	-0,84 (0,01)		0,79 (0,36)	0,98 (0,06)	0,70 (0,14)
GMQ-presev	-0,14 (0,04)	-0,08 (0,03)	0,13 (0,03)		0,49 (0,32)	0,45 (0,36)
GMQ-PI1	-0,67 (0,02)	-0,51 (0,03)	0,69 (0,02)	0,06 (0,04)		0,46 (0,18)
GMQ-PI2	-0,53 (0,03)	-0,58 (0,03)	0,56 (0,03)	0,02 (0,04)	0,31 (0,03)	

GMQ: Gain Moyen Quotidien en grammes par jour. présev : entre la naissance et le sevrage. PI1 : 1ère semaine post inoculation. PI2 : 2ème semaine post inoculation. Résistance, Abcès, Bactérie : notes de 0 à 4 (de 0 pour forte sensibilité, aucun abcès, aucune bactérie, à 4 pour résistance, forte dissémination des abcès, forte colonisation bactérienne).

2.2. Héritabilités

Les héritabilités sont présentées dans le Tableau 1. Parmi les 3 notes, celle de Bactérie a l'héritabilité la plus faible, à 0,09 (±0,05) et celle de Résistance a l'héritabilité la plus élevée avec 0,16 (±0,06). L'héritabilité la plus forte est celle du GMQ-PI1, qui atteint 0,29 (±0,07). Il existe donc un contrôle génétique de la résistance à la pasteurellose, et ces

différentes notes pourraient être utilisées comme critères de sélection, même si cela suppose un dispositif expérimental important (inoculation de collatéraux de candidats à la sélection en bâtiments protégés).

Les héritabilités des notes sont similaires à celles de l'étude de Baselga et al., (1988), qui porte sur une note de lésions pulmonaires à l'autopsie. Nos héritabilités sont plus élevées que celle des études de Eady et al., (2004), Eady et al., (2007), et Gunia et al., (2015). Cela peut s'expliquer par l'exposition systématique des animaux au pathogène, et par un système de notation de la résistance aux maladies différent. Dans notre étude, le diagnostic de résistance ou sensibilité à la pasteurellose permet d'identifier une véritable résistance à l'infection ; ceci est plus difficile à obtenir dans le contexte d'une infection naturelle ou lorsque le diagnostic est uniquement basé sur des signes cliniques.

2.3. Corrélations

Les corrélations génétiques et phénotypiques sont présentées dans le Tableau 2. Les corrélations génétiques entre la note de Résistance et les différentes mesures de croissance sont élevées et positives, de 0,70 (±0,14) à 0,98 (±0,06). Les lapins les plus atteints par la pasteurellose ont une moins bonne croissance. Les corrélations génétiques entre les notes d'Abcès ou de Bactérie d'une part, et les caractères croissance et la note de Résistance d'autre part, sont fortement négatives.

Les corrélations génétiques sont favorables entre le GMQ en pré-sevrage et les différentes notes de résistance et de croissance post-inoculation ; les animaux ayant une meilleure croissance avant sevrage semblent être plus résistants, suggérant un effet plutôt favorable de la sélection pondérale sur les critères de résistance à l'infection par *Pasteurella*.

Les corrélations entre les différentes notes d'Abcès, Bactérie, Résistance, sont plus fortes avec le GMQ-PI1 qu'avec le GMQ-PI2. Cela peut s'expliquer par une différence de réponse à l'infection entre les deux périodes. Les lapins ont été plus fortement impactés la première semaine après inoculation comparativement à la deuxième semaine.

Ces premiers résultats montrent qu'il serait possible de sélectionner les lapins sur leur résistance à la pasteurellose. La note de résistance ou le GMQ de la 1ère semaine post infection peuvent être des critères de sélection intéressants, leurs héritabilités sont assez élevées, et ils sont fortement corrélés aux autres caractères mesurés.

Conclusions

Notre étude présente une première estimation de paramètres génétiques de caractères de résistance à une infection expérimentale à *Pasteurella multocida*. Elle fait apparaitre une composante génétique des caractères de résistances enregistrés sur cette population. Ces résultats laissent présager de la possibilité de diminuer la prévalence des infections à *Pasteurella* grâce à la sélection des lapins sur un de ces caractères de résistance.

Remerciements

Le projet a été financé par l'Institut Carnot Santé Animal 2015, par les entreprises de sélection Eurolap, Hycole et Hypharm, et par le CLIPP. Le premier auteur a reçu un financement post doctoral de la part de « the People Programme (Marie Curie Actions) of the European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under REA grant agreement n. PCOFUND-GA-2013-609102 » grâce au programme PRESTIGE coordonné par Campus France.

Nous remercions tous les participants au projet pour la qualité de leur travail, en particulier les équipes du CIRM, de PECTOUL, de la PFIE, d'Eurolap, Hycole, et Hypharm. Nous remercions le Laboratoire départemental de Touraine pour la qualité de ses analyses bactériologiques.

Références

Baselga, M., Deltoro, J., Camacho, J., & Blasco, A., 1988. Genetic analysis on lung injury in four strains of meat rabbit. *Proc. 4th World Rabbit Congress*. 120-127.

Bishop, S. C., & Woolliams, A. J., 2010. On the genetic interpretation of disease data. PLoS ONE. 5:e8940.

Carrey, G., 1988. Inference about genetic correlations. *Behaviour Genetics*. 18: 329-338.

Coudert P., Rideau P., Virag G., Cerrone A., 2006. Pasteurellosis in rabbit. *In: Recent advances in rabbit sciences, Maertens L., Coudert P. (Eds), ILVO, Melle, Belgique*, 147-162.

Eady, S. J., Garreau, H., & Hurtaud, J., 2004. Heritability of resistance to bacterial infection in commercial meat rabbit populations. *Proc. 8th World Rabbit Congress*: 51-56.

Eady, S. J., Garreau, H., & Gilmour, A. R., 2007. Heritability of resistance of bacterial infection in meat rabbits. *Livestock Science*. 112. 90-98.

Gilmour, A. R., Gogel, B. J., Cullis, B. R., Welham, S. J. & Thompson, R., 2014. ASReml User Guide Release 4.1 Functional Specication, VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP11ES, UK.

Gunia, M., David, I., Hurtaud, J., Maupin, M., Gilbert, H., & H. Garreau, H., 2015. Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. *Journal of Animal Science*. 93: 5631-5638.

Helloin E., Garreau H., Slugocki C.,Hilgenberg M., Le Beux C., Licois D., Boucher S., Le Normand B., Morin H., Baumier L.M., Coisne F., Fournier E., Moreno C., Lantier F. 2015. Vers une amélioration de la résistance du lapin à la pasteurellose. *16èmes J. Rech. Cunicoles, Le Mans*, 43-46.

R Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Relations entre la résistance à la pasteurellose après infection expérimentale et les caractères de croissance et de reproduction mesurés en élevage commercial

Garreau H.[1*], Lantier F.[2], Guitton E.[3], Helies V.[4], Helloin E.[2], Le Cren D.[5], Lenoir G.[6], Maupin M.[7], Robert R.[7], Gunia M.[1]

[1] GenPhySE, INRA, ENVT, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France
[2] ISP, INRA, Université François Rabelais de Tours, UMR 1282, 37380 Nouzilly, France
[3] PFIE, INRA, 37380 Nouzilly, France
[4] PECTOUL, INRA, 31326 Castanet-Tolosan, France
[5] CLIPP, 75009 Paris, France
[6] HYCOLE, Route de Villers-Plouich, 59159 Marcoing, France
[7] HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France

* Correspondant : herve.garreau@inra.fr

Résumé – La pasteurellose une maladie bactérienne parmi les plus répandues en élevage cunicole. Le projet RELAPA a pour objectif d'étudier le déterminisme de la résistance à la pasteurellose. Un total de 955 lapins de 6 semaines, issus de 28 mâles appartenant à 6 lignées commerciales, ont été inoculés avec une pasteurelle pyogène et 2 semaines plus tard une note de résistance de 0 à 4 leur a été attribuée après sacrifice. Ces notes ont servi à classer les 28 mâles en 2 groupes,14 résistants et 14 sensibles, d'après la note moyenne de résistance de leur descendance. Par ailleurs ces 28 mâles, dans des élevages commerciaux, ont engendré 5164 lapereaux contrôlés pour leur croissance et 884 femelles reproductrices qui ont elles-mêmes fourni 3568 portées contrôlées. Le seul caractère qui présentait une différence significative entre les descendants de 14 mâles résistants et de14 mâles sensibles était la fertilité, avec une différence de 7 points en faveur du groupe des mâles résistants. Les corrélations résiduelles entre la note de résistance et les caractères de production étaient toutes faibles et non significativement différentes de zéro. Les corrélations génétiques entre la résistance et les caractères pondéraux étaient positives mais non significativement différentes de zéro (0,32 ± 0,51 pour le poids au sevrage et 0,27 ±0,49 pour le poids final). Les corrélations génétiques entre la note de résistance moyenne et les caractères de reproduction étaient défavorables mais non significativement différentes de zéro (-0,43 ± 0,45, -0,68 ± 0,40, 0,70 ± 0,65 respectivement pour le nombre de nés totaux par portée, le nombre de nés vivants par portée et la mortinatalité). Ces valeurs de corrélations génétiques sont données pour information mais elles doivent être interprétées avec beaucoup de prudence car leur précision est très faible.

Abstract – Relationship between resistance to pasteurellosis in inoculated rabbits and growth and reproduction traits in rabbits raised in commercial farms.
Pasteurellosis is the first cause of female mortality in rabbit farms. The RELAPA project aims at studying the genetic determinism of resistance to pasteurellosis. 955 rabbits produced by 28 sires from 6 commercial lines were inoculated at 6 weeks of age with a pyogenic strain of *Pasteurella multocida (Pm)* and were monitored during 14 days. These rabbits were scored for resistance to pasteurellosis from 0 to 4, by taking into account post-mortem examinations. The 28 sires produced also 5164 rabbits tested for growth and 884 females with 3568 litters tested for reproduction in commercial farm conditions. Fertility was the only significantly different trait between the offspring of the 14 resistant sires and the offspring of the 14 susceptible sires, with a difference of 7 points in favour of the resistant group. Residual correlations were all low and not significantly different from 0. Genetic correlations between resistance and growth traits were positive but not significantly different from zero (0.32 ± 0.51 for weaning weight and 0.27 ±0.49 for final weight). Genetic correlations between resistance and prolificacy traits were unfavorable but not significantly different from zero (-0.43 ± 0.45. -0.68 ± 0.40. 0.70 ± 0.65 for total number born, number born alive and stillbirth, respectively). These values of genetic correlation are given for information but should be interpreted with caution because of their low accuracy.

Introduction

La pasteurellose est la première cause de mortalité des femelles en élevage cunicole (Lopez et al., 2013), mais elle affecte aussi fréquemment les lapins en engraissement (Boucher et Nouaille 2013). Le projet RELAPA a pour but d'étudier le déterminisme génétique de la résistance à cette maladie. Avant d'envisager un programme de sélection pour améliorer cette résistance, il est nécessaire de connaitre les liaisons phénotypiques et génétiques de

la résistance avec les caractères de croissance et de reproduction mesurés dans des conditions commerciales. Pour cela, des mâles ont été classés en résistants et sensibles en fonction de la résistance de leurs descendants à une inoculation expérimentale avec une pasteurelle pathogène, tandis que dans des conditions de production commerciales étaient mesurées la croissance et l'aptitude à la reproduction d'une autre partie de leurs descendants. Cette étude a pour but de comparer les performances de production et de reproduction des descendants des mâles résistants et sensibles et d'estimer les corrélations entre la résistance et les caractères de production.

1. Matériel et méthodes

1.1. Qualification des pères

Le programme RELAPA a permis d'inoculer 955 lapins à 6 semaines d'âge avec une souche de *Pasteurella multocida* pyogène et d'étudier la réponse à l'inoculation pendant les 14 jours suivants, les animaux étant sacrifiés après ces 14 jours (Gunia et al., 2017, Helloin et al., 2015). Une note de résistance comprise entre 0 et 4 (4 pour les plus résistants) a été attribuée aux animaux à partir des examens réalisés sur les animaux sacrifiés, en associant les critères de dissémination des bactéries, d'étendue des abcès et de mortalité (Gunia et al., 2017). 14 mâles résistants et 14 mâles sensibles, ayant produit au moins 10 animaux inoculés, ont été identifiés selon la valeur moyenne de résistance de leur descendants inoculés (tableau 1).

Tableau 1: Moyennes des valeurs de résistance des mâles résistants et sensibles calculées à partir de la note de résistance de leurs descendants inoculés.

Groupe	N	Résistance moyenne note sur 4	Ecart-type
Résistant	14	2,08	0,16
Sensible	14	1,60	0,28

1.2. Animaux contrôlés en ferme pour la croissance et la reproduction

Par insémination artificielle, les 28 mâles ont donné des descendants dans 6 ateliers cunicoles de production. Les 14 mâles résistants ont produit 2597 lapereaux suivis en engraissement et 443 femelles mises en reproduction tandis que les 14 mâles sensibles ont produit 2567 lapereaux suivis en engraissement et 441 femelles mises en reproduction chez chacun des sélectionneurs partenaires du programme RELAPA. Les femelles ont été logées dans des cages de reproduction conventionnelles, inséminées pour la première fois à 19 semaines, puis suivant un rythme de 42 jours. Les femelles ont produit 3068 portées, soit 3,5 portées par femelle en moyenne. Pour chaque insémination, la fertilité a été notée 1 (IA suivie d'une mise-bas) ou 0 (IA sans mise bas associée). Pour chaque mise bas le nombre de nés vivants et de nés morts a été enregistré. Le nombre de nés totaux est la somme des vivants et des morts. Le solde de la portée après adoption a été obtenu en additionnant aux nés vivants le nombre d'adoptés et en soustrayant les lapereaux retirés. La mortinatalité est calculée par différence entre le nombre de nés totaux et le nombre de nés vivants rapportée au nombre de nés totaux. La mortalité au nid est calculée par différence entre le solde et le nombre de lapereaux sevrés rapportée au solde.

Les lapereaux ont été pesés au sevrage et à la fin de la croissance. Selon le lieu d'élevage, l'âge au sevrage variait entre 28 et 35 jours tandis que l'âge de fin d'engraissement variait entre 66 et 70 jours.

Les statistiques élémentaires des caractères de croissance et de reproduction sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 : Statistiques des performances de croissance et de reproduction des descendants de l'ensemble des mâles

Caractère	N	Moyenne	Ecart-type
Poids sevrage (g)	5164	863	232
Poids Final (g)	4847	2311	256
Fertilité (0/1)	3568	0,86	0,34
Nés totaux/portés	3068	10,9	3,19
Nés vivants/portée	3068	10,2	3,60
Sevrés/portée	2739	8,15	1,83
Mortinatalité (%)	3068	6,95	_
Mortalité au nid (%)	2702	8,62	_

1.3. Comparaison des descendants de mâles sensibles et résistants

Les performances de croissance ont été analysées avec la procédure GLM du logiciel SAS. Les effets fixes retenus dans le modèle étaient : le groupe de résistance du père (n=2), l'effet de la bande d'élevage (n=30), la taille de portée de naissance (n=12), la taille de portée au sevrage (n=10), le rang de la portée de naissance (n=4). L'effet de l'âge au sevrage a été ajouté au modèle du poids au sevrage tandis que l'effet de l'âge de fin d'engraissement a été ajouté au modèle du poids de fin de croissance.

Les performances de reproduction ont été analysées avec la procédure PROC MIXED du logiciel SAS. Les effets fixes retenus dans le modèle étaient : le type du père (n=2), l'effet combiné année*saison*élevage (n=26), l'effet combiné rang de portée*stade physiologique (allaitante ou non) (n=9). L'effet aléatoire du numéro de la femelle a été ajouté au modèle pour prendre en compte la répétition des performances par femelle.

1.4. Calcul des corrélations

Les corrélations résiduelles ont été calculées avec la procédure PROC CORR du logiciel SAS à partir des valeurs de résiduelles de chaque caractère. Les corrélations génétiques ont été estimées par un

modèle animal linéaire avec le logiciel ASReml (Gilmour et al., 2014). Les modèles d'analyse comportaient les mêmes effets que ceux décrits en 1.3.

2. Résultats et discussion

2.1. Comparaison des descendants de mâles sensibles et résistants

Les différences des moyennes ajustées selon la méthode des moindres carrés entre les descendants des mâles résistants et les descendants des mâles sensibles sont données pour l'ensemble des caractères dans le tableau 3.

Tableau 3 : Différence des moyennes ajustées selon la méthode des moindres carrés et valeur de significativité *p* des performances de croissance et de reproduction entre descendants des mâles résistant et sensibles

Caractères	Différence Résistant-Sensible	*P*
Poids sevrage (g)	1	ns
Poids Final (g)	-7	ns
Fertilité (0/1)	0,072	***
Nés totaux/portés	-0,210	ns
Nés vivants/portée	-0,260	ns
Sevrés/portée	-0,130	ns
Mortinatalité	0,009	ns
Mortalité au nid	0,017	ns

ns = non significatif ; *: 0,05 < *P*, ** < 0,01; ***: *P* < 0,001.

Le seul caractère qui présentait une différence significative entre résistants et sensibles était la fertilité avec une différence de 7 points en faveur du groupe des mâles résistants.

2.2. Corrélations phénotypiques et génétiques

Les valeurs de corrélations entre la note de résistance moyenne et les caractères de production sont données dans le tableau 4.

Les corrélations résiduelles sont toutes faibles et non significativement différentes de zéro. Ces résultats suggèrent une indépendance entre caractères de résistance et les caractères de production lorsque les données sont corrigées pour les autres effets.

Les corrélations résiduelles sont toutes faibles et non significativement différentes de zéro. Ces résultats suggèrent une indépendance entre les caractères de résistance et les caractères de production, lorsque les données sont corrigées pour les autres effets.

Tableau 4 : Corrélations génétiques (Rg) et leur erreurs standard (SE) et corrélations résiduelles (Re) entre la note de résistance moyenne des mâles et les caractères de croissance et de reproduction de leurs descendants

Caractères	Rg	SE	Re
Poids sevrage (g)	0,32	0,51	-0,01
Poids Final (g)	0,27	0,49	-0,01
Fertilité (0/1)	_	_	0,02
Nés totaux	-0,43	0,45	0, 00
Nés vivants	-0,68	0,40	-0,02
Sevrés	_	_	-0,01
Mortinalalité	0,70	0,65	0,02
Mortalité au nid	_	_	-0,01

Les corrélations génétiques entre la résistance et les caractères pondéraux étaient positives mais non significativement différentes de zéro (0,32 ± 0,51 pour le poids au sevrage et 0,27 ±0,49 pour le poids final). Ces corrélations génétiques positives sont en accord avec les corrélations génétiques positives estimées entre la note de résistance et les caractères de croissance mesurés avant ou après inoculation (de 0,70 ±0,14 à 0,98 ±0,06) sur les animaux inoculés du dispositif RELAPA (Shrestha et al., 2019). Gunia et al. (2015) ont également rapporté des corrélations génétiques négatives et favorables entre des caractères de sensibilité non spécifique aux maladies et le poids au sevrage, mesurés dans des élevages commerciaux en condition d'infection naturelle. D'autres études menées en conditions d'infection naturelle démontrent les relations génétiques favorables entre résistance aux infections bactériennes et la croissance (Eady et al., 2009 ; Gunia et al. 2015).

Les corrélations génétiques entre la note de résistance moyenne et les caractères de reproduction étaient défavorables mais non significativement différentes de zéro (-0,43 ± 0,45, -0,68 ± 0,40, 0,70 ± 0,65 respectivement pour le nombre de nés totaux par portée, le nombre de nés vivants par portée et la mortinatalité). Gunia et al. (2015) rapportent des valeurs de corrélations génétiques entre nombre de nés vivants et résistance aux troubles infectieux mesurés en élevage commercial très faibles et non significativement différentes de zéro.

Ces valeurs de corrélations génétiques sont données pour information mais doivent être interprétées avec beaucoup de prudence car leur précision est très faible (erreurs standard comprises entre 0,40 et 0,65). Cette faible précision s'explique par un faible nombre de valeurs de résistance (955 animaux inoculés issus de 28 pères seulement) et parce que les caractères de production ne sont mesurés que sur des collatéraux élevés en ferme.

Il n'a pas été possible d'estimer les corrélations génétiques entre la note de résistance, d'une part, et les caractères de fertilité, de nombre de sevrés et de mortalité au nid, d'autre part, car les héritabilités de ces derniers caractères étaient nulles.

Conclusions

Notre étude avait pour objectif d'analyser les liaisons entre la résistance à la pasteurellose, mesurée sur les animaux inoculés du programme RELAPA, et les caractères de production des descendants des pères des animaux inoculés, mesurés dans des élevages commerciaux. Les femelles issues des pères les plus résistants avaient une meilleure fertilité. Cependant les corrélations résiduelles entre caractères de résistance et de production sont toutes faibles et non significativement différentes de zéro. Les corrélations génétiques sont également non significativement différentes de zéro et sont très imprécises.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des participants au projet RELAPA pour la qualité de leur travail, en particulier les équipes de PECTOUL, de la PFIE et des sélectionneurs partenaires du projet.

Références

Boucher S., Nouaille L., 2013. Les Maladies des Lapins (3e édition). *Editions La France Agricole, Paris*, 356 pp.

Eady S.J., Garreau H., Hurtaud J. 2004. Heritability of resistance to bacterial infection in commercial meat rabbit populations. *Proceedings of the 8th world rabbit congress: 7-10 September 2004; Puebla, Mexico*, 51-56.

Gilmour A. R., Gogel B. J., Cullis B. R., Welham S. J., Thompson, R. 2014. ASReml User Guide Release 4.1 Functional Specication, *VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP11ES, UK.*

Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., Garreau H. 2015 Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. *Journal of Animal Science*. 93:5631-8.

Gunia M., Lantier F., Babilliot J.M., Balmisse E., Bed'hom B., Belmonte E., Bertagnoli S., Boucher S., Breton S., Chambellon E., Chaumeil T., Coisne F., Delaunay R., Fadeau A., Guitton E., Helies V., Hurtaud J., Jardet D., Kempf F., Lantier I., Lavillate S., Le Cren D., Lenoir G., Le Normand B., Marais C., Maupin M, Morin H., Poncet C., Pujol S., Robert R., Rossignol C., Ruesche J., Sarce F., Thiebot C., Helloin E., Garreau H. 2017. Premiers résultats du projet RELAPA : génomique pour la résistance génétique des lapins à la pasteurellose. *17èmes J. Rech. Cunicole, Le Mans*, 151-154

Gunia, M., David, I., Hurtaud, J., Maupin, Gilbert, H., Garreau, H. 2018. Genetic Parameters for Resistance to Non-specific Diseases and Production Traits Measured in Challenging and Selection Environments; Application to a Rabbit Case. *Frontiers in Genetics.* 9, DOI : 10.3389/fgene.2018.00467

Shrestha M., Garreau H., Balmisse E., Bed'hom B., David I., Guitton E., Helloin E., Lenoir G., Maupin M., Robert R., Lantier F., Gunia M. 2019. Projet relapa (génomique pour la résistance génétique des lapins a la pasteurellose) : paramètres génétiques.:*18èmes J. Rech. Cunicole Nantes*

Helloin E., Garreau H., Slugocki C.,Hilgenberg M., Le Beux C., Licois D., Boucher S., Le Normand B., Morin H., Baumier L.M., Coisne F., Fournier E., Moreno C., Lantier F. 2015. Vers une amélioration de la résistance du lapin à la pasteurellose. *16èmes J. Rech. Cunicole , Le Mans* , 43-46.

Lopez S., Chretien L., Salaün J.M., Wacquez P.A. 2013. Etude descriptive des mortalités des femelles reproductrices en élevage cunicole. *15èmes J. Rech. Cunicole, Le Mans, 193-196*

Reproduction et Techniques d'élevage

Effet du niveau d'alimentation et du taux protéique de la ration sur *la libido* et les caractéristiques de la semence du lapin de la souche Itelv 2006.

Lankri E.[1]* , Boudour K.[1] , Aichouni A.[1] , Rechachou F.[1], Zerrouki-Daoudi N.[2]

[1] Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.
[2] Laboratoire Ressources Naturelles. UMMTO. Tzi-Ouzou. Algérie

*correspondant : e.lankri@univ-chlef.dz

Résumé – 27 lapins mâles de la souche synthétique « ITELV 2006 », âgés de 7,5 à 8 mois ont été repartis en trois lots expérimentaux afin d'étudier l'effet d'une augmentation du niveau d'alimentation et du taux protéique de l'aliment sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de leur semence. Le 1ier lot (A) a reçu *ad libitum* un aliment standard commercial granulé contenant 14,5% de protéines brutes, le 2eme lot (B) a reça uniquement 120 g/jour du même aliment standard, sans aucune supplémentation. Le 3ème lot (C) a reçu une ration de 120g/j du même mais la teneur en protéines de ration totale a étéest augmentée à 19,7 % par une supplémentation quotidienne avec 6,6g de peptone de viande. Des pesées journalières des quantités ingérées, ainsi que des mesures hebdomadaires du poids corporel et de la libido des mâles, ont été effectuées. Pour chaque mâle, deux éjaculats successifs à intervalle de 10 min, ont été récoltés et évalués une fois par semaine. Les résultats montrent que la consommation alimentaire journalière moyenne des lapins était de 131,7g/j, 115,2g/j et 112g/j respectivement pour les mâles des lots A, B et C. Le rationnement des lapins réduit leur poids vif au terme des 8 semaines d'essai. L'augmentation du taux protéique de l'aliment tend cependant à limiter cet effet. Les lapins ont bien réagi aux sollicitations avec un taux de récolte utile très élevé (100%). Il a été enregistré, par ailleurs, un volume moyen de 0,48±0,10 ml, une concentration moyenne de 445×10^6 spermatozoïdes par ml (spz/ml) et des notes moyennes de 4,8±0,7 et 3,2±0,6 respectivement pour la motilité massale et la motilité individuelle. De même, peu de variations significatives ont été observées, mis a part la vitalité et les anomalies, aucune différence n'a été révélée pour les caractéristiques des éjaculats entre les trois lots Par contre la vitalité et le pourcentage des spz anormaux sont affectés lorsque les mâles sont rationnés et sans supplémentation. On peut conclure que la supplémentation en protéines de l'aliment corrige la majeur partie des effets liés au rationnement des males à raison de 120g/j d'aliment standard.

Abstract: Effect of feeding level and rate of protein intake on libido and characteristics of the seed of the male rabbit. 27 male rabbits of the synthetic strain "ITELV 2006", aged from 7.5 to 8 months, were divided into three experimental groups to study the effect of an increase of the dietary protein content (19.7 vs 14.5 %) on the sexual ardor and the characteristics of semen. The lot (A) received *ad libitum* a standard pelleted feed with 14.5% crude proteins, the lot (B) received only 120 g/day of the same diet. The 3rd lot (C) received a120g/day of the same pelleted feed, the protein level of which being increased up to 19.7% by a daily supplementation with 6.6 g / heat of meat peptone. Daily measurements of intake quantities, as well as weekly measurements of body weight and male libido, were carried out. For each male, two successive ejaculates at 10-minute intervals were collected once a week during 8 weeks. The average daily intake was 132g/d, 115 g/d and 112g/d for the males of lots A, B and C respectively. Body weight gains in 8 weeks were +229, -134 and +59 g for lots A , B and C. . Rabbits responded well to solicitations and had a very high useful collection rate (100%). The mean volume of ejaculates was identical for the 3 lots (0.48ml). A mean concentration of 445×10^6 spermatozoa per ml of ejaculate (spz/ml) and a mean values of 4.76and 3.15 respectively for mass and individual motility were recorded without significant difference between groups. In the same way, few significant variations were observed, apart from vitality and abnormalities, no difference has been revealed for the ejaculate characteristics between the three groups, however, vitality and percentage of abnormal spz are affected when the males are rationed and without supplementation. It can be deduced from these results that the protein supplementation corrected partly reduction of performance associated with male feeding at 120g/day of standard diet 14.5% proteins

Introduction

Une alimentation appropriée, permettant aux lapins de satisfaire tous leurs besoins nutritionnels, assure non seulement un bon développement du sujet mais aussi une reproduction régulière. La nutrition azotée du lapin doit lui permettre à la fois d'assurer le renouvellement de ses tissus et la synthèse à l'exportation mais aussi d'assurer ses différentes fonctions physiologiques en particulier la reproduction. Pour les lapins mâles en reproduction, les travaux expérimentaux sont peu nombreux que pour les femelles et les jeunes mâles en croissance,

mais depuis qu'on s'intéresse à la pratique de l'insémination artificielle, on cherche à améliorer les performances chez le mâle soit par l'amélioration génétique soit par l'amélioration des paramètres liés à son environnement tels que l'utilisation d'un régime alimentaire spécialement conçu pour les mâles afin d'optimiser la libido et la qualité du sperme (Nizza et *al.*, 2000a).

Notre travail s'inscrit dans ce cadre, il a pour objectif de déterminer l'effet du niveau d'alimentation et de la teneur protéique de la ration sur la libido et les caractéristiques de la semence du lapin.

1. Matériel et méthodes

Dans un bâtiment d'élevage disposant d'un système de refroidissement et dans les mêmes conditions, ont été logés 27 lapins mâles de la souche synthétique ITELV 2006 âgés de 7,5 à 8 mois et ayant un poids moyen de 3750 ± 124 g. Durant la période expérimentale tous les animaux ont reçu un aliment commercial granulé, à base de mais, tourteaux de soja, issues de meunerie, luzerne calcium, phosphates, acides amines, oligoéléments, poly vitamines, antioxydant, acide folique et huile de soja. La composition chimique de cet aliment est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Composition chimique de l'aliment standard

Composant	Teneur. (% tel quel)	Référence de la méthode d'analyse
Matière sèche	91,42	NA 1291-1994
Matière minérales	7,51	NA 650- 1994
Protéines brutes	14,5	NA 652-1992
Cellulose brute	9,49	NA 6138-1991
Matière grasse	3,38	NA 654-1992
Calcium	0,89	NA 653- 1992
Phosphore	0,60	NA 657-1992

Les 27 mâles utilisés dans l'étude ont été répartis en 3 lots homogènes (n=9), entre 3 régime alimentaire. Le lot témoin (A), a reçu, à volonté, l'aliment standard commercial granulé avec un niveau protéique de 14,5% (tableau 1). Le lot (B) a reçu 120 g/lapin/j du même aliment standard. Les lapins du lot (C) ont reçu aussi une ration de 120 g/j de l'aliment standard mais supplémentée par l'ajout quotidien de 6,6 g de peptone de viande, de manière à obtenir une ration finale contenant 19,7% de protéines brutes. Pour le lot C, l'aliment granulé a été humidifié pour permettre une diffusion dans les granulés de la peptone de viande qui a été saupoudrée et mêlée à l'aliment afin d'obtenir un mélange homogène prêt à être distribué aux animaux. Le choix de la peptone de viande comme source pour augmenter la teneur en protéines de l'aliment standard est justifié par l'absence, au niveau des unités de fabrication locales d'un aliment pour lapin de formule alimentaire contenant le taux protéique nécessaire pour l'expérimentation, les autres farines d'origine animale étant absentes dans l'alimentation en Algérie, depuis la crise de l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB). La peptone utilisée était une "*Peptone from meat, peptic digest for microbiology*" de marque Sigma-Aldrich (lot N° BCBM5829V). Selon le fournisseur, cette peptone contenait 93,8% de protéines brutes (N x 6.25) et 6% de cendres.

Les quantités d'aliment consommées et refusées ont été pesées quotidiennement. L'évolution du poids individuel a été suivie par pesée hebdomadaire des animaux, dans la matinée avant la distribution d'aliments de ce jour. La libido des lapins a été définie par deux le temps T1, le temps en seconde écoulé entre l'introduction dans la cage du mâle, de la femelle boute-en-train utilisée pour solliciter le mâle à éjaculer, et le premier chevauchement. Le second temps T2 correspond au temps écoulé entre l'introduction de la femelle et l'éjaculation effective par le mâle(T2). Ces temps ont été mesuré avec un chronomètre.

Sur une période de 2 mois (août et septembre), les lapins des 3 lots ont été prélevés une fois par semaine (tous les dimanches pour le lot A, les lundis pour le lot B et les mardis pour le lot C), à l'aide d'un vagin artificiel et en présence de la femelle boute-en-train avec deux éjaculats successifs séparés de 10 minutes.

L'évaluation de la qualité de l'éjaculat a été faite Immédiatement après la récolte, avec un délai ne dépassant pas 15 min. Pendant ce temps, le sperme était placé dans un bain marie à 37°C, disposant d'un portoir isolant, afin de le protéger de la lumière et des chocs thermiques.

Le volume total de l'éjaculat recueilli a été mesuré par lecture directe sur le tube gradué servant à la collecte. Une élimination du gel a été effectuée dans les cas où il a été détecté le tube de collecte.

La couleur a été déterminée selon Boussit (1989), par observation du sperme dans le tube de collecte transparent. La motilité massale des spermatozoïdes (spz), a été évaluée sous microscope optique selon la grille de Petitjean (1965) (Boussit 1989) allant de 0 à 9. De la même manière, la motilité individuelle a été appréciée après dilution du sperme dans du sérum physiologique, le type du mouvement individuel du spz a été noté en utilisant l'échelle d'Andrieu (1974) (Boussit 1989).

Le pourcentage de spz morts a été déterminé par la coloration vitale éosine-nigrosine (Baril et *al*. 1993). Ainsi, le nombre de spz vivants correspond aux spz incolores à membranes fonctionnelles ne laissant pas diffuser le colorant (Boussit 1989). Le pourcentage de spz anormaux et la concentration en spz (en millions/ml) ont été déterminés en en suivant la technique de Boussit (1989). Dans l'expérience, toutes les mesures ont été faites au cours des 8 semaines directement après la récolte.

1.2. Analyses statistiques

Pour l'étude statistique des données obtenues a été traitée par le logiciel XLstat 2016 pour les calculs concernant d'abord les analyses descriptives. Les caractéristiques de l'éjaculat ont été étudiées au moyen d'un modèle d'analyse de variance à effets fixés incluant les effets du régime alimentaire.

2. Résultats et discussion

2.1. La consommation alimentaire

Les quantités moyennes ingérées durant la période expérimentale varient en fonction des lots et des individus. Les lapins du lot C dont la ration était supplémentée par la peptone ont consommé la quantité d'aliment la plus faible (112g), suivis par les animaux du lot rationné B (115g), alors que les lapins du lot témoin (A) alimentés à volonté ont eu la plus forte consommation (132g) (tableau 2).

Tableau 2 : Consommation alimentaire moyenne des mâles des trois lots expérimentaux.

	lot A	*lot B*	*lot C*
Nb. d'observations	600	600	600
Min – Max (g)	85-174	78-120	80-120
Moyenne (g/j)	132 ±11	115 ± 7	112 ± 8

2.2.Evolution du poids corporel

Nos résultats indiquent une variation du poids vif assez sensibles en fonction des lots et d'individus. On s'attendait à un gain de poids plus important pour les mâles du 3eme lot, suplémentés en proteines. L'augmentation de la teneur en proteines pour ce lot C tend cependant à enrayer la perte de poids observée pour le lot B (+59 g vs -134g) bien que la différence ne soit pas significative. Comme attendu, les résultats montrent des valeurs significativement plus élevées en faveur des animaux du lot témoin A nourri à volonté, comparativement aux deux autres lots. (P<0,05) (tableau 3 ; Figure 1).

Tableau 3 : Poids vif et gain de poids en huit semaines pour les trois lots expérimentaux.

	lot A	*lot B*	*lot C*
Nb. de lapins	9	9	9
Poids initial (g)	3671[b]	3775[a]	3690[ab]
Poids final (g)	3900[a]	3641[c]	3749[b]
Gain moyen (g)	+229 [a]	- 134 [c]	+59 [b]
Comparaison	*lot A vs C*	*lot A vs B*	*lot B vs C*
ESM	5,12	4,50	0,62
Valeur critique	2,92	2,92	2,92
p.	<0,0001	<0,0001	0,810

(a, b, c) dans la même ligne, les valeurs affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement (P>0,05).
Valeur critique du test de Tukey : 3,41

De nombreux auteurs ont montré un effet dépressif du rationnement des mâles reproducteurs sur leurs poids. En effet, Luzi et *al.* (1996) ont rapporté que les mâles rationnés juste au besoin d'entretien, soit : 114 à 125 g/jour ou encore 75-80% de *l'ad libitum*, présentent un poids vif réduit (4,0 vs 4,8 kg). D'autres études ont noté que chez le lapin de la race Néo-Zélandaise, l'ingestion augmente moins rapidement que le poids vif car le lapin régule son ingestion selon son besoin énergétique (Lebas et Gidenne 2005). Dans notre étude, les conditions de l'expérimentation, étaient maitrisées dans le bâtiment d'élevage afin de supprimer l'effet des températures élevées de la saison estivale (climatiseurs placés dans le bâtiment permettant de maintenir la température à 25°C).

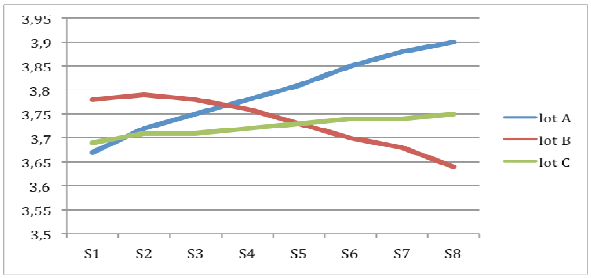


Figure 1 : l'évolution du poids moyen des 9 lapins de chaque lot au cours des 8 semaines d'essai

2.3..Evaluation de la production spermatique chez les lapins

2.3.1.Taux de récolte utile des lapins

Nous avons obtenu un taux global de récoltes utiles très élevé : 100%. Les éjaculations donnant lieu à des éjaculats avec du gel représentent 26,05% avec une prédominance significative pour le premier éjaculat comparé au second (18,9% vs 7,2%). Le refus de la collecte est nul au cours des 8 semaines d'expérimentation, contrairement à Boulbina (2011), qui a signalé que le taux de refus était plus élevé dans un essai de 6 semaines par rapport à un essai de 16 semaines (3,6% vs 1,6%) avec des lapins de la population locale algérienne. Bencheikh (1993) a noté que quelque soit le rythme de collecte, les refus restent rares, et il indique que la réponse des mâles à la collecte, peut constituer une caractéristique de la souche. Le refus des mâles INRA A2066 et celui de mâles INRA 1077 était respectivement de 1,7% et 8,2% (Bencheikh, 1993).

Le pourcentage de présence d'urine, ou celui des éjaculats à volume réduit s'avère nul, contrairement aux résultats de Boulbina (2011) qui a rapporté un pourcentage de 4,8% pour la population locale algérienne. Bencheikh (1993) a trouvé un taux d'éjaculats avec urine de 13,4% et 6,5% respectivement chez les mâles des souches A2066 et A1077. Brun et *al.* (2006) ont trouvé un taux de 4,7 et 13,9% respectivement pour les lignées L et H.

Le refus de la collecte nul de notre expérimentation pourrait être expliqué par l'adaptation et l'entrainement des mâles avant l'expérimentation d'une part et par la bonne maitrise de la technique de récolte d'autre part.

2.3.2. Evolution hebdomadaire de l'ardeur sexuelle et des caractéristiques de la semence

2.3.2.1. Ardeur sexuelle ou libido

Le temps séparant la présentation de la femelle boute-en-train du premier chevauchement (T1) est en moyenne de 9,53; 11,85 et 9,53 secondes pour les 3 lots A , B et C respectivement. Le temps séparant la présentation de la femelle et l'éjaculation effectiv (T2) est en moyenne de 15,71 secondes pour le lot A, 18,09 pour le lot B et 15,43 pour le lot C, avec un temps significativement plus imporatnt pour des màles du lot B avec une probabilité P<0,05 . Ainsi la moyenne de la libido sur toute la période d'essai est de 16.41± 3,4 sec. Il semblerait que le T1 et T2 se révèlent plus

proche que celui étudié par Lankri (2019) pour la même souche synthétique (14,9 secondes) et Bencheikh (1993) pour les souches A 2066 et A 1077 (4 et 5,5 secondes), les moyennes de T2 de ces deux souches étant respectivement de 14 et 18 secondes. Boulbina (2011) signale chez les mâles de la population locale algérienne, une libido (T2) moyenne de 14,5 s et une chute de 50,2 à 15 secondes entre 17 et 19 semaines

2.3.2.2. Caractéristiques de la semence

- Caractéristiques macroscopiques

L'analyse macroscopique de la semence des males des trois lots ne révèle aucune différence apparente de couleur de la semence. Selon la grille déterminant la couleur du sperme de Roca et *al*, (1993), une note moyenne proche de 3 a été attribuée pour les trois lots expérimentaux avec le symbole BN pour blanc nacré. Les valeurs de pH déterminés sur les semences des trois lots ne montrent aucune différence significative ; elles sont en moyenne de 7,06 ; 7,06 et 7,03 respectivement pour les lots A, B et C. Ces valeurs sont considérées comme normales et comparables à celle rapportée par Lankri et *al*. (2019) ou Brun et *al.* (2006).

Pour le volume des éjaculat des trois lots, les valeurs oscillent autour d'une moyenne de 0,48 ml san différence entre les 3 lots (tableau 4). Nos résultats en termes de volume se rapprochent des valeurs décrites par Lankri et *al*. (2019) ou Boiti, (2005). Nous avons obtenu des valeurs plus faibles que celles enregistrées par Bencheikh (1993), Castellini et *al*. (2003), Brun et *al*. (2006) et Theau-Clément et *al*. (2009). Boulbina (2011) rapporte des valeurs moyennes supérieures, à savoir un volume de 0,86 ml.

- Caractéristiques microscopiques

Les caractéristiques microscopiques de la semence des mâles de la souche synthétique (concentration, motilités massale et individuelle) sont relativement faibles (tableau 4) et similaires à celles signalées par Nabi (2013), sur les lapins mâles de population blanche et élevés dans la région de Tizi-Ouzou, qui obtient une concentration moyenne de 429×10^6 spz. Par contre, Boulbina (2011)**,** sur les lapins de population locale enregistre des valeurs moyennes plus élevées pour les caractères de motilité massale (7,68), de motilité individuelle (3,57), et de concentration (735×10^6 spz/ml). Nos résultats sont également inferieurs à ceux signalés par plusieurs auteurs sur les souches INRA (Bencheikh (1993), Brun et *al*., 2006), Theau-Clément et *al*.,2009).

2.4. Effet du niveau d'alimentation et de la supplémentation protéique sur la libido et les caractéristiques de la semence

Le plus bas niveau de protéines (14,5%) dans le régime B rationné de 120g/j a donné des temps de libido significativement plus longs et des taux de vitalité et des anomalies des spermatozoïdes plus faibles que dans les deux autres groupes. En ce qui concerne la quantité d'aliments à administrer à des mâles, Luzi et *al.* (1996) montrent qu'une alimentation restreinte réduit la libido et certains coups séminaux. Cependant, le facteur le plus important n'est pas la quantité de d'aliment fournie, mais ses caractéristiques chimiques.

Nos résultats montrent que le rationnement et la supplémentation ne semblent pas influencer les caractéristiques de la semence (mis a part la libido, les anomalies, le % de vitalité), car aucune différence significative n'a été révélée. cela pourrait étre lié à la courte durée de l'expérimentation. En revanche, Luzi et *al* (1996) ont conclus que le rationnement réduit significativement le poids vif, la libido et diminue le volume des éjaculats ainsi que le nombre de spermatozoïdes par éjaculat. Par contre, dans cette même expérimentation, les auteurs n'observent aucune influence du taux protéique (14,5% ou 19,7%) sur les caractéristiques de la semence de ces mâles. Les différentes études relatives à l'effet de la teneur protéique de l'aliment sur les caractéristiques de la semence recommandent un taux optimal de 14,5% (Luzi et *al.* 1996).

En revanche, Castrovilli et *al.* (1995), ont trouvé une concentration (spz/ml) faible avec une augmentation du taux de protéines (13-17-21%) sans changement du volume de l'éjaculat.

Le contenu protéique du régime a, au contraire, considérablement influencé la qualité des semences et les paramètres de fertilité observés in vivo, soulignant, ainsi la nécessité de ne pas abaisser les teneurs en protéines brutes en dessous de 15% dans l'alimentation de l'Homme. (Nizza et *al*, 2000a).

Pour l'alimentation d'un lapin mâle reproducteur, la composition de l'aliment distribué a plus d'importance que le niveau d'alimentation lui-même (Lebas, 2014) (Nizza et *al*. 2000a). Par ailleurs, les taux de lysine et de méthionine dans l'alimentation des lapins mâles influencent peu la libido et la qualité de la semence (Nizza et *al.* 2000b).

D'après Nizza (2000a), l'alimentation des mâles est un facteur important à maîtriser car les caractéristiques

Tableau 4: Effet du type d'alimentation sur la libido et les caractéristiques de la semence :

	T1 (sec)	*T2 (sec)*	*Volume (ml)*	*Couleur*	*pH*	*Motilité massale*	*Motilité individ.*	*Concentra. x 10^6 spz/ml*	*Morts %*	*Anornmaux %*
Lot A	9,53 ^{b} (±3,10)	15,71^b (±4,01)	0,48 ^{a} (±0,10)	2,99 ^{a} (±0,12)	7,06 ^{a} (±0,27)	4,99 ^{a} (±0,52)	3,21 ^{a} (±0,50)	450 ^{a} (±52)	27,9^b (±2,3)	113 ^{b} (±1,6)
Lot B	11,85 ^{a} (±2,24)	18,09 ^{a} (±2,40)	0,48 ^{a} (±0,11)	2,84 ^{b} (±0,37)	7,06 ^{a} (±0,23)	4,28 ^{b} (±0,87)	3,04 ^{b} (±0,64)	438 ^{a} (±57)	29,1 ^{a} (±4,3)	13,0 ^{a} (±3,0)
Lot C	9,53 ^{b} (±3,08)	15,43 ^{b} (±3,96)	0,48 ^{a} (±0,10)	2,99 ^{a} (±0,12)	7,03 ^{a} (±0,25)	5,00 ^{a} (±0,54)	3,19 ^{ab} (±0,51)	446 ^{a} (±55)	28,0 ^{b} (±2,4)	11,5 ^{b} (±2,0)

(a, b) dans la même colonne, les valeurs affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement (P>0,05).

de la semence et la libido sont affectées lorsque le niveau des apports nutritionnels est insuffisant. En effet, un régime alimentaire ne contenant que 13% de protéines brutes entraîne une diminution du volume de l'éjaculât et de la concentration en spermatozoïdes. Les régimes contenant plus de 15% de protéines brutes sont recommandés pour assurer une production de sperme appropriée (Nizza et *al*. 2000a).

Conclusion

Au terme de ce modeste travail, il en ressort que :

► La consommation alimentaire journalière moyenne des lapins males de la souche synthétique est de 120±8g/j. Néanmoins les lapins ont bien réagi aux sollicitations avec un taux de récolte utile de 100% et une moyenne de l'ardeur sexuelle de 16,4 secondes, avec un temps plus court pour le lot C.

► L'analyse de la semence montre que les trois lots présentent une production spermatique moyenne; les lapins males produisent un volume moyen de 0,48 ml, avec une concentration moyenne de 445×10^6 spz/ml. L'analyse de la motilité donne une note moyenne de ≈5/9 (bonne) et ≈3/4 (bonne) respectivement pour les motilités massale et individuelle.

Nous signalons que notre expérimentation a été menée sur un échantillon réduit de mâles et sur une période courte, Il serait donc nécessaire de compléter cette étude préliminaire par des essais portant sur un plus grand effectif et sur différentes modalités.

À ce propos, plusieurs paramètres importants seraient à développer.

- Pour distinguer les facteurs génétiques des facteurs phénotypiques, il est recommandé d'utiliser un échantillon beaucoup plus important, pour pouvoir calculer l'héritabilité de chaque caractère et voir l'influence de l'environnement sur les variations de ces paramètres. Un effectif élevé, en incluant de jeunes lapins serait intéressant à mettre en place pour confirmer l'effet de l'aliment sur les performances des lapins reproducteurs.
- Une bonne connaissance et une meilleure gestion des besoins nutritionnels, en tenant compte d'autres éléments nutritionnels (énergétique,…).
- Une bonne maitrise de la collecte de la semence du lapin par le préleveur car la relation entre celui-ci et l'animal occupe une place prépondérante dans la réussite de la collecte.

Références

Baril G., Chemineau P., Cogniez Y., Guerin Y., Leboeuf B., Orgueur P., Vallet J.C. 1993 Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. FAO. Rome (Italie) 231p.

Belbedj, R. 2008. Dynamisme de croissance des organes chez le lapin local. *Mémoire de magistère Université Hadj Lakhdar Batna* 86p.

Bencheickh N., 1993. Production de sperme et fertilité du lapin mâle. *Oryctolagus cuniculus* .Effets de la fréquence de collecte et du type génétique. *Thèse d'état. Ecole nationale Supérieure Agronomique de Toulous*e.

Boiti C., Castellini C., Theau-clement M., Besenfelder U., Liguori L., Renieri T. et Pizzi F., 2005. Guidelines for the handling of rabbit bucks and semen. *World Rabbit Science*, 13: 71-91.

Boulbina, I; 2011. Caractérisation de la semence du lapin de population locale. *Mémoire de magistère Ecole nationale supérieur vétérinaire El Harach Alger* 98p.

Boussit, D. 1989. Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. *Association Française de Cuniculture, Ed. Lempdes France*, 234 p.

Brun J.M., Theau-clement M., Esparbie J., Falieres J., Saleil G. et Larzu, C., 2006. Semen production in two rabbit lines divergently selected for 63-d body weight. *Theriogenology*, 66: 2165- 2172.

Castellini, C., Boiti, C., Dal Bosco, A., Lattaioli P. et Zampini D., 2003. Effet de la supplémentation en acides gras n-3 et vitamine E sur les caractéristiques de la semence de lapins d'âges différents. *10èmes Journées de la Recherche Cunicole*, *Paris*, 77-80.

Castrovilli C., Tamburini A., Carrara C., 1995. Livelli proteici della dieta, linee genetiche e caratteristiche del materiale seminale nel coniglio. *49° Conv. SISVet*.,1037-1038.

Gidenne T., Lebas F., 2005. Le comportement alimentaire du lapin. *11èmesJournées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2009, Paris*, *184-196.*

Lankri E., Boudour K., Aichouni A., Rechachou F., 2019. Effet de la fréquence de récolte de sperme sur sa qualité chez des lapins de souche ITELV 2006. *Livestock Research for Rural Development* 31 (5) .

Lebas F., 2014. Rationner les lapins en élevage commercial : Lesquels ? – Pourquoi ?– Comment ? - *Journée Alimentation du Lapin, Tunis, 26 Fevrier 2014 - Présentation orale,* 44 diap. http://www.cuniculture.info

Luzi, F., Maertens, L., Mijten P. et Pizzi F., 1996. Effect of feeding level and dietary protein content on libido and semen characteristics of bucks. *6th World Rabbit Congress, Toulouse (France)*, 2, 87-92.

Nabi, I. 2013. Performances de reproduction du lapin(*oryctolagus cuniculus)* de populaion blanche : Production spermatique des mâles et fertilité des femelles Conduites en insémination artificielle. *Mémoire de magistère Ecole nationale supérieur vétérinaire EL HARACH Alger*. 93p

Nizza A., Di Meo, C. et Taranto, S., 2000a. Influence of dietary protein content on libido and semen characteristics bucks. *7th World Rabbit Congress, 4-7 Juillet, Valencia (Spain),* vol.A, 217-223.

Nizza A., Di Meo, C. et Taranto, S., 2000b. Effect of lysine and methionine on libido and semen characteristics of bucks. *World Rabbit Science*, 8 (4) : 181-184

Petitjean 1965 Recherche sur l'estimation du pouvoir fécondant des coqs. *Thèse d'ingénieur d'état, Agriculture, France.*

Roca, T., Casas, J. et De Gracia, J., 1993. Efecto de los factores ambientales sobre las caracteristicas del semen de conejo. *Boletin de cunicultura*, N° 70, 4 p.

Theau-clement, M., Sanchez, A., Duzert, R., Saleil, G., Brun J.M., 2009. Etude de facteur de variation de la production spermatique chez le lapin. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre, Le Mans (France*), 129-132.

Performances de reproduction des lapines de la souche « Itelv 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insemination artificielle Résultats préliminaires

Boudour*[1] K., Aichouni A.[1], Lankri E.[1], Zerrouki Daoudi N[2]

[1] Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.
[2] Laboratoire Ressources Naturelles. Université de Tizi Ouzou, Algérie

* Correspondant : k.boudour@hotmail.com

Résumé . - Soixante lapines primipares de la souche Itelv-2006, de poids et d'âge comparables (3870 g et 5,7 mois en moyenne) ont été reparties après mise bas en trois lots de 20, correspondant à une insémination artificielle (IA) pratiquée 4 – 7 ou 11 jours après la mise bas. Les paramètres étudiés ont été la réceptivité (couleur de la vulve) au moment de l'IA, la fertilité et la prolificité (nés totaux) à la suite de cette IA. Les lapines inséminées à J4 ou à J11 *post partum* étaient significativement plus réceptives que celles inséminées à J7 : 70 et 80% vs 30% respectivement (P=0,003). La fertilité à la mise bas a été similaire pour les lots J4 et J11 (70 et 75%) mais significativement plus faible pour le lot J7 : 60% (P=0,030). Enfin la prolificité la plus faible a été observée pour les lots J11 : 7,86 nés totaux par portée , vs 8,78 et 9,75 pour les lots J4 et J11 (P=0,01). Toutefois une très forte mortinatalité (47% en moyenne) liée très probablement aux conditions extérieures très défavorables au moment des mise bas, nécessite de considérer ce dernier résultat avec précautions.

Abstract : Reproductive performance of rabbit does of the strain "Itelv 2006" according to the artificial kindling-insemination interval - Preliminary results. Sixty primiparous rabbits does of the Itelv-2006 strain, of comparable weight and age (3870 g and 5.7 months on average) were distributed after kindling in three lots of 20, corresponding to an artificial insemination (AI) performed 4 - 7 or 11 days after kindling. The parameters studied were receptivity (color of the vulva) at the time of AI, fertility and prolificacy (total kits born) following this AI. Rabbits inseminated on D4 or D11 *post partum* were significantly more receptive than those inseminated at D7: 70 and 80% *vs.* 30% respectively (P = 0.003). Fertility at kindling was similar for lots D4 and D11 (70 and 75%) but significantly lower for lot D7: 60% (P = 0.030). Finally, the lowest prolificacy was observed for group D11: 7.86 total born per litter, *vs* 8.78 and 9.75 for lots D4 and D11 (P = 0.01). However, a very high stillbirth proportion (47% on average) very probably related to the very unfavorable external conditions at the time of kindling, requires to consider this last result with precautions.

Introduction.

Créé en 2006 (Gacem et al. 2009) et diffusée à partir de 2012, la nouvelle souche algérienne de lapins « ITELV 2006 » a fait l'objet de nombreux travaux qui se sont concentrés sur la description de ses caractéristiques, en comparaison avec les populations locales existantes (Bolet et al 2012 ; Zerrouki et al 2014 ; Sid et al 2018). Dans tous ces essais, la reproduction était conduite en saillie naturelle.

L'utilisation de l'insémination artificielle (IA) peu fréquente jusqu'à ce jour en Algérie, permet à l'éleveur de réaliser aisément une conduite en bandes en maitrisant pour toutes les lapines de la bande l'intervalle entre la mise bas (MB) et l'IA (Theau-Clément 2005 et 2008 ; Dal Bosco et al., 2011).

Pour les souches sélectionnées européenne, la conduite en bandes se fait principalement avec un intervalle de 42 jours entre deux inséminations consécutives, ce qui correspond à une IA 11-12 jours après la mise bas. Différents travaux et observations ont été conduits pour savoir si d'autres rythmes de reproduction pouvaient être techniquement ou économiquement viables mais toujours avec les souches européenne (Xiccato et al., 2005, Feugier et al., 2006, Castellini 2007).

Par contre aucune étude de ce typé n'a été conduite sur la nouvelle souche ITEV 2006. L'objectif de ce travail préliminaire est donc de tenter de déterminer pour ce génotype l'intervalle optimum entre mise bas et IA en comparant les performances obtenues avec 3 intervalles MB-IA , à savoir 4 – 7 et 11 jours.

1 - Matériel et Méthodes

1.1. *Matériel animal et conditions expérimentales*

Soixante lapines primipares contemporaines âgées de 5,5-6 mois, appartenant à la souche Itelv-20016 ont été réparties en 3 lots de 20 immédiatement après la mise bas, en vue d'une insémination 4 – 7 ou 11 jours après la MB, le jour de MB étant compté comme jour 1. (lots J4 – J7 et J11). Leur poids moyen était de 3876 ± 152 g. Ces lapines ont été libres d'allaiter leur portées durant tout l'essai et ont été alimentées à volonté avec un aliment granulé commercial contenant 14,5% de protéines brute, 9,45% de cellulose brute, 3,38% de matières grasses, 0,89% de calcium et 0,60% de phosphore total. Elles disposaient en permanence

d'eau de boisson par un système d'abreuvement semi-automatique

Les lapines étaient logées dans une même cellule dans des cages individuelles au sein de l'animalerie de l'Université de Chlef

1.2- *Répartition des lapines et IA*

Toutes les mises bas initiales ont eu lieu entre le 2 et le 4 août 2015. L'IA à 4 jours a été effectué sur les lapines ayant mis bas le 3 août, l'IA à 7 jours sur les lapines ayant mis bas le 4 août et l'IA à 11 jours, sur les lapines ayant mis bas le 2 août.

Toutes les insémination ont été faites avec la semence d'un seul mâle de la même souche (8 mois , 3740 g) , en semence fraiche correspondant à 2 prélèvements du mâle à 10 min d'intervalle, chacune des 3 journées « utiles ». La qualité de la semence a été contrôlée pour chaque éjaculat avant mélange et dilution au 1/10e des 2 éjaculats du jour, selon les techniques et méthodes préconisées par Boussit (1989).

La qualité de la semence a été homogène pour les 6 éjaculats utilisés : volume 0,6-0,9 ml, pH de 6,9-7,2, note de motilité massale de 4 , concentration de 402-430 x 10^6 spermatozoïdes / ml et un pourcentage de spz morts de 28-29%. Après l'observation de la qualité, tous les prélèvements ont été utilisés et la dilution a été effectuée avec du « Galap » (IMV Technologies)

Les femelles de chaque lot ont été inséminées avec une dose de 0,3 ml de semence diluée, après avoir reçu 0,3 ml d'un analogue de GnRH (Cystoreline), injecté en intramusculaire pour déclencher l'ovulation.

1.3. *Paramètres contrôlés*

La réceptivité des lapines à l'accouplement a été estimée par observation de la couleur de la vulve juste avant l'IA (Theau-Clément et al., 2012).

La fertilité a été évaluée lors de la palpation abdominale effectuée 12 jours après insémination (proportion de lapines palpées positives), puis après observation des mises bas effectives.

La prolificité a été estimée par la taille de la portée à la naissance, exprimée en nés-totaux. Les fortes chaleurs observées au moment des mise bas (température maximale chaque jour de 33-36° entre le 6 et le 14 septembre 2015, période des mises bas) ainsi que la réalisation de travaux à proximité immédiate de l'animalerie à la même période, ont entrainé une très forte mortinatalité moyenne (47%) interdisant toute analyse prenant en compte les proportions de lapereaux nés vivants ou morts.

1.4. *Analyse statistique*

Les résultats obtenus pour l'ensemble des variables ont été analysés avec le logiciel XL stat plus v 5 (2016) permettant une analyse de variance (ANOVA) incluant l'effet du stade d'allaitement des lapines sur les paramètres étudiés. En cas d'effet significatif, les moyennes ont été comparées 2 à 2 par le test de Fisher.

2. Résultats et Discussion

Aucune mortalité des femelles expérimentales n'a été observée sur l'ensemble de l'essai.

2.1. *Effet de l'intervalle MB-IA sur la réceptivité des femelles*

La réceptivité des lapines de la souche Itelv-2006 est influencée par le stade de lactation (Tableau 1). En effet, un taux de 70% a été enregistré pour le premier lot (J4) alors que celui du deuxième lot, inséminé à 7 jours *post-partum* présente un taux significativement plus faible (30%). Les lapines du lot J11 enregistrent un taux de réceptivité (80%) similaire à celui du lot J4 et même un peu supérieur(Tableau 1).

Selon la littérature, le pourcentage de lapines qui acceptent l'accouplement est très élevé (généralement de l'ordre de 90-100 %) le jour même de la mise bas (Beyer et Rivaud, 1969 ; Diaz et *al*., 1988 ; Roustan et Maillot, 1990). Il décroît à 4 jours *post partum* (Diaz et *al*., 1988 : 47,2 % ; Theau-Clément et *al*., 1990 : 54,2 %) pour remonter à 11 jours (Theau-Clément et *al*., 1998)

Cette évolution de la réceptivité sexuelle après la mise bas n'est pas exactement retrouvée dans notre cas . En effet, les réceptivités à 4 jours et 11 jours *post partum* sont semblables et c'est pour le lot J7 que cette réceptivité est la plus faible, effet similaire à celui décrit au stade J4 dans la littérature (cf références ci-dessus)

Tableau 1 : Réceptivité des lapines au moment de l'insémination

	Lots			*Proba*
Délai MB-IA	**4 j**	**7j**	**11 j**	
Nbre lapines	20	20	20	-
Nbre réceptives	14	6	16	-
Réceptivité (%)	**70±9 [a]**	**30±9 [b]**	**80±8 [a]**	***0,003***

Il convient toutefois remarquer que cet essai ne porte que sur 20 lapines primipares par lot. Des essais sur un beaucoup plus grand nombre de lapines et aussi sur des lapines multipares sont donc nécessaires avant de pouvoir affirmer que la souche Itelv-2006 aurait une évolution de la réceptivité *post partum* différente de celle des populations sélectionnées classiques. Une confirmation serait utile lorsque la reproduction est effectuée par saille naturelle, ce qui est actuellement le cas de la quasi totalité des éleveurs algériens (Kadi, 2014)

2.2. *Effet de l'intervalle MB-IA sut la fertilité*

La fertilité des lapines estimée lors la palpation ou mesurée à la mise bas est significativement plus faible pour les lapines du lot J4 que pour les deux autres (tableau 2). Ainsi, comme pour la réceptivité, nous

retrouvons les performances les plus faibles pour le lot J4 , mais l'écart par rapport aux deux autres lots n'est pas aussi marqué que pour la réceptivité. Comme pour cette dernière il n'y a pas de différence significative entre les performances des lots J4 et J11 : 70 et 75% de mises bas respectivement.

Tableau 2 : Variation de la fertilité en fonction de l'intervalle mise bas –insémination

Intervalle MB-IA	4J	7J	11J	*Proba*
Nbre inséminations	20	20	20	
♀ palpées plus	18	16	20	
Fertilité à la palpation	90±24[ab]	80±32[b]	100	*0,035*
Nbre de mises bas	14	12	15	
Fertilité à la MB	70±19[ab]	60±20[b]	75±20	*0,030*

Comme pour la réceptivité nous ne retrouvons pas exactement les performances de la littérature montrant un plus faible fertilité à J4 (Theau-Clément et Lebas, 1996). Par contre nous confirmons pour la souche Itelv-2006, les bons résultats obtenus après une IA pratiquée 11 jours après la mise bas, comme cela est généralement pratiqué en France sur le souches sélectionnées européenne (Coutelet, 2015).

2.3. *Effet de l'intervalle MB-IA sur la prolificité*

Comme indiqué dans la partie Matériel et Méthodes, la prolificité n'a pu être évaluée que pour le nombre de nés totaux

Contrairement à ce que nous avons constaté pour la réceptivité et la fertilité, c'est le lot J4 qui obtient les meilleures performances pour la taille de portée à la mise bas (tableau 3) Il faut remarquer aussi que la moins bonne performance est observée pour le lot J11 : pratiquement 2 lapereaux de moins que pour le lot J4.

Tableau 5 : Prolificité des lapines (en nés totaux) en fonction de l'intervalle mise bas-insémination

Intervalle MB-IA	4J	7J	11J	*Proba*
Nbre de mises bas	14	12	15	
Nés totaux par MB	8,78ab ±1,82	9,75a ±1,53	7,89b ±1,14	*0,01*

Compte tenu des circonstances dans lesquelles s'est déroulée la fin de gestation des lapines ainsi que leurs mises bas, ces résultats doivent impérativement être vérifiés par une nouvelle expérimentation avant que soit portée une conclusion quelconque en terme de relation entre l'intervalle MB-IA et la prolificité pour la souche Itelv-2006.

Conclusion

Les résultats de cette expérimentation, préliminaire montrent que comme attendu dans la gamme étudiée (4 – 7 – 11 jours post partum) l'intervalle entre la mise bas d'une lapine et son insémination artificielle, a un effet significatif sur les performances de reproduction pour la souche Itelv-2006, comme cela a été décrit pour les lapines en général dans la littérature internationale.

Toutefois, dans la limite de cet essai préliminaire sur des lapines primipares, il semble que pour cette souche, les plus mauvais résultats de réussite (fertilité) soient observés pour les IA pratiquées 7 jours après la mise bas alors que généralement cela est observé pour les IA pratiquée à J4.

En tout état de cause, de nouveaux essais portant sur des effectifs nettement plus importants et sur des lapines primipares et multipares suivies sur plusieurs portées consécutives, sont nécessaire pour arriver à des conclusions applicables sur le terrain, en particulier vis-à-vis de la prolificité .

Références

Beyer C et Rivaud N. 1969. Sexual behavior in pregnant and lactating domestic rabbits. *Physiology and Behavior*, 4, 753-757.

Bolet G, ZerroukiN, Gacem M, Brun J.M., Lebas F., 2012 Genetic parameters andtrends for litterandgrowthtraits in a syntheticlineofrabbitscreatedin Algeria.. *Proceedings 10th World Rabbit Congress -September 3 -6, 2012-SharmElSheikh -Egypt*, 195 –199.

Boussit, D. 1989. Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. Association Française de Cuniculture, Ed. Lempdes France, 234 p.

Castellini, C., 2007. Reproductive activity and welfare of rabbit does. . *Italian Journal of Animal Science* 6, 743-747.

Coutelet G., 2015. Performances moyennes des élevages cunicoles en France pour l'année 2014. Résultats Renaceb. *Cuniculture Magazine*, 47, 39-40

Dal Bosco A, Rebollar P G, Boiti C, Zerani M, CastelliniC 2011 Ovulation induction in rabbit does: Current knowledge and perspectives. *Animal Reproduction Science 129,) 106–117.*

Diaz P, Galsalvez I f, Rodriguez jm, 1988. Sexual behavior in the post partum period of domestic rabbits. *Anim. Repro. Sci*, 17, 251-257.

Feugier, A., 2006. Une méthode alternative de reproduction chez la lapine : un modèle pour une approche systémique du fonctionnement des élevages cunicoles. Thèse Doctortat Institut National Polytechnique de Toulouse, 157 pp.

Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F., Bolet, G., 2009. Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie *13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 nov. 2009, Le Mans France*, 149-152.

Kadi, S.A., 2013. Ressources génétiques cunicoles en Algérie : État des lieux. *11èmes Journées Internationales des Sciences Vétérinaires, 30 nov-1er déc. 2013, El Harrach Algérie*., 45

Roustan A., Maillot D, 1990. Comparaison des résultats de fertilité et du productivité numérique a la naissance de deux groupes de lapines conduites en insemination artificielle et en saillie naturelle. Analyse de quelques facteurs de variation. *5ème journées de la recherche cunicole, 12-13 décembre, 1990, paris francs.* Tome i, comm. N°3.

Sid S, Benyoucef MT, MeftiKorteby H., Boudjenah H 2018 Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie *Livestock Research for Rural Development,* 30(7), article #120

Theau-Clément M 2005 Préparation de la lapine à l'insémination : Analyse bibliographique. *11èmeJournée Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris, France*, 67-71.

Theau-Clément M., Bolet G., Roustan A., Mercier P., 1990. Comparaison de différents modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade

physiologique et la réceptivité au moment à la mise à la reproduction. *5èmes' Journées Rech. Cunicole France. Paris*. Comm N°6.

Theau-Clément M., Castellini C., Maertens L., Boiti C., 1998. Biostimulation Applied to rabbit reproduction: theory and practice. *World Rabbit Sci*., 6, 179-184.

Theau-Clément M., Lebas F., 1996. Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 4 (2), 47-56.

Theau-Clément., Monniaux D., Tircazes A., Balmisse E., Bodin L., Brun J, M., 2012. Descriptive analysis of rabbit sexual receptivity and its sources of variation. *Proceeding 10th World Rabbit Congress-September 3-6, 2012-Sharm El-Sheikh-Egypt*, 447-541.

Xiccato, G., Trocino, A., Boiti, C., Brecchia, G., 2005. Reproductive rhythm and litter weaning age as they affect rabbit doe performance and body energy balance. *Animal Science* 81, 289-296.

Zerrouki N, Lebas F, Gacem M, Meftah I, Bolet G 2014 Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations, *World Rabbit Sci.,* 22: 269-278

Efficacité des aides de l'Etat en relation avec les performances de production : cas des élevages cunicoles la région de Tizi-Ouzou, Algérie

A. Mouhous[1*], T. Benabdelaziz[1], C. Limani[1], S. A. Kadi[1], F. Djellal[2], H. Guermah[3], M. Berchiche[1]

[1] Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université Mouloud MammerI de Tizi-Ouzou (Algérie)
[2] Département d'agronomie, Université Ferhat Abbas. Sétif1. Algérie
[3]Département d'agronomie, université Mohamed Boudiaf, M'sila 28000, Algérie

* correspondant : mouhousazeddine@yahoo.fr

Résumé : L'objectif de cette étude est de caractériser les performances zootechniques des élevages cunicoles et d'apprécier le niveau d'efficacité des dispositifs de financement mis en place par l'Etat dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie). 67 élevages cunicoles ont été enquêtés au cour d'un période de 5 mois en 2017. Les résultats montrent que 73% des éleveurs ont un âge qui varie de 31 à 55 ans. Les femmes ne représentent que 22% des éleveurs enquêtés. L'élevage cunicole demeure une activité secondaire (seulement 6% l'ont considéré comme activité principale) pratiquée surtout par des hommes qui sont soit de profil agro-éleveurs (48%), soit de profils extra-agricoles (45%). La taille des élevages est en moyenne de 43 femelles avec une variabilité allant de 8 à 250 femelles. Le nombre moyen de mise bas/an est de 6,6±1,1 et le nombre de lapereaux nés vivants/lapine est de 7,0±0,94. Les taux de mortalité au sevrage et à l'engraissement sont respectivement de 8,9±5,9 et 14,3±6,2%. Les ventes atteignent en moyenne 36,2±9,4 lapins/femelle/an avec un poids moyen à la vente de 2,42 kg. Les aides de l'Etat au démarrage des élevages n'ont concerné que 42% des enquêtés et celles de l'assistance technique ont atteint les 63%. Une typologie basée sur les effectifs des femelles a montré que les gros éleveurs sont les grands bénéficiaires de ces aides de l'Etat. Ces éleveurs bénéficiaires réalisent les meilleures performances de production. En général la productivité des élevage varie peu selon qu'ils sont ou non aidés par l'Etat. Face à ces résultats, il est toutefois recommandé de faciliter plus l'accès à ces aides et de renforcer le volet formation afin d'améliorer la productivité et une meilleure organisation des éleveurs cunicoles.

Abstract : Efficiency of state aid in relation to the production performances: case of rabbit farms the region of Tizi-Ouzou, Algeria . The objective of this study was to evaluate the production characteristics of rational rabbit farms and the level of adherence of farmers to the financing mechanisms for the rabbit farms development in the Tizi-Ouzou area. 67 rabbit farms were surveyed for 5 months, in 2017. The results show that 73% of breeders wer between 31 and 55 years old. Women represented only 22% of the surveyed breeders. Rabbit breeding was still a either secondary activity (only 6% considered it as the main activity), practiced mainly by men who are agro-breeders (48%) or extra-agricultural profile (45%). The size of farms was on average 43 females with a variability ranging from 8 to 250 females. The average number of kindlings / year was 6.6 ± 1.1, and the number of rabbits born alive / female was on average 7.0 ± 0.72. The pre-weaning and fattening mortality rates were 8.9 ± 5.9 and 14.3 ± 6.2%, respectively. Sales reach an average of 36.2 ± 9.4 rabbits/female /year with a weight of rabbits of 2.42 kg on average. State aid for the farms at startup have only concerned 42% of respondents, and those for technical assistance have reached 63%. A typology based on the numbers of females showed that the big breeders are the major beneficiaries of State aid. These show the best production performance. In general, livestock productivity varies little according to whether or not they are assisted by the State. However, given these results, it is recommended to further facilitate access to these aids and strengthen the training component in order to improve productivity and a better organization of rabbit breeders.

Introduction

Depuis plusieurs décennies, les pouvoirs publics en Algérie ont mis en place des dispositifs de financement inhérents à la création et l'extension des exploitations d'élevages, notamment cunicoles, pour la production de viande, et ce pour réduire le déficit protéique de la ration alimentaire des populations. Depuis les années 1990, et grâce aux programmes de développement, l'élevage cunicole est passé progressivement du mode traditionnel à celui moderne et rationnel. Plusieurs travaux se sont intéressés au volet alimentation-croissance (Berchiche et al, 2000 ; Kadi, 2012 ; Mouhous et al, 2017, Harouz-Cherifi et al, 2018) et reproduction (Gacem et Lebas, 2000 ; Zerrouki et al, 2005 ; Gacem et al, 2009) de ces élevages dans les conditions locales. Une lapine pourrait produire plus de 50 kg de viande/an. Par ses performances de production, le développement de l'élevage du lapin constitue une voie qui pourrait améliorer la disponibilité des protéines animales. A cet effet, l'objectif de notre travail est de caractériser les

performances zootechniques de ces élevages cunicoles et d'apprécier le niveau d'efficacité des dispositifs de financement mis en place par l'Etat.

1. Matériels et méthodes

1.1. Réalisation de l'enquête

Dans la région de Tizi-Ouzou, on dénombre quelque 100 élevages cunicoles de type rationnel (DSA, 2017). Après un tirage aléatoire, une enquête a été réalisée auprès de 67 élevages. Les deux seules conditions retenues pour le choix des élevages étaient l'utilisation de cages métalliques grillagées et d'aliments granulés de type industriel. L'enquête s'est déroulée de janvier à mai 2017. Le questionnaire, rempli par les enquêteurs au sein même de l'exploitation, était constitué de rubriques (rubrique sociale, rubrique acquisition de moyens de production, rubrique fonctionnement de l'élevage) qui ont permis de décrire la situation structurelle et fonctionnelle de ces élevages.

1.2. Analyses statistiques

Les élevages ont été répartis en quatre groupes sur la base de la variable effectif des femelles/élevage. En plus de l'analyse descriptive, les groupes formés, à base de données constituées, ont fait l'objet d'une analyse de comparaison de variances (alpha = 0,05). Le logiciel utilisé est XlSTAT@ 2014.

2. Résultats et discussion

L'élevage rationnel des lapins est une activité qui s'est développée dans la région à partir des années 1990. Seulement 37% des éleveurs ont eu, au préalable, une formation en cuniculture. Assurées par un centre de formation professionnel agricole, ces formations concernent surtout la conduite d'élevage et, à faible degré, la santé animale.

Les enquêtés ont un niveau d'instruction relativement appréciable. Parmi ces éleveurs, 70% ont un niveau de collège et secondaire, alors que 17% sont des universitaires (tableau 1). Par ailleurs, seulement 6% des éleveurs ont comme activité principale la cuniculture. Elle est souvent associée à l'élevage d'autres espèces ou à l'agriculture (48%), ou bien pratiquée comme activité secondaire à un commerce ou à une fonction salariale (45%). Cette situation est aussi rapportée par Chalah et Hajj (1996) pour l'élevage cunicole au Liban.

Tableau 1 : Caractéristiques socio-économiques des éleveurs cunicoles

variables	modalités	effectif	%
Formation initiale en cuniculture	Oui	25	37
	Non	42	63
Niveau d'instruction	Primaire	9	13
	Collège	25	37
	Secondaire	22	33
	Universitaire	11	17
Activité Principale	Cuniculteur	4	6
	Elevage	28	42
	Agriculteur	4	6
	Commerce	18	27
	Fonctionnaire	12	18

La typologie a montré quatre groupes (ttableau 2). Le premier constat à faire est que près de 80% des élevages sont tenus par les hommes, les femmes ne représentent que 22%. C'est dans le groupe 2 que presque la moitié des éleveurs sont des femmes (43,8%). L'activité de cuniculture est exercée par des éleveurs qui sont à l'âge actif. 73% des éleveurs enquêtés ont un âge qui varie entre 31 et 55 ans. L'âge moyen des éleveurs est de 42 ans. Le nombre de femelles/élevage n'est pas élevé (42 lapines en moyenne), il varie de 8 à 250 femelles/élevage. Les groupes 3 et 4 dépassent cette moyenne de manière significative. Les éleveurs du groupe 4 ont une moyenne de 143 femelles/élevage, avec une variation de 100 à 250 femelles.

Tableau 2 : Performances de production des exploitations cunicoles et niveaux d'accès aux aides de l'Etat

	G1 (N=30)	G2 (N=16)	G3 (N=14)	G4 (N=07)	P-value
Nombre de femelles /élevage	**13,5 ± 3,8**	**35,8 ± 4,9**	**60,0 ± 10,9**	**143 ± 58**	**< 0,0001**
Proportion de femmes (%)	20,0	43,8	7,1	14,3	
Age des éleveurs (ans)	42,73±10,54	41,63±8,03	43±13,03	35,71±13,49	0,7339
Nombre de mises bas/femelle/an	6,87±1,14	6,44±1,21	6,36±0,93	6,43±0,98	0,5385
Taille de portée à la naissance	6,93±1,05	7,13±1,03	6,79±0,70	7±0,82	0,4592
Taux de mortalité au sevrage (%)	11,87±6,22	6,38±3,81	7,04±5,25	4,79±2,20	**0,0008**
Taux de mortalité à l'engraissement (%)	18,09±6,49	12,09±4,25	9,84±2,58	11,76±3,05	**0,0107**
Nombre de lapins vendus/femelle/an	34,38±8,26	38,65±12,94	36,12±6,96	37,96±8,66	0,821
Poids moyen à la vente (kg)	2,45±0,09	2,39±0,12	2,42±0,11	2,14±0,13	0,8106
Elevages avec aide au démarrage (%)	43,3	**50**	7,1	**85,7**	
Elevages avec assistance technique (%)	56,7	**68,8**	42,9	**100**	

Pour les performances de production, les éleveurs enquêtés signalent en moyenne un nombre de mises bas/an de 6,61 et un nombre de nés vivants de près de 7 lapereaux/mise bas. Les taux de mortalité moyens avant

sevrage et à l'engraissement sont respectivement de 8,81 et 14,24%. Ces performances sont similaires à celles rapportées dans des travaux antérieurs de Gacem et Lebas (2000), Gacem et al (2009) et Zerrouki et al (2005, 2007). La vente moyenne est de 36,18 lapins/femelle/an. De même, le poids à la vente est globalement le même pour tous les groupes, il est largement supérieur à 2 kg (2,42 kg) comme rapporté par Kadi et al (2008). Par ailleurs, il est à noter que le groupe 4 (gros éleveurs), dont les éleveurs ont bénéficié à 86% des aides de l'Etat au démarrage et à 100% de soutien technique, montre significativement les meilleures performances de production. Ce groupe enregistre la meilleure production vendue par femelle (37,96) après le groupe 2. L'activité principale de ces éleveurs est l'élevage. Par contre, les éleveurs du groupe 1, 2 et 3 sont à moitié commerçants ou fonctionnaires. La cuniculture est pratiquée comme activité secondaire et permet de diversifier les sources de revenus.

Efficacité des aides de l'Etat

Depuis l'année 2000, l'Etat Algérien a mis en place plusieurs dispositifs de financement et de formation afin d'accompagner les éleveurs dans la création et l'extension de leur exploitation. Des dispositifs multisectoriels (exemple ANSEJ et CNAC) et dispositifs secteur agricole (PPDRI, FNDIA ou les Programmes de Wilaya) ciblent les promoteurs dont l'âge varie de 19 à 50 ans. La formule de financement est triangulaire : l'apport personnel (1 à 2%), prêt sans intérêt (28 à 29%), crédit bancaire (70%). Les aides de l'Etat au démarrage ont concerné 42% de nos enquêtés. Les élevages bénéficiaires ont une taille significativement plus importante (tableau 3). Ceci dénote une faible efficacité de contribution de ces aides. Les éleveurs du groupe 4 (gros éleveurs), en raison des gros investissements engagés pour la création de leurs élevages, ont préféré avoir accès aux aides de l'Etat et supporter les difficultés et charges des procédures administratives.

Tableau 3 : Efficacité des aides financières au démarrage de l'élevage

Aides	Non	Oui	Probab.
Nombre d'élevage	39	28	-
Taille moyenne (Nb♀)	37,7 ± 34	48,2 ± 53	**0,011**
Lapins vendus/ ♀/an	38,2 ±9,37	33,25±8,72	0,702

Par contre, près de 60% des élevages (groupes 1,2 et 3) ont démarré sans les aides de l'Etat. Ceci s'explique, probablement, d'une part par le faible coût d'investissement nécessaire pour lancer un élevage cunicole, et d'autre part, par la lenteur bureaucratique de la procédure administrative pour faire aboutir le dossier de demande d'aide financière dans le cadre de ces dispositifs. Les dispositifs du secteur agricoles sont les plus sollicités du fait de leur facilitation à la mobilisation des financements. Ces derniers ne disposent pas de gros financements. Par contre, les dispositifs multisectoriels, malgré leur fort financement, sont moins sollicités, car l'aboutissement d'un projet (comme l'élevage) suit une démarche administrative longue et difficile. Ces difficultés et entraves dissuadent souvent les jeunes promoteurs.

Cependant, pour les aides de l'Etat en terme d'assistance technique, on note que 63% ont en bénéficié. Tous les éleveurs du groupe 4 ont disposé de cette aide. Ceci montre l'engouement des enquêtés quant aux formations inhérentes aux techniques d'élevages afin d'améliorer la productivité. Par contre, ces aides ne traduisent pas par une amélioration significative dans les performances moyennes des élevages (tableau 4).

Tableau 4 : Efficacité des aides techniques et zootechniques

Aide	Non	Oui	Probabilité
Nombre d'élevage	26	22	
Taille moyenne élevage	40,73 ±47	43,23 ±47	0,9533
Lapins vendus/ ♀/an	36,91 ±8	34,29 ±7	0,8217

Le volet sanitaire dans l'élevage est pris au sérieux par les éleveurs en raison des préjudices et pertes que peuvent causer les maladies. Cependant, on note seulement 28% d'enquêtés qui ont bénéficié de cette formation. Les éleveurs des groupes 2 et 4 indiquent les taux de participation les plus importants à cette formation (respectivement 44% et 43%). Malgré cette participation, les bénéficiaires ne signalent pas des performances de production significativement meilleures que les éleveurs non bénéficiaires, en particulier pour la mortalité naissance-sevrage et celle en engraissement (tableau 5).

Tableau 5 : Efficacité des formations de suivi sanitaire

Suivi de la formation	Non	Oui	Probabilité
Nombre d'élevage	48	19	
Taille moyenne d'élevage	41,9 ±47	42,6 ±32	0,953
Taux de mortalité/nés vivants	8,7 ±5,7	7,4 ±4,3	0,240
Taux de mortalité/sevrés	13,5 ±5,6	14,2 ±6,7	0,424
Lapins vendus/ ♀/an	35,7 ±8	37,2 ±12	0,703

En outre, les ventes de lapins ne montrent pas une différence significative pour les deux catégories d'éleveurs, malgré une effet numériquement favorable (37,2 vs 35,6 vendus /♀ et/an)

3. Conclusion

L'élevage cunicole demeure, dans la région de Tizi-Ouzou, est une activité secondaire, pratiquée surtout par des hommes qui ont soit un profil agro-éleveurs (48%), soit un profils extra-agricoles (45%). Les élevages montrent des performances de production intéressantes qui seraient appelées à se développer ; un nombre de mises bas/an de 6,6 et une vente de 36 lapins/femelle/an. Les aides de l'Etat sont plus captées par les gros éleveurs qui ne montrent pas forcement les meilleures performances. L'efficacité de contribution de

ces aides reste relativement faible. Les enquêtés sont plus intéressés par l'assistance technique (63%) que par les dispositifs d'aide au démarrage de l'élevage (42%). Parmi les formations soutenues par l'Etat, la formation au suivi sanitaire est celle qui est la plus sollicitée pour améliorer les performances de production de manière significative. Ces faibles taux d'adhésion ne sont pas appelés à croitre en raison des entraves bureaucratiques et de la lenteur dans l'aboutissement de projets, et ce malgré les efforts.

Référence

Berchiche M., Kadi S.A., Lebas F. 2000.Valorisation of Wheat by-products by growing rabbits of local Algerian population. *World Rabbit Sci. vol. 8 Sup.1C:119-124.*

Chalah T., Hajj E. 1996. Potentialités de production et de consommation de la viande cunicole au Liban. *World Rabbit Science* 4 (2), 69-74.

DSA (Direction des Services Agricoles). 2017. Annuaire des statistiques de production animale. *Service statistiques. Wilaya de Tizi-Ouzou.*

Gacem M., Lebas F. 2000. Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. *7th World Rabbit Congress, Valencia – Spain, 2000* Vol.B, -75-80

Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G. 2009.Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre 2009, Le Mans, France*, 149-152

Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018. Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on rabbit performance and economic efficiency. *World Rabbit Sci*., 26: 27-34.

Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. 2018. Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livestock Research for Rural Development. Volume 30, Article #110*

Kadi S.A. 2012. Alimentation du lapin de chair : valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie. *Thèse de doctorat en sciences agronomiques.* 143p.

Kadi S.A., Djellal. F., Berchiche M. 2008. Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. *9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, June 10-13, 2008*. 1559-1564

Mouhous A., Kadi S. A., Belaid L., Djellal F. 2017. Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (Hedysarum flexuosum) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #115.*

Zerrouki N., Hannachi R., Lebas F., Saoudi A. 2007. Productivité des lapines d'une souche blanche de la région de Tizi-Ouzou en Algérie. *12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France*, 141-144

Zerrouki N., Kadi S.A., Berchiche M., Bolet G., 2005. Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris 29-30 novembre,* 11-14

Impacts socio-économique des stratégies de régulation de l'ingestion post-sevrage chez le lapin - Analyse rétrospective sur 10 ans.

Gidenne T.

GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France

*Auteur correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

Résumé : Le jeune lapin, comme tous les jeunes mammifères, doit faire face à des troubles de la digestion autour de la période du sevrage. En élevage, il est souhaitable de réduire les risques de troubles digestifs (diarrhée) sans employer de médicaments, notamment par des pratiques d'antibiothérapie préventive. L'INRA a conduit un programme ambitieux de recherche, en collaboration avec l'ITAVI et les principales firmes service en alimentation animale (fédérées par le GEC, Groupe Expérimentation Cunicole). Ces travaux ont montré qu'une bonne stratégie de régulation de l'ingestion en post-sevrage réduit les risques de pathologies digestives tout en améliorant l'efficacité alimentaire. En terme d'impacts, cela se traduit donc à la fois par, une réduction des pertes de lapins en croissance (720000 lapins sauvés/an soit 30M€ sur 2005-2015), une réduction de l'utilisation de médicaments (-50% d'antibiotiques utilisés contre les troubles digestifs), et par une réduction des coûts alimentaires (+5% d'efficacité alimentaire, soit 40M€ d'économie entre 2005-2015). Cette limitation provisoire de l'ingéré alimentaire après le sevrage a également des conséquences sur les impacts environnementaux de la cuniculture conventionnelle (-9% de potentiel de réchauffement climatique, -11% des potentiels d'eutrophisation et -12% d'acidification, et -10% d'occupation des surfaces agricoles). Cette pratique permet donc de combiner des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux.

Abstract : Socio-economic impacts of feed intake restriction strategies for the growing rabbit after weaning - A 10-years retrospective Analysis.

The young rabbit, like all young mammals, has to deal with digestive disorders around the weaning period. In breeding, it is desirable to reduce the risk of digestive disorders (diarrhoea) without using drugs, including preventive antibiotic practices. INRA has conducted an ambitious research program in collaboration with ITAVI and the main animal feed companies (federated in a group "GEC"). These works have shown that a good control of the post-weaning feed intake reduces the risk of digestive diseases while improving feed efficiency. In terms of impacts, this lead in both a reduction in the losses of rabbits growing (720000 rabbits saved / year or 30M€ over 2005-2015), a reduction in the use of drugs (-50% antibiotics used against digestive disorders) and by a reduction in food costs (+ 5% of feed efficiency, or 40M€ in savings between 2005-2015). This temporary restriction of the intake after weaning also impacted favourably the environment (-9% of global warming potential, -11% of eutrophication potentials and -12% of acidification, and -10% occupation of agricultural areas). This practice therefore combines economic, environmental and social benefits.

Contexte et introduction

Chez le jeune mammifère, la réussite du sevrage déterminera sa santé et sa croissance ultérieure. Mais le sevrage est aussi une phase de forte sensibilité aux troubles digestifs, que ce soit chez l'homme, le porcelet, le veau, ou le jeune lapin entre 4 et 9 semaines d'âge. Les pathologies digestives infectieuses sont en effet la principale cause de mortalité post-sevrage chez le lapin (Marlier *et al.* 2003). En outre, depuis la première épidémie d'entéropathie épizootique du lapin (EEL) en 1997, le contrôle des maladies digestives autour du sevrage est devenu encore plus difficile en cuniculture. Pour lutter contre ce risque, les vétérinaires ont souvent recours aux antibiotiques, en approche métaphylactique (traitement d'un lot d'animaux dans lequel un ou quelques individus sont malades, risquant ainsi de contaminer leurs congénères) voire prophylactique ("préventif": traitement d'un lot d'animaux, qui ont un risque élevé de maladie, avant apparition des premiers symptômes. La recherche d'alternatives aux antibiotiques est spécialement importante en filière cunicole, car du fait de son faible poids économique (2% des productions animales), elle est très sensible au contexte économique et sociétal, et ne reçoit aucune subvention nationale ou Européenne. Cette filière en France concerne actuellement environ 1000 professionnels (+ environ 500 emplois indirects), et permet une réelle diversification de l'offre en produits animaux de haute qualité nutritionnelle. La question de l'usage de médicaments vétérinaires, déjà au cœur des préoccupations de la filière cunicole, s'est renforcée ces dernières années face à une forte demande sociétale. En effet, en 2009, l'ANSES a montré que la consommation de médicaments vétérinaires (Chevance et Moulin 2009) était particulièrement élevée en cuniculture, sachant qu'environ la moitié des antibiotiques sont dirigés pour les pathologies digestives du lapin en croissance. L'interprofession cunicole (CLIPP: http://www.lapin.fr/) a donc préparé et lancé en décembre 2011, un plan national de démédication qui engage chaque partenaire de la filière en filière cunicole (2011). Cette démarche est confortée par le récent plan national "ecoantibio 2017". Dans ce contexte, et dès les années 1990, l'INRA, conscient des questions d'alimentation et de limitation d'emploi de médicaments vétérinaires, avait développé des recherche "collaboratives" (7 partenaires) avec le groupe GEC (regroupant INRA, ITAVI et les principales firmes service de l'alimentation animale), pour améliorer les recommandations nutritionnelles pour le lapin en croissance avec pour objectifs de réduire les troubles digestifs sans détériorer ses performances (Gidenne *et al.*, 2003a).

Les travaux du GEC ont alors identifié l'intérêt potentiel des stratégies de régulation de l'ingestion après le sevrage

(SRIP), notamment sur la base de quelques témoignages d'éleveurs. Dès 2002, un ensemble d'études sur l'impact d'une limitation transitoire de l'ingestion, sur la santé du jeune lapin a donc été engagé, sachant que la littérature scientifique était vierge sur ce dossier "santé et quantité d'aliment ingéré". Les résultats de la première étude, publiés un an plus tard (Gidenne *et al.*, 2003b), furent extrêmement encourageants, et montrèrent comment une limitation de l'ingestion après le sevrage améliore la santé digestive du lapin et son efficacité alimentaire. D'autres études ont ensuite confirmé et précisé ces impacts favorables sur la santé, la digestion, le bien-être animal, l'efficacité alimentaire et les rejets, et finalement sur l'économie des ateliers cunicoles (Gidenne *et al*., 2012; Knudsen *et al*. 2015a). Désormais la quasi-totalité des cuniculteurs professionnels Français utilisent les SRIP.

C'est pourquoi, environ 12 ans après le développement sur le "terrain" de cette innovation technique, l'INRA a choisi de réaliser une étude d'impact de ces pratiques (étude ASIRPA: Analyse Socio-économique des Impacts de la Recherche Publique Agricole). Ce sont les résultats de cette étude d'impacts (économiques, sociaux etc.) que nous présentons ici.

1. Méthode d'étude

Cette étude d'impact s'appuie sur une méthodologie d'analyse rétrospective, ainsi que décrit par Morton (2012). Cette analyse consiste à quantifier les impacts d'une innovation, selon un barème générique (Colinet *et al*., 2017) et adapté aux innovations agronomiques (Joly *et al*., 2015). L'approche "ASIRPA" a déjà été utilisée pour analyser l'impact de plusieurs innovations en élevage (https://www6.inra.fr/ asirpa/Les-cas-etudies/Etudes-de-cas/Elevage). La démarche ASIRPA repose sur la réalisation d'études de cas selon des modalités standardisées, et l'utilisation de 3 outils analytiques : une chronologie, un chemin d'impact, et un vecteur d'impacts (Figure 1, 2, 3). Cette standardisation permet d'envisager une analyse transversale et typologique des études de cas pour en tirer des informations à l'échelle de l'institution.
Plus concrètement pour notre étude, les impacts de premier niveau suivants ont été quantifiés, à partir de la littérature existante et d'audition d'experts (cités en remerciements): impacts sanitaires, économiques, sociétaux, environnementaux, social et politique. Des impacts de second niveau, c'est à dire après une premier diffusion des SRIP au niveau national, ont été analysés également.

2. Résultats

L'analyse chronologique des SRIP (figure 1) donne une description des évènements dans lesquels l'INRA est directement impliqué, des évènements contextuels, et des évènement où les partenaires professionnels sont impliqués. Ainsi, les chercheurs de l'INRA et le groupe GEC mettent en évidence, pour la première fois en 2002, l'impact positif d'une limitation transitoire de l'ingestion d'aliment sur la résistance du lapereau aux troubles digestifs: une baisse de l'ingéré de 20 à 30% par rapport à une ingestion libre (*ad libitum*), pendant les 3 semaines qui suivent le sevrage, permet de réduire de moitié la mortalité par diarrhée. Durant l'année qui suit l'obtention de ces premiers résultats, les partenaires privés du GEC développent des études plus appliquées pour en confirmer la validité et la robustesse; puis ils développent des premières solutions pratiques pour appliquer largement cette innovation en cuniculture professionnelle (par exemple: abaques de quantité d'aliment à distribuer adaptables selon les conditions de production, séminaires professionnels, guides pratiques à usage des cuniculteurs).

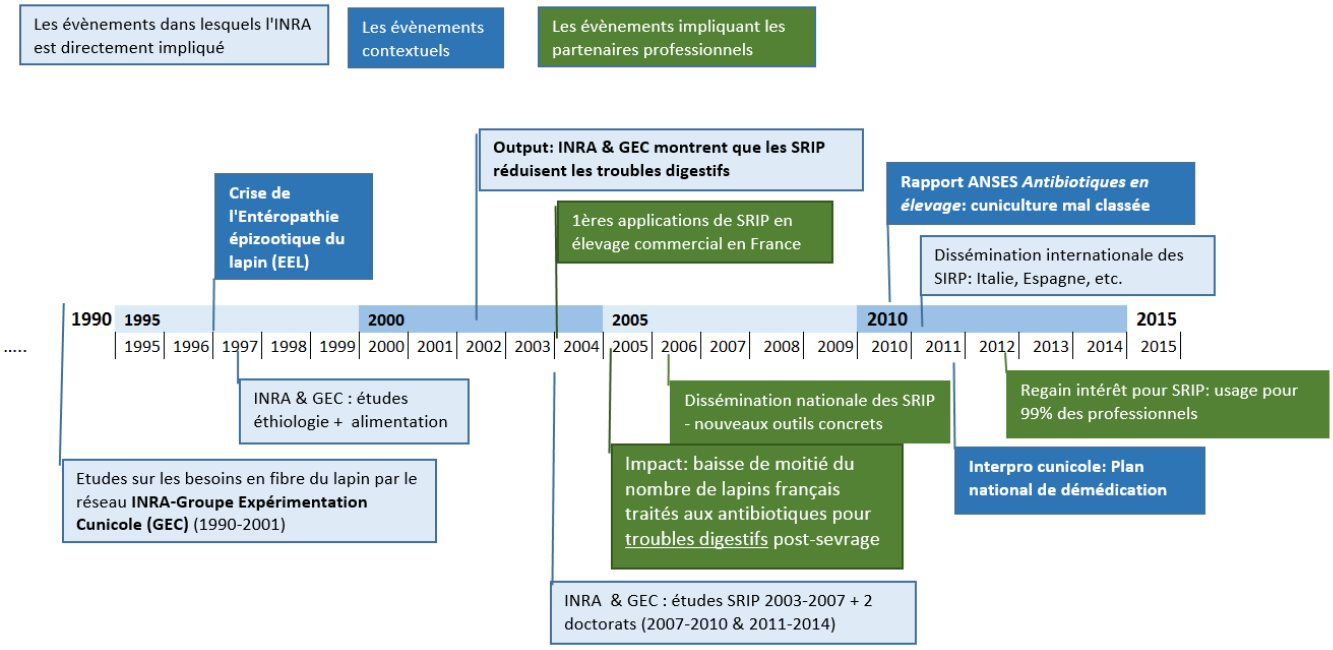


Figure 1: Chronologie des stratégies de limitation de l'ingestion post-sevrage chez le lapin

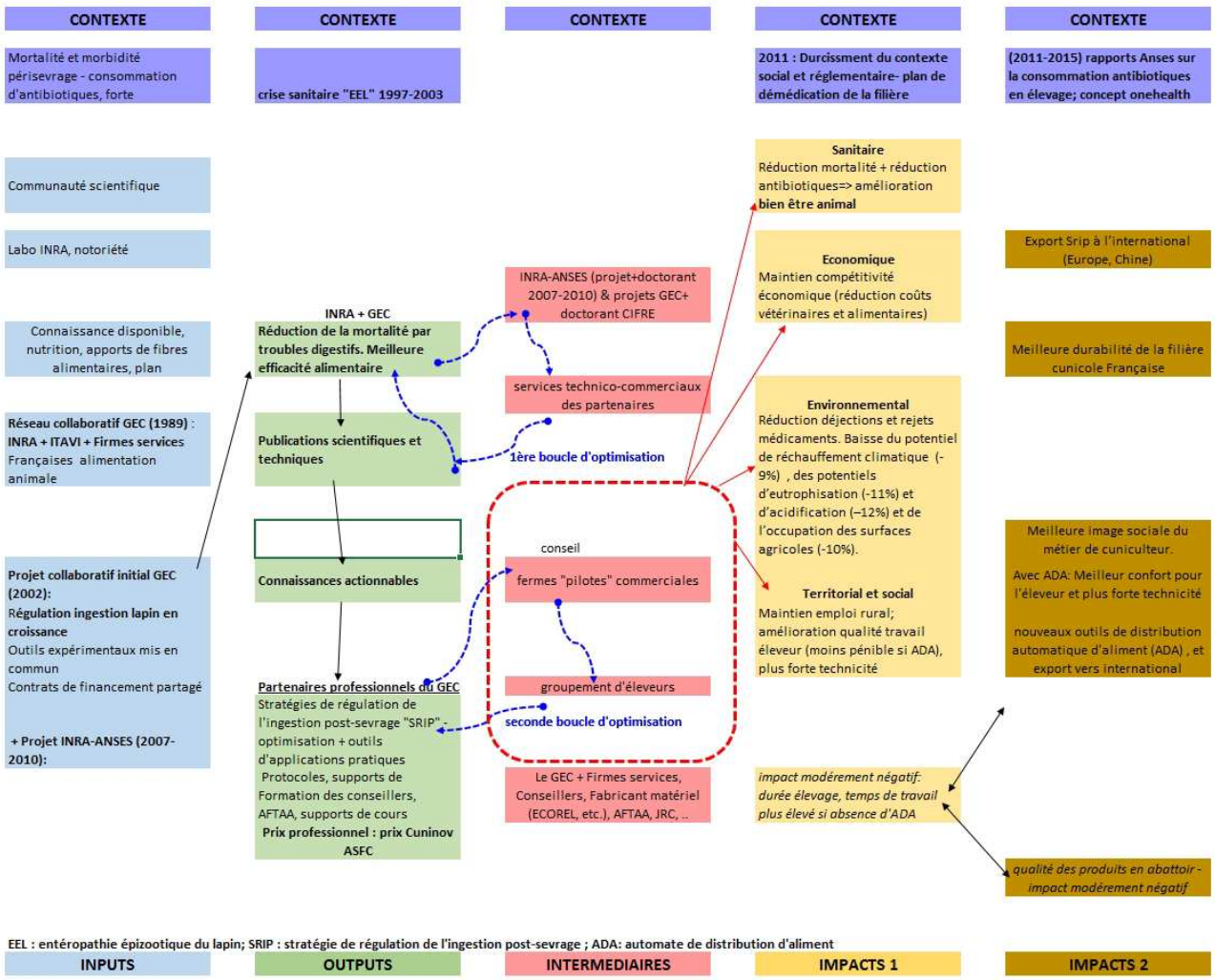


Figure 2: Chemin d'impact des stratégies de limitation de l'ingestion post-sevrage chez le lapin

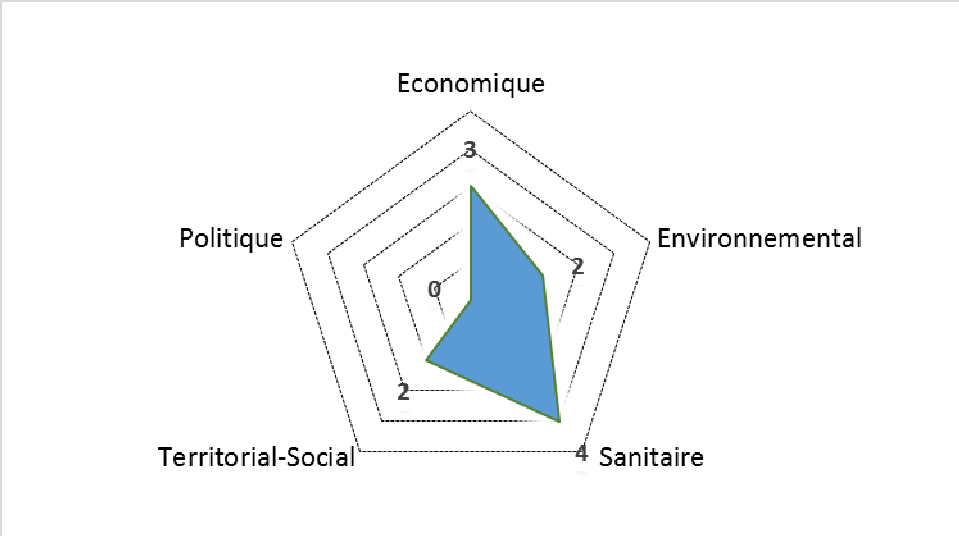


Figure 3: Radar d'impact des stratégies de limitation de l'ingestion post-sevrage chez le lapin

Les partenaires du GEC ont aussi réalisé quelques études sur des points particuliers, comme par exemple la mise au point d'un modèle expérimental de transmission de l'EEL par voie alimentaire (Boisot et al., 2003). Ce modèle et son utilisation ont joué un rôle important dans la diffusion et l'application des connaissances sur les stratégies de restriction pour lutter contre cette nouvelle maladie.

L'analyse du chemin d'impact des SRIP (figure 2) permet une description (*a posteriori*) des évènements pour conduire à des impacts de premier et de second niveau.

Enfin, la figure 3, présente une quantification globale des principaux impacts liés au SRIP, et qui sera détaillée ci-après. On constate que les 2 impacts principaux des SRIP sont d'ordre sanitaire et économique. Ils sont détaillés ci-après.

2.1. Impacts de premier niveau

Les impacts de premier niveau sont des impacts sanitaires locaux, favorables, chez les cuniculteurs professionnels associés de manière privilégiée aux firmes services de l'alimentation animale. Chacune des cinq principales firmes service utilise, outre ses propres installations expérimentales, des installations commerciales (n<10 par firme) appartenant à des cuniculteurs professionnels, afin de valider à plus large échelle l'impact d'une innovation, avant sa dissémination chez tous leurs clients. Ces cuniculteurs-testeurs ont donc été les premiers à bénéficier des avantages des SRIPS. En parallèle de la généralisation des SRIP chez les éleveurs, divers outils et matériels sont mis au point par plusieurs sociétés à partir de 2006: automates de distribution d'aliment (ADA) programmable (société Ecorel, etc.). De plus, outre l'impact favorable sur la santé, un impact favorable sur l'efficacité alimentaire est observé à partir de 2006 au niveau national. Ainsi, les courbes de pertes d'animaux en engraissement, mesurées par l'ITAVI au niveau national (Braine et Coutelet, 2012), indiquent une rupture de pente (positive) entre 2003 et 2010 (figure 4, dont l'essentiel proviendrait de la généralisation des SRIP).

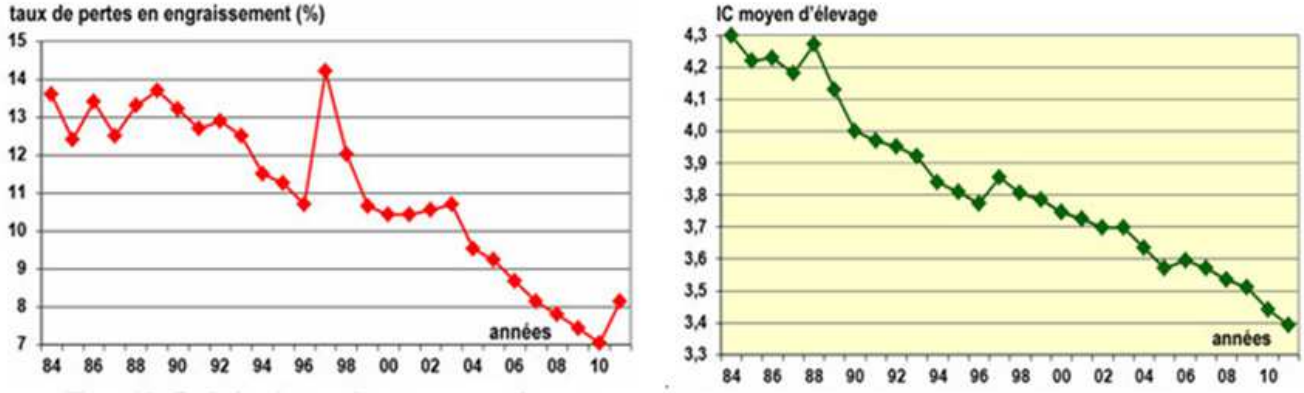


Figure 4: Evolution du taux de pertes en engraissement, et de l'indice de consommation (IC) en élevage cunicole, entre 1984 à 2010 (Braine et Coutelet, 2012).

Les principales difficultés rencontrées à la généralisation des SRIP furent : le manque de formation des professionnels sur les SRIP ; l'absence d'outils concrets et fiables pour réguler l'ingestion du lapin après sevrage (par ex. mise au point d'ADA suffisamment précis) ; le temps de travail de l'éleveur qui s'accroit s'il n'utilise pas d'outils tel que les ADA ; le bilan économique fragile des exploitations cunicoles, variable selon la taille de l'atelier cunicole et contraint par ses possibilités d'investissement.

La dissémination au niveau international a été relativement lente, sans doute en raison de l'absence de calcul économique adapté aux systèmes cunicoles des pays concernés (Italie, Espagne), mais surtout de l'absence de partenaires professionnels ayant directement contribué à l'innovation.

Impacts économiques

Les impacts économiques ont trois principales sources : la réduction de la mortalité entre le sevrage et la vente des lapins à l'abattoir (soit une période d'engraissement de 5 semaines d'élevage); l'amélioration de l'efficacité alimentaire durant la période d'engraissement; la réduction des coûts de médicaments et du prix d'achat de l'aliment (sans antibiotique).

Concernant la réduction de la mortalité, on constate une baisse significative du taux de pertes en engraissement (figure 4: la pente de la courbe s'accentue), entre les années 2005 et 2010, au moment où se généralisent les SRIP en élevage commercial. On peut donc raisonnablement attribuer aux SRIP au moins 50% de cette baisse, soit à 1,8% de mortalité en moins à l'échelle nationale. Sachant que la production contrôlée annuelle était estimée à 40 millions de lapins, les SRIP ont permis de "produire" l'équivalent de 720 000 lapins, soit une valeur moyenne de 2,9 millions d'euros en une année (un lapin ayant un poids vif de 2,35 kg à la vente pour un prix de 1,7€/kg vif). Sur un total de 10 années (2005-2015), nous estimons **l'impact économique à 30 millions d'euros.**

Concernant l'efficacité alimentaire, on constate une baisse plus forte de l'indice de consommation alimentaire entre les années 2003 et 2006. Les études plus précises conduites entre 2003 et 2014 combinées à une méta-analyse de la littérature (Gidenne *et al*., 2012), montrent une amélioration moyenne d'efficacité alimentaire de 5% grâce aux SRIPS. Cette baisse correspond à une marge sur coût alimentaire améliorée d'environ 5 euros par femelle reproductrice présente dans l'atelier de production. A raison d'un cheptel national de 800 000 lapines en production, nous estimons donc **l'impact économique à 4 millions d'euros par an**, soit en 10 ans (2005-2015) un impact cumulé de 40 millions d'euros.

Les dépenses pour des traitements antibiotiques préventifs sont estimées à 50€ par tonnes de lapin produit (ITAVI, 2016, rapport GTE RENACEB), dont 50% pour traiter des troubles digestifs en engraissement (le surcoût d'un aliment médicamenteux est d'environ 8 à 12€ par tonne). Ainsi, l'économie sur les dépenses d'antibiothérapie en engraissement atteindrait entre 1,5 et 3 millions d'euros sur 10 ans, du fait de l'impact favorable des SRIP sur l'efficacité alimentaire.

Au total, sur les 3 classes d'impact économique, le surplus économique généré par les SRIP sur 10 ans (2005-2015) **atteint près de 75 millions d'euros**. Ce niveau d'impact économique global est même probablement supérieur, car ces calculs sont basés seulement sur 75% de la production nationale. Il est possible qu'un impact similaire serait observable en cuniculture "non contrôlée" (élevages indépendants, élevages "fermiers" avec ventes en circuits courts). Ainsi, le niveau d'impact global pour la cuniculture Française serait d'environ 100 M€.

Du fait de l'impact légèrement négatif des SRIP sur le rendement en carcasse (-0,5 à -1%), on peut s'attendre à un léger impact économique "négatif", mais largement compensé par les gains sur l'efficacité alimentaire. De même, toute limitation de l'ingestion peut ralentir la vitesse de croissance des animaux et donc allonger la durée d'élevage de 2 à 4%. Néanmoins, les SRIP ont été optimisées pour accroître les impacts positifs (santé, efficacité alimentaire), et minimiser ces 2 impacts négatifs.

Impacts sanitaires

Au plan sanitaire, les SRIP ont permis de réduire la mortalité et la morbidité provenant des troubles digestifs en période d'engraissement des lapins (cf. figure 4), sans pour autant induire des comportement anormaux entre congénères (agressivité ou compétition d'accès à la nourriture). En conséquence, le bien-être animal a été amélioré. Ces impacts sanitaires ont été considérés comme forts par les acteurs professionnels: après l'étape de validation, chaque partenaire a mis en place des programmes de formation au SRIP pour leurs équipes technico-commerciales. De nombreux séminaires professionnels ont été consacrés à la promotion des SRIP, chaque firme service ayant sa propre stratégie commerciale. Divers documents montrant l'importance des SRIP sont disponibles dès 2005 dans les revues professionnelles (Cuniculture Magazine, La revue de l'éleveur de lapin), les revues internes et plaquette d'information des firmes d'alimentation animale).

Les vétérinaires cunicoles témoignent aussi de cet accompagnement technique à la mise en place des SRIP sur le terrain, avec l'objectif de réduire l'emploi d'antibiotiques. Concernant la consommation de médicaments (en particulier antibiotiques) la quantification est plus précise, grâce aux travaux de l'ANMV sur la consommation d'antibiotiques en élevage (figure 5, Méheust *et al.*, 2017). Dès 2004, les premiers conseils techniques accompagnant les SRIP permettent de réduire l'emploi de certains antibiotiques comme la bacitracine et la tiamuline. Les antibiotiques les plus utilisés pour traiter les troubles digestifs après le sevrage (barres oranges sur la figure 5) sont les polypeptides, les pleuromutilines et les aminosides. Ils représentent environ 50% des achats d'antibiotiques en cuniculture (20 à 30% des achats concernent des achats d'antibiotiques pour traiter les troubles respiratoires des lapines adultes reproductrices). Ainsi, dès 2004, on constate une baisse sensible (de moitié entre 2003 et 2005) de l'exposition des lapins traités aux antibiotiques (ADDkg) pour des troubles digestifs après sevrage, juste après la mise en place des techniques de restriction alimentaire (SRIP): 6000t ADDkg en 2003, puis 2800t en 2005. Cet impact s'est maintenu ensuite, et à partir de 2012, il s'est renforcé avec la mise en place du plan de démédication de la filière cunicole (1000t ADDkg en 2013). Globalement, l'emploi d'antibiotiques incorporé à l'aliment du lapin en croissance baisse significativement à partir de 2008 (figure 5, et interview d'un représentant du SNIA). Au total, depuis 2003, nous estimons que la masse de lapins (ADDkg) **non traités** pour des troubles digestifs grâce aux SRIP serait d'au moins 30 000t de poids vif.

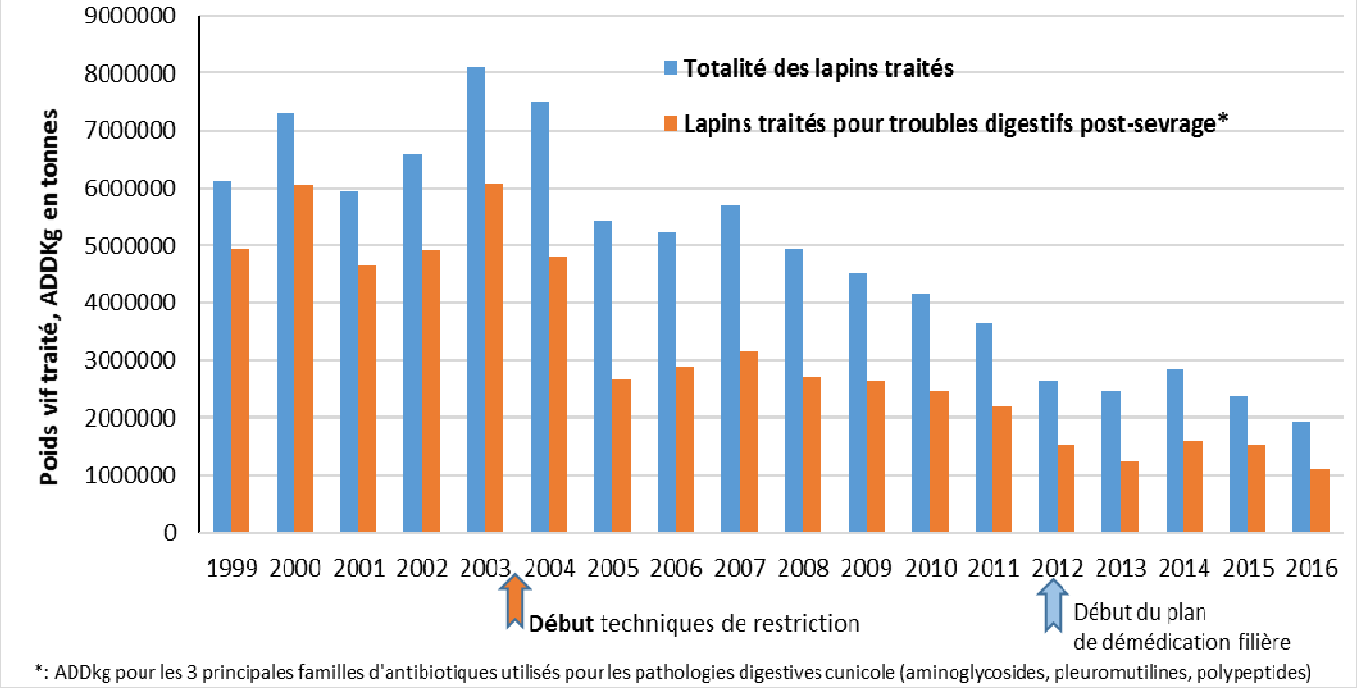


Figure 5 : Evolution de l'exposition des lapins aux antibiotiques (ADDkg*; adapté de Méheust *et al.*, 2017, rapport ANMV 2017, p91),

**ADDkg= nombre de kg/jour potentiellement traités, un lapin pesant 2kg et traité pendant 5 jours correspond à 10 ADDkg.*

L'application des SRIP a probablement contribué à d'élever le niveau technique des cuniculteurs. Les techniques de détection des troubles sont plus préventives qu'auparavant. Concrètement, l'éleveur peut suivre plus précisément la cinétique d'ingestion des animaux, ce qui permet une détection plus précoce des risques digestifs de leur troupeau, et donc de sécuriser leur production. Cet impact est particulièrement pertinent pour les professionnels ayant investi dans un système de DAA.
Au plan de la santé, santé publique, on peut s'attendre à un effet "one-health" favorable, du fait d'un meilleur environnement sanitaire, d'une moindre dissémination de gênes d'antibiorésistance, d'une moindre diffusion de pathogènes dans l'élevage et son environnement proche.

Impact environnemental

Au plan environnemental, les SRIP ont un impact favorable sur au moins trois aspects. Restreindre l'ingestion conduit à une moindre consommation de ressources alimentaires, via une meilleure efficacité alimentaire des animaux (cf. calcul du 1er impact économique), mais aussi à une réduction des déjections, sans modifications importantes de la croissance. En second lieu, la réduction de l'emploi de médicaments (antibiotiques) conduit à une réduction du rejet d'antibiotiques dans l'environnement (cf. figure 5). Les dernières mesures d'IFTAc (index de fréquence d'emploi d'antibiotiques pour les lapins en croissance) indiquent une baisse de l'indicateur entre 2011 et 2015, en lien avec la plus grande généralisation des SRIP, et avec l'usage de techniques plus précises. Enfin, la réduction des maladies digestives équivaut à un plus grand nombre d'animaux sains, et donc à un moindre gaspillage de ressources par des animaux malades ou trouvant la mort, donc non valorisables pour la consommation. En parallèle, il y a une réduction du nombre de cadavres à incinérer, donc un gain d'énergie.

Tableau 1. Effets de la restriction de l'ingestion sur les impacts environnementaux de la production d'une tonne de carcasse

Catégorie d'impact	Système de production	
	A volonté	Avec SRIP
Changement climatique *(kg CO2-éq)*	4010	3666
Eutrophisation *(kg PO4-éq)*	30,0	26,7
Acidification *(kg SO2-éq)*	92,3	81,7
Toxicité terrestre *(kg 1,4-DB-éq)*	10,0	9,2
Demande en énergie cumulée *(MJ-éq)*	64245	60938
Utilisation d'eau *(m3)*	91,2	84,4
Occupation des surfaces agricoles *(m2/an)*	3954	3541

L'étude de Zened *et al.* (2013) fournit une analyse, quantifiée et précise (méthode d'Analyse du Cycle de Vie), de l'utilisation des SRIP en filière cunicole sur les impacts environnementaux (tableau 1). A partir de ces 3 impacts principaux mentionnés ci-dessous, les résultats montrent que l'application des SRIP entraîne : une baisse du potentiel de réchauffement climatique (-9%), des potentiels d'eutrophisation (-11%) et d'acidification (–12%) et de l'occupation des surfaces agricoles (-10%).
L'usage de SRIP en cuniculture est original et apporte une contribution à la durabilité des systèmes cunicoles hors-sol. L'application des SRIP est réalisée à l'échelle nationale, et également internationale depuis quelques années. Elle touche principalement les cuniculteurs, mais aussi les personnels encadrant cette profession (vétérinaires, conseillers techniques publics ou privés)

Impact social

La cible principale des SRIP est le cuniculteur professionnel (environ 1000) et son réseau socio-professionnel. Les impacts favorables aux plans économiques et sanitaires contribuent donc au maintien de cette profession, via une amélioration de sa compétitivité. De plus, l'application des SRIP a permis aussi d'élever le niveau technique des cuniculteurs, et de sécuriser leur production, tout en réduisant leur temps de travail si le professionnel a investi dans un outil de distribution automatique d'aliment (DAA). En contrepartie, un équipement de DAA élève le niveau d'investissement pour un même niveau de production, et rend un peu plus difficile l'accès à ce métier.
Par ailleurs, les éleveurs qui ont élevé leur niveau technique et investi dans un DAA, disent avoir amélioré leurs conditions de travail (réduction de pénibilité), sachant que le temps de travail consacré à l'alimentation représente 20% du budget temps total de l'élevage. Ces éleveurs ont pu ainsi attribuer plus de temps à des techniques de prévention sanitaires: amélioration de l'hygiène, meilleur suivi des performances et détection précoce des troubles du sevrage, etc.
Ainsi, l'image de la cuniculture a pu être maintenue dans les cercles agricoles, comme un métier permettant une rémunération correcte, mais sous réserve d'une technicité et d'un investissement financier suffisant. Il est très probable que sans cette innovation, l'image sociale du cuniculteur aurait été dégradée, dans un contexte d'usage restreint des médicaments vétérinaires.

Par ailleurs, l'impact politique des SRIP est modéré, sachant que la médiatisation de cette innovation a été restreinte à la sphère professionnelle et scientifique. Il n'y a pas eu de médiatisation vers le grand public, sachant qu'une stratégie de "restriction" de l'ingestion peut faire l'objet d'une mauvaise interprétation sociétale. L'une des seules médiatisation grand public des SRIP a été réalisée sur le site internet de l'INRA en 2015 (http://www.phase.inra.fr/Toutes-les-actualites/Lapin-une-restriction-alimentaire-salutaire-apres-le-sevrage).

Impacts sur les connaissances fondamentales et actionnables, et leur transmission

La notion de connaissances actionnables repose sur 3 caractéristiques : (i) la grande confiance de la part des partenaires dans la solidité des résultats, puisqu'ils ont contribué dès le départ à la réalisation de l'étude; de plus

les connaissances produites par l'INRA et le GEC sont issues d'un dispositif expérimental et collaboratif puissant (6 unités expérimentales ont contribué). (ii) l'adaptation rapide des nouvelles connaissances aux conditions locales d'élevage par les partenaires professionnels. (iii) la bonne crédibilité dont bénéficient les chercheurs de l'INRA à l'origine du protocole expérimental et du traitement statistique des résultats.

Ainsi, les connaissances ont été diffusées via les journaux scientifiques et des participations à des congrès et séminaires. De nombreuses publications, la réalisation de 2 thèses et la constitution d'un nouveau corpus de connaissances (intégrés dans les cours et formations aux étudiants ingénieurs, aux encadrants de la filière et aux éleveurs), et de compétences en alimentation cunicole (par ex. intégrées dans les unités expérimentales INRA) a donc été possible suite à ce programme de recherche. Des connaissances plus fondamentales ont aussi été produites (en supplément des études menées avec le GEC), par des collaborations avec d'autres partenaires académiques (ANSES, INRA département SA et PHASE), par exemple dans le cadre de thèses et aussi sur d'autres espèces tel que le porc (collab. INRA Rennes, département PHASE; Le Floc'h *et al.*, 2014). Les publications ont concerné à la fois des aspects fondamentaux liés à la physiologie digestive, au microbiote, et à l'immunité (Martignon *et al.*, 2010; Knudsen *et al.*, 2015b; Combes *et al.*, 2017), des aspects de comportement et bien-être animal, ou encore des aspects plus appliqués (Gidenne *et al.*, 2003; Knudsen *et al.*, 2014). Ils ont fait l'objet de synthèses scientifiques (Gidenne *et al.*, 2009) et d'invitations à des conférences nationales et internationales

2.2. Impacts de second niveau

L'extension géographique de l'usage des SRIP a été très rapide à partir de la publication des premiers résultats (2003), puisque les principaux partenaires professionnels ont été impliqués dans la production de cette innovation. Ainsi, dès 2005 soit moins de 3 ans après la réalisation de la première étude (princeps), les SRIP sont déjà appliquées sur l'ensemble du territoire national, pour environ 30% des cuniculteurs. La pratique des SRIP se développe ensuite progressivement jusqu'en 2010. Puis, le durcissement du contexte public sur l'usage des antibiotiques et le lancement du plan de démédication en cuniculture (déc. 2011) stimule à nouveau l'usage des SRIP, maintenant appliquée dans 95% des élevages conventionnels.

Cette innovation, a donc, au dire des professionnels consultés lors de cette expertise, largement contribué au maintien de la cuniculture Française dans un contexte national et international difficile (compétition avec l'Espagne notamment).

De plus, les firmes françaises d'alimentation animale, ont possédé avant leurs principaux concurrents (Espagne, Italie) une compétence supplémentaire pour améliorer la productivité de cet élevage. Cette innovation a ainsi contribué à exporter le "savoir-faire" d'entreprises françaises à l'international (Europe, Chine): en Italie (depuis 2012 environ), en Espagne (depuis 2014), et maintenant dans divers pays Européens ou Asiatiques (Chine, etc.). Elle a contribué au développement de nouveaux outils pour distribuer automatiquement des quantités connues d'aliments (ADA), par des firmes françaises principalement, qui sont maintenant exportés.

Conclusions et perspectives

Notre analyse d'impacts provenants d'une innovation en cuniculture est une démarche relativement originale. Elle permet d'objectiver divers types d'impacts, jusqu'alors seulement supposés. Ainsi, l'impact économique est loin d'être négligeable: jusqu'à 100 millions d'euros sur 10 ans.

En perspectives, il est probable que cette innovation poursuive sa dissémination dans divers pays, en Europe (Italie, Espagne, ...) voire en Asie (Chine, ...).

Remerciements

L'auteur tient à remercier les personnes suivantes pour leur participation d'expert audité à ce dossier: Mme Claire Chauvin (ingénieure ANSES, spécialiste de l'usage des médicaments en élevage), M. Joël Duperray (ex. représentant au SNIA), M. Samuel Boucher (vétérinaire spécialiste en cuniculture), M. François Cadudal (ingénieur au service économie de l'ITAVI).
L'auteur remercie également (Mme Ariane Gaunand et Laurence Colinet(cellule d'appui "ASIRPA"), ainsi que Mme Sylvie André et M Xavier Vignon (département INRA "PHASE", Physiologie Animale et Systèmes d'élevages).

Références

Braine, A., Coutelet, G., 2012. Economie de la filière cunicole française: situation à l'automne 2012. *Cuniculture Magazine* 39, 67-74.

Colinet L., Gaunand A., Joly P-B., Matt M.; 2017. Des barèmes génériques pour évaluer les impacts de la recherche sur la société : l'exemple des impacts politiques. *Cahiers Agricultures*, 25(6):1-10.

Combes, S., Massip, K., Martin, O., Furbeyre, H., Cauquil, L., Pascal, G., Bouchez, O., Le Floc'h, N., Zemb, O., Oswald, I.P., Gidenne, T., 2017. Impact of feed restriction and housing hygiene conditions on specific and inflammatory immune response, the cecal bacterial community and the survival of young rabbits. *Animal* 11, 854-863.

Gidenne, T., 2003a. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science* 81, 105-117.

Gidenne, T., Feugier, A., Jehl, N., Arveux, P., Boisot, P., Briens, C., Corrent, E., Fortune, H., Montessuy, S., Verdelhan S., 2003b. A post-weaning quantitative feed restriction reduces the incidence of diarrhoea, without major impairment of growth performances: results of multi-site study. *10ème J. Rech. Cunicoles* , 29-32.

Gidenne T, Combes S, Feugier A, Jehl N, Arveux P, Boisot P, Briens C, Corrent E, Fortune H, Montessuy S and Verdelhan S 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal* 3, 509-515.

Gidenne T and Feugier A 2009. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 1. Impact on digestion, rate of passage and microbial activity. Animal 3, 501-508.

Gidenne T, Murr S, Travel A, Corrent E, Foubert C, Bebin K, Mevel L, Rebours G and Renouf B 2009. Effets du niveau de rationnement et du mode de distribution de l'aliment sur les performances et les troubles digestifs post-sevrage du lapereau. Premiers résultats d'une étude concertée du réseau GEC. *Cuniculture Magazine* 36, 65-72.

Gidenne T, Bannelier C, Combes S and Fortun-Lamothe L 2009. Interaction between the energetic feed concentration and the restriction strategy - impact on feeding behaviour, growth and health of the rabbit. *13ème J. Rech. Cunicoles, Le Mans, France*, 63-66.

Gidenne, T., Combes, S., Fortun-Lamothe, L., 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal* 6, 1407-1419

ITAVI, 2016. Centralisation des GTE des éleveurs de lapins de chair: programmes Renaceb et Renalap - Resultats 2016

Joly P-B., Colinet L., Gaunand A., Lemarié S., Larédo P., Matt M. 2015. Évaluer l'impact sociétal de la recherche pour apprendre à le gérer : l'approche ASIRPA et l'exemple de la recherche agronomique. *Gérer et Comprendre*, N°122, 31-42, décembre 2015.

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Coutelet, G., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T., 2014. Increasing the digestible energy intake under a restriction strategy improves the feed conversion ratio of the growing rabbit without negatively impacting the health status. *Livest. Sci*. 169, 96-105.

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaün, J.M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T., 2015a. La limitation post-sevrage de l'ingestion, une pratique favorable à l'efficacité alimentaire et à la santé : des mécanismes physiologiques à l'impact économique., *16èmes Journ. Rech. Cunicole, Le Mans, France*, 115-127.

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaün, J.M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T., Oswald, I., 2015b. Quantitative Feed Restriction Rather Than Caloric Restriction Modulates the Immune Response of Growing Rabbits *J. Nutr*. 145, 483-489.

Lebas F., 2007. L'utilisation de la restriction alimentaire dans la filière cunicole. *ASFC. http://www.asfclapin. com/Docs/Activite/T-ronde-2007/Tronde2007-1.htm*

Le Floc'h, N., Knudsen, C., Gidenne, T., Montagne, L., Merlot, E., Zemb, O., 2014. Impact of feed restriction on health, digestion and faecal microbiota of growing pigs housed in good or poor hygiene conditions. *Animal* 8, 1632-1642.

Martignon MH, Combes S and Gidenne T 2010. Digestive physiology and hindgut bacterial community of the young rabbit (Oryctolagus cuniculus): Effects of age and short-term intake limitation. Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: *Molecular & Integrative Physiology* 156, 156-162.

Méheust D., Chevance A., Moulin G., 2017. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiquesen France en 2016. *Rapport Anses-ANMV*, pp 103.

Morton, S., 2012. Progressing research impact assessment: A 'contributions' approach. *Research Evaluation* 24, 405–419.

Zened, A., Meda, B., Ponchant, P., Wilfart, A., Arroyo, J., Gidenne, T., Combes, S., Fortun Lamothe, L., 2013. Conséquences d'une restriction alimentaire chez le lapereau sevré sur les impacts environnementaux de la production de viande de lapin. *15èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France*, 141-144.

Création d'un référentiel technique simplifié adapté à la cuniculture biologique - Premiers résultats.

Gidenne T.[1*], Roinsard A.[2], Fortun-Lamothe L.[1], Goby J.P.[3], Savietto D.[1], Cormouls M.[1]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France
[2] Institut Technique de l'Agriculture Biologique : ITAB, 49100 Angers cedex 2, France
[3] Université de Perpignan, IUT, 66962 Perpignan, France

[*]Auteur correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

Résumé – Un premier référentiel technique simplifié (RTS) a été créé à partir des données de 6 élevages AB collectées sur 3 années de production (2015 à 2017). Les résultats concernent l'atelier maternité (cages mobiles sur pâturage ou parcs individuels, cheptel moyen = 33 femelles). Le temps productif d'une femelle est en moyenne de plus d'une année, et peut atteindre 2 années (variabilité de 75%). La mortalité des femelles atteint 21% en moyenne sur la période. Avec en moyenne 5 saillies, on obtient 3 mises bas par femelle/an (60% de taux de fertilité), pour un total de 25 lapereaux nés vivants et près de 19 sevrés (mortalité de 26% en maternité). Ainsi, le chiffre d'affaire d'un cuniculteur AB, à plein temps, serait potentiellement d'environ 26,3k€ à partir des données techniques moyennes calculés dans notre étude. Ce premier RTS sera étendu à un plus grand nombre d'ateliers, grâce au déploiement d'une application smartphone (GAELA), de conduite d'atelier cunicole, et synchronisée à une base de donnée.

Abstract - A technical referencing database for organic rabbit farming in France: first results. A first simplified technical referencing system (RTS) was created based from 6 organic rabbit farms with data collected over 3 years of production (2015 to 2017) for the maternity unit (movable cages on pasture or individual pens, average herd = 33 females). The productive lifespan of a female was, on average over one year, and can reach 2 years (variability of 75%). Female mortality averaged 21% over the period. With 5 mating, 3 litters per female/year (60% fertility rate) were obtained, for a total of 25 live kits and 19 weanlings (26% mortality before weaning). Thus, from the technical data calculated in our study, the income of a full-time organic rabbit farmer could potentially be around 26.3k€. This first RTS will be extended to a larger number of breeders, with the deployment of a smartphone application (GAELA) managing the rabbit farm, and synchronized to a database.

Introduction

Bien qu'initiée il y plus de 30 ans par Christian Thermeau, la cuniculture biologique (AB) est encore un marché de niche, fourni par une trentaine d'éleveurs localisés pour majorité dans le Nord-Ouest français. Les conditions d'élevages imposées par le cahier des charges AB (pâturage, conduite naturelle de la reproduction, abattage à partir de 100j d'âge, etc.) conviennent aux consommateurs en quête de méthodes de production plus naturelles et d'un produit de qualité différente. De fait, la viande de lapin AB est facilement différenciable par le consommateur et possède de bonnes qualités nutritionnelles (Combes et al., 2003). Le contexte actuel se présente comme favorable au développement de la cuniculture biologique, avec une demande des consommateurs qui dépasse l'offre.

En cuniculture conventionnelle, le référencement des performances d'élevage dans une base nationale est pratiqué depuis plus de 30 ans. Ce système, géré par l'Institut Technique d'Aviculture en collaboration avec les organismes professionnels, permet d'identifier les progrès ou difficultés techniques de ce métier et ainsi d'orienter les efforts de développement et de recherche. A l'inverse, en cuniculture "indépendante ou alternative" (par ex. sous label AB) il n'existe pas de référencement des performances. Ce manque de références techniques constitue un frein au développement de la filière cunicole "alternative", puisque ces informations permettent aux éleveurs et aux agents d'encadrement, d'établir, organiser et dimensionner un projet d'installation.

Aussi, notre travail, inscrit dans un programme de recherche plus large (CUNIPAT), a pour objectif de développer un outil informatique et de l'utiliser pour créer un premier référentiel technique simplifié (RTS) en cuniculture biologique (AB).

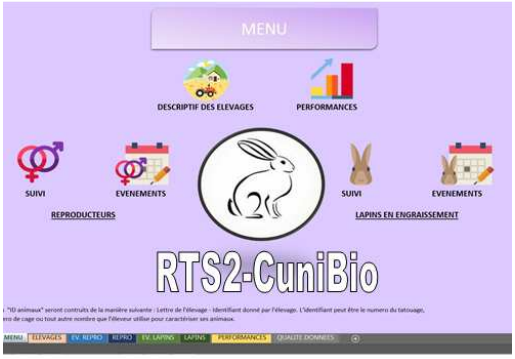


Figure 1 : Visuel de l'application Excel "RTS2CuniBio" : menu d'accueil et onglet performances

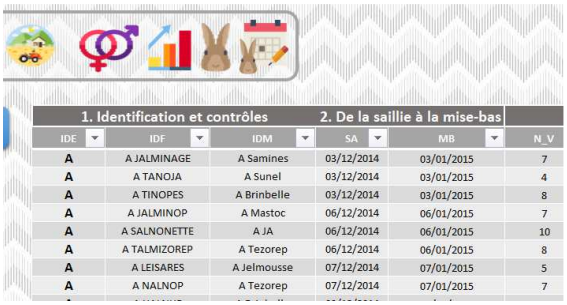
1. Matériel et méthodes

1.1. Description de l'étude

La réalisation de l'étude comprend 3 étapes : choix des élevages, création d'une application Excel et collecte des données d'élevage, et enfin compilation et analyses des données de performances.

Une première liste d'agriculteurs ayant un atelier lapins de chair AB a été établie à partir de recherches préliminaires au sein du projet CUNIPAT (Roinsard et al., 2016). Puis, une sélection de 6 éleveurs pour cette présente étude a été basée sur plusieurs critères : être certifié biologique par un organisme accrédité et être localisé en France métropolitaine, conserver les données techniques sur les 3 dernières années, être une activité professionnelle réalisée de manière continue, être volontaire pour participer et fournir les données terrains nécessaires à l'étude.

La seconde étape a consisté à développer un outil informatique, basé sur le logiciel Excel, relativement simple d'emploi (nommé RTS2CuniBio, voir figure 1), puis à collecter les données techniques à partir des cahiers d'élevage des 6 éleveurs participants, et à renseigner une fiche d'enquête. RTS2CuniBio permet de compiler des données d'un ou plusieurs élevages et sur une période de temps modulable (1 mois à plusieurs années), soit pour la 3ème étape de l'étude : 3 années (1/01/2015 au 31/12/2017) et pour 6 élevages. Notre analyse a été restreinte aux données de l'atelier maternité (tableaux 1 à 3), car les données d'engraissement n'ont été collectées avec fiabilité que pour un élevage.



1. Identification et contrôles			2. De la saillie à la mise-bas		
IDE	IDF	IDM	SA	MB	N_V
A	A JALMINAGE	A Samines	03/12/2014	03/01/2015	7
A	A TANOJA	A Sunel	03/12/2014	03/01/2015	4
A	A TINOPES	A Brinbelle	03/12/2014	03/01/2015	8
A	A JALMINOP	A Mastoc	06/12/2014	06/01/2015	7
A	A SALNONETTE	A JA	06/12/2014	06/01/2015	10
A	A TALMIZOREP	A Tezorep	06/12/2014	06/01/2015	8
A	A LEISARES	A Jelmousse	07/12/2014	07/01/2015	5
A	A NALNOP	A Tezorep	07/12/2014	07/01/2015	7

Figure 2 : Visuel de l'application Excel "RTS2CuniBio" : onglet "reproduction"

1.2. Description de l'application Excel "RTS2CuniBio"

Jusqu'alors, aucune application ne permettait d'accueillir et analyser les données collectées sur les élevages cunicoles biologiques. Une feuille de calcul sous Excel a donc été développée, afin de pouvoir collecter et analyser les données de plusieurs élevages pour une période de plusieurs années. Cette application est organisée en 8 onglets: un menu pour accéder aux autres onglets plus facilement (Figure 1); un onglet de données descriptives des élevages; un onglet "reproducteurs" listant les femelles et mâles et leurs données individuelles de performances (Figure 2) ; un onglet "maternité" pour suivre les saillies, palpations, mises-bas et sevrages; un onglet "engraissement" pour suivre les lots qui arrivent et repartent de l'engraissement ; un onglet "gestion parcs engraissement" pour suivre les vides sanitaires et leurs taux d'occupation; un onglet "performances techniques", qui calcule automatiquement divers indicateurs (Tableaux 1 à 3) à partir des informations saisies dans les onglets précédents, pour une période de temps modulable; et enfin un onglet "qualité des données" qui permet une analyse de la validité et fiabilité des données (nombre, qualité, *etc.*). Des formules de contrôles ont été ajoutées afin de trier et corriger d'éventuelles données erronées (par ex. erreur de saisie sur les dates de mise-bas "MB", ou de saillie, *etc.*).

Cette feuille de calcul Excel (assortie d'une notice) est disponible sur requête auprès des auteurs.

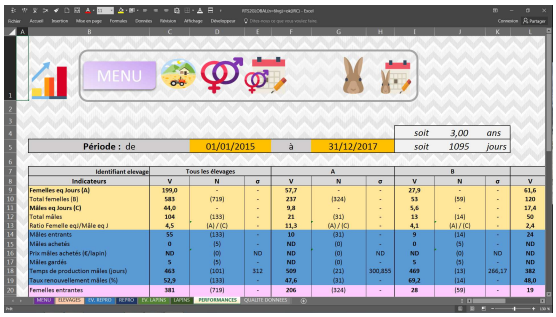


Figure 3 : Visuel de l'application Excel "RTS2CuniBio" : onglet "performances

2. Résultats et discussion

2.1. Analyse descriptive des élevages enquêtés

Les 6 élevages retenus pour l'étude sont localisés pour 5 d'entre eux dans le grand ouest (départements: 22, 35, 44, 53, 56) et un dans le sud-est (dép. 66). La taille du cheptel reproducteur est assez variable (tableau 1) selon les élevages, puisque il oscille de 8 (élevage installé récemment, avec cheptel en progression) à plus de 60 (élevage installé depuis plus de 10 ans) en moyenne sur une année, avec parfois des variations intra-année assez fortes (10 à 100%). Les systèmes d'élevage utilisés montrent aussi une diversité assez large. L'atelier maternité est conduit en cages mobiles sur pâturage pour 3 élevages, en parcs individuels pour 2 autres, en enclos sous abri (tunnel ouvert) avec accès extérieur pour le dernier. L'atelier engraissement est conduit en parcs clôturés pour tous les élevages.

Outre la taille variable du cheptel reproducteur, on remarquera une forte variabilité dans la conduite du cheptel, avec par exemple un ratio femelles/mâles en moyenne de 4,5 mais oscillant de 2,4 (mini) à 11(maxi) pour la période considérée de 3 années de production. Le temps productif d'une femelle est relativement long par rapport à la cuniculture conventionnelle intensive: en moyenne plus d'une année, mais pouvant atteindre 2 années (variabilité de

75%). La mortalité des femelles, en moyenne de 21% (mais pouvant atteindre 59%) est comparable aux données Renaceb (Coutelet, 2015).

Tableau 1 : Descriptifs des ateliers maternité pour 6 élevages AB et sur 3 années (2015-2017)

Indicateur	Moyenne	Variabilité
Descriptif élevages (n=6)		
Cheptel femelle (nb moyen/an)	33,2	8-62
Cheptel mâle (nb moyen /an)	7,3	2,5-17,4
Total femelles (nb sur en 3 ans)	97,2	30-237
Total mâles (nb sur 3 ans)	34,6	4-21
Ratio femelle/mâle	4,5	2,4-11,3
Temps productif et mortalité des reproducteurs		
Temps de production, femelles, j	374	±281
Temps de production, mâles, j	463	±312
Taux renouvellement femelle, %	65,4	15,8-92,9
Taux de renouvellement mâles, %	52,9	0-69,2
Taux de mortalité femelles (%)	21,3	5,5-59,0
Taux de réforme femelles (%)	11,7	0,0-71,7

2.2. Analyse des données de reproduction

Les performances moyennes de reproduction sont résumées au Tableau 2. On remarque que la conduite de la reproduction, en saillie naturelle, est peu intense avec en moyenne 5 saillies par femelle et par an, conduisant à une moyenne de près de 3 mises-bas. Ainsi, l'intervalle entre mises bas est de près de 3 mois. Le taux de fertilité en moyenne de 60% oscille largement selon l'élevage, il dépend également d'effets saisonniers qu'il conviendrait d'analyser plus finement avec un plus grand nombre de données.

Tableau 2 : Performances de reproduction, pour 6 élevages AB et sur 3 années (2015-2017)

Indicateur	Moyenne	Variabilité
Reproduction		
Nb total de saillies (/an/élevage)	159	58-299
Nb saillies / an/ femelle	4,8	2,6-7,3
Nb saillies / an / mâle	21,6	9,0-40,8
Taux de Fertilité (femelle), %	60,3	30,2-72,7
Nb mise-bas / femelle / an	2,7	0,8-3,8
Intervalle entre mise-bas (j)	111,6	91,2-137,5
Nb nés totaux / mise-bas	8,7	8,1-9,3
Nb nés vivants / mise-bas	8,0	7,7-8,2
Nb nés vivants /femelle/an	25,3	17,5-34,8

La taille de portée (nés vivants) varie assez peu entre élevage malgré la diversité des génotypes employés. Elle est environ 20% inférieure à celle enregistrée en cuniculture intensive (8 vs ≈10, Coutelet, 2015). En conséquence, le nombre de lapereaux nés vivants par femelle et par an n'est que de 16 en moyenne, mais varie fortement selon les élevages (17 à 35.

2.3. Analyse des données de sevrage

Les performances de sevrage sont calculées sur plus de 1000 portées (tableau 3). L'âge au sevrage oscille assez fortement entre élevage: de 40 à 68 jours: tardif pour trois élevages (68 à 71 j. en moyenne), plus précoce pour 2 autres qui sèvrent 20 jours plus tôt (40 et 53 j. en moyenne).

Le taux de perte en maternité (naissance-sevrage) est élevé et atteint 26%, avec cependant une variabilité assez élevée entre élevage (18 à 34%). Ces données sont comparables à celles observées par Lebas *et al*. (2002). Ainsi, le nombre de sevrés par MB est en moyenne de 6,2 lapereaux, soit près de 19 lapereaux sevrés par femelle et par an.

Il existe donc une marge de progression importante dans la conduite de l'atelier maternité. Par exemple, il est probablement possible de réduire le taux de pertes de lapereaux en maternité. De même, il semble possible de réduire l'intervalle entre mise bas, en pratiquant un sevrage un peu moins tardif, sans pour autant nuire à la survie des lapereaux en parc d'engraissement.

Tableau 3 : Performances de sevrage, pour 6 élevages AB et sur 3 années (2015-2017)

Indicateur	Moyenne	Variabilité
Sevrages		
Nb total (3ans, 6 élevages)	1052	
Age au sevrage, j.	60,8	40,5-68,3
Nb sevrés/ mise-bas	6,2	4,5-6,7
Nb sevrés/femelle/an	18,7	1,3-26,8
Taux de perte avant sevrage, %	26,2	18,4-37,0

Les données d'engraissement ont été renseignées pour un élevage seulement: 3054 lapereaux ont été sevrés sur cette période de 3 ans, et 2419 lapins ont terminé leur engraissement, soit 10,4 lapereaux "engraissés" par femelle productive et par an (ou 5,3 par MB). Sachant que l'auto-renouvellement est de 4% et que l'autoconsommation est de 1,8%, le taux de pertes entre le sevrage (64,3j) et la vente (110,3j) a été de 15,0%, pour une durée d'engraissement de 56j.

2.4. Potentialités productive et perspectives du RTS

Sur la base de ces premières données techniques et en respectant le cahier des charges AB actuel, il est possible de réaliser un calcul de potentialité

productive de la cuniculture AB. Ainsi, sur une base de 4ha disponibles de pâture, il est possible d'accueillir sur 1 ha, 50 cages femelles, 8 cages mâles et 2 cages pour les animaux de renouvellement (règlement: 2,4m²/lapin avec vide sanitaire de 2 mois). Trois hectares sont attribués à des parcs d'engraissement (règlement: moins de 625 lapins sevrés/an/ha) à raison de 3 portées de 6 lapereaux sevrés par les 50 femelles et par an, il serait potentiellement possible de produire 900 lapereaux (1400 pour 4 portées sevrées de 7). Le potentiel technico-économique est calculé comme suit: pour un taux de pertes de 24% en engraissement, le nombre de lapins vendus sera de 684 soit un chiffre d'affaire annuel de 16416€ (1,6kg carcasse/lapin à 15€/kg), avec un taux de pertes de 15% il serait de 18360€. Bien évidemment, une amélioration de la productivité de la maternité (par exemple atteindre 4 portées par femelles et par an) accroîtra fortement ces chiffres de production.

Les enquêtes technico-économiques précédentes indiquent qu'une personne à plein temps peut gérer environ 80 femelles reproductrices et leur suite (Roinsard et al., 2016), pour une surface d'exploitation d'environ 5ha (+ 4ha pour une production de compléments céréaliers). Ainsi, le chiffre d'affaire d'un cuniculteur AB, à plein temps, serait potentiellement de 26,3 k€/an à partir des données techniques calculées dans notre étude.

Figure 4 : Visuel de l'application GAELA, pour la Gestion Assistée d'un Elevage de LApins

En perspectives, ce premier RTS sera étendu à un plus grand nombre d'exploitations, ayant une conduite "individuelle" des reproductrices. Néanmoins, l'outil RTS2CuniBio sous Excel est adapté au traitement d'un nombre restreint de données d'élevages (<5000 lignes). Aussi, un outil adapté de gestion de base de données, associé à une application smartphone (GAELA, Figure 4) est actuellement en développement et en phase de test "terrain". GAELA (Gestion Assistée d'un Elevage de Lapins) est aussi un outil d'assistance à la conduite quotidienne d'un atelier cunicole ayant une conduite "individuelle" des reproducteurs, intégrant un calendrier d'actions et d'alertes. Avec une saisie rapide, directe et unique, des données d'élevage "au champ", l'outil GAELA est destiné à remplacer le traditionnel cahier d'élevage, et permettra une analyse des performances. Comme l'outil RTS2Cunibio, l'outil GAELA n'est pas restreint aux cuniculteurs AB mais à tout atelier cunicole souhaitant un suivi individuel des reproducteurs.

Conclusions

Ce tout premier référentiel technique a permis de dresser un portrait, certes restreint, des potentialités productives d'un atelier cunicole AB. Globalement, les performances sont modestes, et on perçoit des progrès techniques importants dans la conduite des reproducteurs, tout en restant fidèle au cahier des charges AB: meilleur suivi des saillies, palpations, *etc.*

Ce référentiel doit être étendu aux données d'engraissement, et surtout à un plus grand nombre d'ateliers, ce qui sera réalisé grâce au déploiement d'une application smartphone (GAELA), simple d'emploi et ergonomique, et synchronisée à une base de données sécurisée.

Remerciements

Ces travaux ont été soutenus par le comité INRA AgriBio4 (projet Cunipat). Les auteurs remercient les éleveurs qui ont participé à ce travail, ainsi que Célia Morvan (élève ingénieur ESITPA-Beauvais).

Références

Combes, S., Lebas, F., Lebreton, L., Martin, T., Jehl, N., Cauquil, L., Darche, B., M.A, C., 2003. Comparaison lapin « bio » / lapin standard : caractéristiques des carcasses et composition chimique de 6 muscles de la cuisse., *10èmes J. Rech. Cunicoles, Paris, France*, 133-136.

Coutelet G., 2015. Performances moyennes des élevages cunicoles en France pour l'année 2014. Résultats RENACEB. *Cuniculture Magazine*, 42, 39-40.

Lebas, F., Lebreton, L., Martin, T., 2002. Lapins Bio sur prairie : des résultats chiffrés. *Cuniculture, 29* , 74-80.

Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, 2010. Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n° 834/2007 du Conseil et (CE) n° 889/2008 de la Commission.

Roinsard, A., Fortun Lamothe, L., Gidenne, T., Cabaret, J., Van der Horst, F., 2016. Lapin Bio : développer une production cunicole durable en agriculture biologique. *Innovations Agronomiques, ITAB, Angers, France,* . 231-245.

Nutrition et Alimentation

Besoins en iode du lapin : Carence, excès, recommandations – Revue bibliographique

Lebas F.

Cuniculture, 87 A Chemin de Lasserre , 31450 Corronsac

Correspondant : lebas@cuniculture.info

Résumé : Jusque dans les années 2010, les auteurs de revues de nutrition considéraient qu'il n'y avait aucun travail scientifique publié permettant de chiffrer les besoins en iode des lapins. Des publications récentes avec des apports en gamme, permettent de fixer le besoin minimum des jeunes en croissance à 0,7-0,9 mg d'iode par kg d'aliment fini. Pour les lapines allaitantes, la valeur de 0,9 mg/kg est proposée et 0,4 mg/kg couvrent les besoins en iode des lapins adultes au repos ou des lapines en gestation. La limite supérieure de sécurité au delà de laquelle les performances commencent à être dégradées, est de 2,0 à 2,5 mg/kg d'aliment, valeur nettement inférieure au maximum légal de 10 mg I/kg applicable en Europe aux aliments pour lapins. Cette revue fournit la teneur moyenne en iode d'un quarantaine de matières premières courantes entant dans les aliments pour lapins. Leur teneur varie généralement entre 0,05 et 0,10 mg d'iode /kg, valeurs tout à fait insuffisantes pour couvrir les besoins, et nécessitant donc une supplémentation en iode. Toutefois quelques matières premières comme la mélasse, le carbonate de calcium, la farine de poisson ou les coquilles d'huitre ont des teneurs sensiblement plus fortes en iode : de 1 à 10 mg/kg. Un attention toute particulière doit être portée à la teneur en iode de l'aliment fini en cas d'inclusion d'algues parmi les matières premières. En effet leur teneur peut varier de 1 mg/kg à 10 g/kg de matière sèche (1%) dans le cas des laminaires. Enfin, il est rappelé que le sel de mer brut (non iodé artificiellement) contient de très faibles quantités d'iode (<2 voire <0,7 mg/kg de sel selon les auteurs), teneur notoirement insuffisantes pour couvrir les besoins en iode des lapins.

Abstract : - Iodine requirements of rabbits : deficiency, excess and recommendations – A review - Until the 2010s, the authors of nutrition reviews considered that there was no published scientific paper able to quantify the rabbit's needs for iodine. Recent publications with progressive iodine additions make it possible to set the minimum requirement for growing rabbits at 0.7-0.9 mg of iodine per kg of finished feed. For lactating does, the value of 0.9 mg I / kg is proposed and 0.4 mg I / kg covers the iodine requirements of adult rabbits at rest or of pregnant does. The upper safety limit beyond which performance begins to be degraded is 2.0 to 2.5 mg I/ kg of feed, well below the legal maximum of 10 mg / kg applicable in Europe to rabbit feeds. This review provides the average iodine content of some 40 common raw materials used in rabbit feeding. Their content generally varies between 0.05 and 0.10 mg iodine / kg, values quite insufficient to cover the needs, and thus requiring iodine supplementation. However some raw materials such as molasses, calcium carbonate, fish meal or oyster shells have significantly higher levels of iodine: 1 to 10 mg / kg. Special attention should be given to the iodine content of the finished feeds when using algae among the raw materials of the feed. Indeed their content may vary from 1 mg / kg to 10 g / kg of dry matter (1%) in the case of laminaria. Finally, it is recalled that raw sea salt (not artificially iodized) contains very small amounts of iodine (<2 or <0.7 mg / kg of salt according to the authors), which are notoriously insufficient to cover rabbit iodine requirements.

Introduction

Les revues récentes sur les besoins alimentaires du lapin (Halls, 2010, Mateos et al., 2010) soulignent qu'il n'existe pas d'étude sur le besoin en iode, qu'il s'agisse de lapins en croissance ou en reproduction. Les recommandations disponibles dans la littérature sont basées surtout sur l'observation des apports pratiques appliqués aux aliments commerciaux. Elles varient de 0,2 à 1,1 mg/kg d'aliment pour le lapin en croissance comme pour les lapines allaitantes (voir la revue de Mateos et al., 2010). Des observations et des travaux récents ont apporté un nouvel éclairage sur les besoin en iode des lapins. En les confrontant aux résultats antérieurs il nous a semblé possible d'arriver à déterminer les besoins effectifs des lapins et de faire des recommandation basées sur des mesures expérimentales.

Rôle de l'iode dans le métabolisme

L'iode est un élément constitutif des deux hormones thyroïdiennes T3 (3-iodothyronine) et T4 (thyroxine). Celles-ci sont des hormones clé du métabolisme énergétique (glucides, lipides, protéines) L'iode permet de faire fonctionner le métabolisme de la thyroïde et par conséquent l'organisme en général. La vitesse du métabolisme général de l'organisme du lapin, des animaux en général, est calquée sur celle du métabolisme de la thyroïde : sans iode, pas d'hormones thyroïdiennes. L'iode est donc un élément indispensable et en cas de carence, le métabolisme est d'autant plus ralenti que la carence est marquée. Outre son rôle essentiel dans le fonctionnement de la thyroïde, l'iode intervient aussi directement dans l'athérosclérose. Ainsi chez des lapins adultes supplémentés en cholestérol, la distribution d'iode [à forte dose], protège les artères contre le dépôt de cholestérol, indépendamment du rôle de la T4 (Cann, 2006). Enfin l'iode joue le rôle d'antioxydant dans l'organisme, particulièrement au niveau oculaire (Elstner et al., 1985 ; Llin et Nersesyan, 2013)

Carence en iode

En cas carence en iode, la tyroïde se développe exagérément, le signe extérieur évident est l'apparition

d'un goitre. Mais attention, le goitre peut avoir pour origine d'autres problèmes métaboliques, y compris l'excès d'iode comme cela est observé chez l'homme au Japon ou dans une partie de la Chine (Eastmann et Zimmermann, 2018)

La relation entre carence en iode et apparition du goitre chez l'homme a été établie dès le début du 19e siècle (Coindet, 1821). Chez le lapin, la relation goitre et carence en iode a été décrite pour la première fois par Webster et Chesnay en 1930, en relation avec la consommation exclusive de chou.

En cas d'hypothyroïdie les teneurs sanguines en T3 et en T4 sont faibles et en même temps l'hypophyse produit de fortes quantités de TSH, l'hormone stimulant le fonctionnement de la thyroïde, pour essayer de lui faire produire plus de T3 et de T4.

Besoin minimum : suppression de la carence

En 1958 Keener et Thacker, ont montré qu'un trèfle cultivé aux USA sur un sol hyperfertilisé était carencé en iode pour les jeunes bovins et les lapins. Sa teneur en iode était de 0,035 mg d'iode/kg. Un apport d'iodure de potassium (KI) fournissant 0,25 mg d'iode par kg d'aliment avait supprimé l'hyperthyroïdie associée à la distribution aux lapins d'une ration contenant 75% de ce trèfle carencé, la ration ne contenant que 0,032 mg I/kg d'aliment fini.

En 2010 Liu et al, ont montré qu'un aliment ne contenant que 0,22 mg d'iode par kg est encore déficient en iode pour les lapins de 1 à 2 mois. Effectivement, bien que les lapins n'aient aucun trouble apparent avec 0,22 mg d'iode/kg, une supplémentation de 0,1 ou mieux 0,5 mg d'iode /kg d'aliment améliore significativement ($P<0,05$) la vitesse de croissance des animaux ainsi que le taux sanguin d'immunoglobulines A, d'hormone T3 mais pas celui de la T4. La supplémentation plus élevée (2,5 mg/kg d'aliment) ramène la vitesse de croissance à une valeur proche de celle du témoin, signe d'un apport un peu excessif. Selon ces auteurs, le besoin des jeunes lapins serait couvert par un aliment contenant 0,72 mg d'iode /kg.

L'ordre de grandeur de cette valeur est confirmé par un travail de Shen et al (2018). Ces auteurs ont en effet distribué pendant 60 jours à des lapins de 3 mois au départ, des supplémentations en iodure de potassium fournissant 0,0 - 0,2 – 0,4 – 0,8 ou 1,6 mg I/kg d'un aliment qui contenait au départ 0,12 mg I/kg. Sur la base de la vitesse de croissance, de l'efficacité alimentaire et de la qualité de la fourrure (il s'agissait de lapins Rex) les auteurs ont conclu que la supplémentation optimum était de 0,8 mg I/kg, conduisant à un apport total de 0,92 mg I/kg de l'aliment distribué aux lapins. Une supplémentation plus élevée (1,6 mg I/kg) n'offre aucun avantage (tableau.1).

Une expérience similaire conduite avec des lapins de chair (Yang et al., 2007) arrive à la même conclusion avec un optimum à 0,925 mg I/kg d'aliment. Un tel niveau de supplémentation permet d'obtenir des taux de T3 ou de T4 significativement plus élevé que chez le témoin non supplémenté, ainsi qu'une teneur plus faible en TSH (Yang et al, 2008).

Tableau 1 : Performances de croissance de lapins Rex de 3 mois au départ recevant une supplémentation croissante d'iode (mg/kg d'aliment) pendant 60 jours (Shen et al., 2018)

Suppl. iode	**0,0**	**0,20**	**0,40**	**0,80**	**1,60**
Iode total	***0,12***	***0,32***	***0,52***	***0,92***	***1,72***
P. initial g	1741	1765	1732	1756	1754
P. final g	2885	2896	2921	3033	2901
Cons. g/j	173	180	181	184	180
Indice. Cons	9,22	9,34	9,19	8,81	9,27

Pour le lapin en croissance (1-3 mois) on peut donc admettre que le besoin en iode est couvert par un aliment contenant 0,7 à 0,9 mg d'iode par kg. Des apports plus élevés ne présentent aucun avantage.

Pour être complet, il faut mentionner le travail de Qin et al (2018) chez des lapins sub-adultes (4 mois au départ), montrant que la supplémentation d'un aliment (teneur de base de 0,36 mg I/kg) avec 0,2 - 2,0 ou 4,0 mg I/kg ne modifie pas la croissance des lapins ni les performances d'abattage. Par contre le taux de T3 circulant est réduit avec la supplémentation de 2 mg I/kg par rapport aux deux autres supplémentations (0,2 et 4,0 mg/kg). Ainsi pour le jeune adulte le besoin minimum en iode semble couvert par un aliment contenant 0,36 mg d'iode par kg, et il pourrait tolérer des apports sensiblement plus importants allant jusqu'4 mg/kg.

Nous n'avons malheureusement pas trouvé dans la littérature internationale de travail expérimental similaire permettant d'estimer le besoin minimum en iode des lapines reproductrices. A défaut on pourra prendre la norme minimal retenue pour les lapins en croissance pour la lapine en gestation : 0,7 mg / kg d'aliment voire 0,4 mg/kg si on suit les observations de Qin et al. (2018) pour les lapins sub-adultes. Pour la lapine allaitante, compte tenu de l'exportation d'iode dans le lait, on pourra prendre pour recommandation minimal, la norme la plus élevée retenue pour les lapins en croissance, à savoir 0,9 mg I /kg aliment. Mais ces suggestions devront être confirmées par l'expérimentation.

Seuil de tolérance et toxicité de l'iode

Au cours des années 1960-70, plusieurs études ont été publiées sur la toxicité de l'iode chez le lapin. Par exemple, Arrington et al. (1965) ont montré que la lapine en fin de gestation est beaucoup plus sensible aux excès d'iode que le rat, le hamster ou le porc. Ainsi la distribution d'un aliment contenant 250 ou 500 mg d'iode par kg seulement 2 jours avant la mise bas entraine une mortalité périnatale de 70%, mais tous les lapereaux vivants à 3 jours le sont encore à 28 jours (Tableau 2), démonstration d'une période d'hypersensibilité des fœtus à l'excès d'iode en fin de gestation. Effectivement, Logothetopoulos et Scott (1956) ont montré que la teneur en iode du sérum des fœtus est plus de 2 fois plus élevée que celui de leur mère , avec un pic atteignant une valeur 4 à 6 fois plus forte spécifiquement au 27e jour de gestation, entrainant un décrochement des placentas lorsque l'apport d'iode de la mère est excessif.

Les mères par elles-mêmes ou les jeunes en croissance étaient moins, voire insensibles à ces apports massifs d'iode. Par exemple lorsque l'alimentation sur-dosée en iode a été retirée, les lapines expérimentales se sont par la suite reproduites normalement (Arrington et al. 1965).

Tableau 2 : Mortalité et croissance avant 28 jours des lapereaux issus de mères de race 'Hollandais' recevant un aliment supplémenté en iode distribué peu avant la mise bas (aliment témoin contenant 0,55 mg d'iode par kg – 5 à 20 mises bas par lot) (Arrington et al., 1965)

Supplément iode	*Jours avant MB*	*Nés totaux /MB*	*Mortalité des lapereaux*		*Poids laperx 28 j.*
			0-3 j	*3-28 j.*	
témoin	-	4,3	9%	0%	465
250 mg/kg	2	6,2	70%	0%	395
500 mg/kg	2	4,5	71%	0%	302
500 mg/kg	5	4,2	97%	0%	313
500 mg/kg	10	4,8	100%	-	-

Des résultats proches de ceux de Arrington et al (1965) ont été obtenus par Lebas (1966) avec un apport excessif un peu plus faible de « seulement » 160 mg/kg chez des lapines Fauve de Bourgogne : le taux de mortinatalité a été multiplié par 2,5 (Tableau 3). Le poids des morts nés était significativement plus faible que celui des lapereaux nés vivants : 37 vs 52 g, preuve d'un mortalité *in utero* aux environs de 28 jours de gestation.

Tableau 3 : Performance à la mise bas de lapines ayant reçu en continu un aliment contenant 160 mg ou 1,6 mg d'iode par kg (témoin) (Lebas, 1966)

Lot	**A**	**B**	***A/B***
Teneur en iode (mg/kg)	**160**	**1,6**	***100***
Nombre de Mises Bas	198	79	-
Nés totaux / MB	8,52	9,63	*0,88*
Nés vivants / MB	5,68	8,52	*0,67*
Nés morts / MB	2,84	1,12	*2,54*
Portée totalement mortes	21%	3%	*7,00*

Limite supérieure de sécurité

Les informations anciennes sur les risques associés à un grand excès d'iode n'ont plus d'intérêt que pour résoudre d'éventuels cas d'intoxication accidentelle. En effet, depuis 2015 la teneur en iode dans les aliments pour animaux ne doit légalement pas dépasser 10 mg/kg (10 mg/kg) sauf pour les ruminants laitiers et les poules pondeuses 5 mg/kg, les poissons 20 mg/kg et les chevaux 4 mg/kg (Union Européenne, 2015). Ces seuils ont été déterminés essentiellement pour la protection des hommes consommant les produits issus de ces animaux (viande, lait, œufs, …).

Il convient donc de déterminer si, pour le lapin, entre le besoin minimum proposé plus haut (0,4 à 0,9 mg/kg d'aliment selon le type de lapin) et la borne légale de 10 mg/kg, il existe un risque associable à un apport trop important d'iode.

Dans les études en gamme mentionnées plus haut, ayant permis de proposer un besoin minimum en iode (Liu et al., 2010 ; Shen et al., 2018) la gamme comportait une supplémentation, de 1,6 ou 2,5 mg/kg d'iode. Un apport de 1,6 mg/kg n'a pas entraîné d'amélioration ni de détérioration des performances de croissance. Par contre, une supplémentation avec 2,5 mg/kg d'iode a entraîné une réduction significative des performances de croissance. Il semble donc raisonnable de proposer un apport maximum de 2 mg/kg d'aliment, valeur au-delà de laquelle il y a un risque de baisse des performances de croissance, mais sans accident notable pour la santé des lapins.

Le travail de Qin et al. (2018) avec des mâles Rex de plus de 4 mois n'a montré aucun effet de l'apport d'iode sur la croissance finale ou les performances d'abattage des lapins nourris avec un aliment supplémenté par 0,4 – 0,6 – 2,4 ou 4,4 mg I /kg ajoutés à un régime contenant 0,36 mg d'iode /kg. Par contre l'activité thyroïdienne des lapins était maximale avec l'aliment supplémenté par 2 mg I /kg , mais réduite avec la supplémentation plus élevée. Pour ces lapins sub-adultes l'apport total d'iode ne devrait donc pas dépasser 2 à 2,5 mg/kg d'iode.

Comme pour l'établissement du besoin minimum pour les lapins en croissance, nous n'avons pas trouvé de travail publié avec des lapines en reproduction proposant un apport maximum sur la base d'une supplémentation expérimentale en sel d'iode.

Toutefois Okab et al. (2013) ont donné 1% ou 2% d'une algue, la laitue de mer (*Ulva lactuca*), contenant 185 mg d'iode /kg d'algue, à des lapins reproducteurs. L'incorporation de l'algue dans l'aliment représente un apport de 1,85 ou 3,70 mg d'iode / kg d'aliment fini. Les auteurs n'ont observé aucun problème de reproduction particulier pour les 30 lapines expérimentales (10 par lot). Avec l'apport de 2% d'algue, certaines fonctions de reproduction des mâles ont été significativement améliorées (taux de testostérone, motilité des spermatozoïdes,…) tandis que d'autres étaient significativement dégradées (concertation du sperme, pourcentage de spermatozoïdes vivants, ….). Bien que les phénomènes décrits ne puissent être attribués exclusivement à la présence d'iode dans la laitue de mer, l'apport d'iode du régime de base étant de 0,2 mg/kg, il semble raisonnable de conseiller de ne pas dépasser une teneur totale d'iode de 2 mg/kg dans l'alimentation des lapins reproducteurs.

Ainsi, quelque soit le type de lapin considéré - en croissance, en reproduction ou adulte - il est conseillé de ne pas dépasser une teneur en iode de 2 mg par kg d'aliment.

Bien que ce point ne semble pas avoir fait l'objet d'études spécifiques chez le lapin, il convient de rappeler qu'un apport excessif d'iode provoque un hypothyroïdisme et l'apparition de goitre tout comme la carence en iode (Zimmerman et al., 2005). L'apparition d'un hyperthyroïdisme doit donc faire penser à un trouble du métabolisme de l'iode par carence ou excès. Dans ce cas, une analyse plus fine des conditions d'apparition du goitre doitdonc être conduite avant de porter des conclusions.

Recommandations

Les recommandations pratiques pour la couverture des besoins en iode sont résumées dans le tableau 4.

Il semble important de souligner que les besoins minimum retenus ici sont plus importants que ceux proposés antérieurement par la majorité des auteurs : 0,2 à 0,5 mg I/kg (voir la revue de Mateos et al., 2010). D'un autre côté la limite supérieure de sécurité est nettement inférieur à la limite légale de 10 mg/kg maximum.

Tableau 4 : Apports d'iode minimum et maximum conseillés pour les lapins des différentes catégories, exprimés en mg d'iode par kg d'aliment

Catégories de lapins	Teneur minimum	Limite supérieure de sécurité
- Jeunes de 1 à 3 mois	0,7 - 0,9	2
- Sub-adultes 3-6 mois	0,4	2
- Reproducteurs	0,4 – 0,7	2
- Lapines allaitantes	0,9	2,5

Couverture pratique du besoin en iode.

La première étape pour s'assure de la couverture du besoin en iode des lapins consiste à déterminer l'apport d'iode fourni par les matières premières de l'aliment et éventuellement par l'eau de boisson. Il est parfois utile de prendre en compte les apports par l'eau de boisson, en effet, dans certaines régions du monde l'eau de boisson disponible est très chargée en iode, comme en Chine par exemple où l'eau peut contenir jusqu'à 0,6 mg d'iode par litre (Ma et al, 1982 ; Zhao et al., 1998 ; Andersen et al., 2009). Par contre ce risque d'apport trop important d'iode par l'eau de boisson ne semble pas exister en France où les eaux contiennent de 10 à 30 µg d'iode par litre, avec une teneur maximale de 60 µg/litre (0,06 mg/kg) pour les eaux minérales les plus chargées en iode (Anses, 2005).

A titre d'information nous avons réuni au tableau 5 la teneur moyenne en iode pour une quarantaine de matières premières plus ou moins courantes.

Tableau 5 : Teneur en iode de diverses matières premières exprimée sauf exception en mg par kg d'aliment brut (source principale : Tables INRA-CIRAD-AFZ, 2019)

Matière première	Iode	Matière première	Iode	Matière première	Iode
Céréales		***Graines entières***		- Son de riz	0;30
- Avoine	0,10	- Lin	0,40	***Produits divers***	
- Blé dur	0,06	- Pois fourrager	0,30	- Brisures de riz	0,05
- Blé tendre	0,06	- Soja extrudé	0,09	- Farine de poisson type 62	3,00
- Maïs	0,09	***Tourteaux***		- Mélasse de betterave	1,00
- Orge	0,09	- de colza	0,09	- Mélasse de canne	4,00
- Sorgho	0,08	- de coprah	1,00	***Minéraux***	
- Triticale	0,09	- de lin	0,20	- Carbonate de calcium	3,00-
Sous produits industriels		- de palmiste	0,10	- Coquilles d'huitre	10,00
- Corn gluten feed	0,10	- de soja 48	0,10	- Iodate de calcium anhydre	65%
- Drèches distillerie blé orge	0,20	- de soja 50	0,20	- Iodure de potassium	76%
- DDGS	0,03	- de tournesol non décort.	0,09	- Sel de mer brut	< 2,0
- Pulpes de betterave	0,10	***Sources de fibre***		***Algues et assimilés***	
- Pulpes d'agrumes	0,09	- Herbe déshydratée	0,40	- *Laminaria* Spp	0,5-1%
- Remoulage bis de blé	0,09	- Luzerne 16-18% protéines	0,40	- *Schizochytrium* spp	1,6-185
- Son de blé	0,08	- Luzerne 22-25% protéines	0,70	- Spiruline (Cyanobactérie)	0,30-1,5
- Coproduits de boulangerie	0,09	- Coques de tournesol	0,09	- *Ulva lactuca*	185

Si dans leur majorité les matières premières courantes contiennent entre 0,06 et 0,10 mg d'iode par kg et sont donc loin de pouvoir couvrir à elles seules les besoins en iode des lapins (Tableau 5) il faut retenir que certaines matières premières usuelles comme les mélasses peuvent contenir de 1 à 4 mg d'iode par kg. Pour les produits de la mer, la teneur élevée en iode des coquilles d'huitre (10 mg/kg) est souvent «oubliée» lors de la formulation. Ainsi l'incorporation de 3% de coquilles d'huitres pour apporter du calcium dans la ration fournit également 0,3 mg d'iode par kg d'aliment fini. Ceci permet de couvrir une partie importante des besoins en iode : environ 40% des besoin du lapin en croissance ou plus de 70% des besoins d'un lapin adulte.

Pour les algues marines, la teneur en iode est extrêmement variable en fonction de l'espèce botanique considérée. Elle peut par exemple atteindre 0,75 à 1,2% de la matière sèche dans les algues laminaires (Gall et al., 2004). Mais la teneur en iode peut aussi varier de 1 à 100 en fonction du lieu et des conditions de productions. Par exemple on a trouvé 185 mg/kg d'iode pour *Schizochytrium* spp cultivé sur les côtes du Vietnam (Hong et al., 2011 et seulement 1,6 mg/kg pour le même type d'algue cultivé sur les côtes de Californie (Costa et al., 2016).

Enfin il semble important de souligner que le sel de mer brut (non iodé artificiellement) contient relativement peu d'iode : moins de 2 mg/kg en France (Ciqual, 2017) voire moins de 0,7 mg/kg pour 81 échantillons de sel naturel provenant de 21 pays (Aquaron, 2000). Ainsi un apport classique de 0,5% de sel de mer brut dans l'aliment apporte moins de 0,01 mg/kg d'iode à cet aliment, ce qui est pratiquement négligeable. La raison est une évaporation de l'iode présent dans l'eau de mer au cours du séchage et une cristallisation sélective de l'iode qui reste dans la liqueur mère (Dasgupta et al., 2008). Il faut donc oublier les affirmations faites par certains auteurs qui estimaient à tort que « *les besoins en iode des lapins seraient pleinement satisfaits si du sel marin était utilisé dans les aliments*» (Cheeke, 1987 ; Mateos et al., 2010).

C'est d'ailleurs en raison de cette pauvreté en iode du sel « naturel » que les autorités sanitaires du monde entier prônent l'addition d'iode dans le sel utilisé en consommation humaine pour éviter la carence en iode des populations (Sullivan et al., 1995).

Iode et crucifères

Les crucifères tels que le colza, la moutarde ou le chou contiennent naturellement des glucosinolates qui en se dégradant donnent par exemple des thiocyanates (Bell, 1984). Les molécules issues de cette dégradation entrent en compétition pour le transport de l'iode en se fixant sur la protéine de transport permettant à l'iode de franchir les parois cellulaires et de pénétrer dans la thyroïde ou la glande mammaire (Dasgupta et al., 2008). Si la teneur en thiocyanates est trop élevée et que simultanément la teneur en iode de l'aliment est à la limite inférieure permettant de couvrir les besoins, il en résulte une carence en iode et un hypothyroïdisme avec des taux très faibles de T3 et de T4,associé l'apparition de goitres et d'un hyper-développement du foie (Schöne et al., 2001). Pour l'organisme de l'animal tout se passe comme si l'apport d'iode était plus faible que celui qui devrait découler de la teneur dans l'aliment. Il suffit donc d'accroitre la teneur en iode de l'aliment pour que le besoin soit effectivement couvert comme cela a été démontré par exemple chez le porc ou la vache laitière (Schöne et al., 1990 ; Franke et al., 2009)

Chez le lapin, les travaux déjà anciens de Lebas et Colin (1977) ont montré qu'un aliment contenant 15% d'un tourteau de colza riche en thioglucosides (variété Primor), mais contenant aussi 1,9 mg/kg d'iode (supplémentation en iodure de potassium) n'entraine aucune altération des performances de croissance (GMQ, IC) ni du poids de la thyroïde ou du foie. Avec la même supplémentation en iode, et le même type de tourteau, au cours de deux essais ayant duré 4 ou 6 mois, nous avons également montré que l'emploi du tourteau de colza au taux de 15 ou 17% dans l'aliment n'entraine aucune différence de performance des lapines reproductrices, en comparaison avec du tourteau de tournesol (Lebas, 1978)

Au cours des années 80-90 les généticiens végétaux ont obtenus des colza dits double zéro, ne contenant pratiquement plus d'acide érucique et surtout très peu de glucosinolates: 5 à 20 µmoles/g de MS (Evrard, 2005). Cela a permis par exemple de réduire la teneur en isothiocyanate de 2,22 mg à 0,85 mg/g MS et celle du viny-thio-oxazolidone de 5,18 à 1,58 mg/g de MS dans les tourteaux de colza (Bourdon et al., 1981). De ce fait, un apport d'iode dans l'aliment légèrement supérieur à la stricte couverture des besoins en iode (+0,1 à +0,3 mg/kg d'iode), permet d'utiliser les tourteaux de colza actuels sans restriction concernant la présence de thioglucosides résiduels.

Supplémentation par l'eau de boisson

Dans certains pays dits « goitrigènes » où la teneur en iode des végétaux est très faible comme les pays d'Europe de l'Est, des essais ont montré que l'iode peut être apportée via l'eau de boisson, par exemple chez la poule pondeuse (Miskiniene et al., 2010). Compte tenu de la consommation d'eau des lapins, la supplémentation pratiquée dans cette espèce est équivalente à un apport de 0,33 mg/kg d'iode dans l'aliment et permet une amélioration des fonctions reproductrices chez les lapins mâle ou femelle (Abadjieva et al., 2016, 2018). Dans d'autres conditions, un apport relativement massif d'iode (5 mg/kg dans l'eau de boisson) a eu un effet favorable sur la vitesse de croissance des lapins élevés en Egypte (El- Mahdy et al., 1995). Mais les auteurs de ce travail n'ont fourni aucune indication sur la teneur en iode du régime de base, ni surtout sur la stabilité de l'apport d'iode dans l'eau de boisson.

En tout état de cause il est nécessaire de rappeler que la supplémentation permanente en iode de l'eau de boisson des animaux est interdite en Europe. Cette voie de supplémentation, pour autant qu'elle soit fiable en raison de l'instabilité de l'iode dans l'eau, ne doit être envisagée que dans les pays où cette forme d'apport est autorisée.

Conclusion

Les lapins ont un besoin minimum en iode qui nécessite une supplémentation pour arriver à un apport de 0,4 à 0,9 mg/kg d'iode dans l'aliment en fonction du type de lapin. Même si les lapins adultes non reproducteurs ou les lapins en croissance peuvent supporter des apports d'iode extrêmement importants (250-500 mg/kg voire plus) il existe une limite supérieur de sécurité, au-delà de laquelle les performances zootechniques sont réduites. Cette limite se situe à 2,0-2,5 mg/kg d'iode quelque soit le type de lapin, bien en deça du maximum de 10 mg/kg imposé en Europe par la législation relative à l'alimentation animale.

Les matières premières courantes ne contiennent pas assez d'iode pour couvrir les besoins des lapins, ce qui nécessite une supplémentation en iode, le plus souvent sous forme d'iodure de potassium ou d'iodate de calcium. Si dans la très grande majorité des cas cette supplémentation est incluse da l'aliment, le cas échéant elle peut être apportée par l'eau de boisson, si la législation du pays le permet, ce qui n'est pas le cas des pays européens (UE).

Si comme nous venons de le voir, les matières premières alimentaires contiennent trop peu d'iode, certaines d'entre elle comme les mélasses ou les coquilles d'huitres peuvent en contenir des quantités conséquentes qu'il convient de prendre en compte lors de la formulation des aliments

Une attention toute particulière doit être apportée à la teneur en iode de l'aliment fini si celui-ci contient des algues. En effet la teneur des algues en iode est très variable en fonction de l'espèce ou des conditions de production. Elle peut dépasser 1% d'iode (10 000 mg/kg) pour certaines algue de la famille des laminaires.

Enfin il semble nécessaire de rappeler que le sel de mer est pauvre en iode, ce qui explique qu'il soit nécessaire d'y ajouter de l'iode pour éviter la carence en iode chez l'homme.

Références

Abadjieva, D., Grigorova, S.V., Petkova, M., 2016. Testicular morphometry and histology of rabbit bucks supplemented with iodine in drinking water. *Asian J. Anim. Vet Adv*. 11, 491-497.

Abadjieva, D., Petkova, M., Grigorova, S., Kistanova, E., 2018. Iodine supplementation activates folliculogenesis in rabbit ovary. *Polish journal of veterinary sciences.* 21 (3); 539-566.

Andersen, S., Guan, H., Teng, W., Laurberg, P., 2009. Speciation of iodine in high iodine groundwater in China associated with goitre and hypothyroidism. *Biological trace element research*, 128 (2), 95-103.

ANSES, 2005. Evaluation de l'impact nutritionnel de l'introduction de composes iodés dans les produits agroalimentaires. Rapport final , *Anses éditeur*, 120 pp

Aquaron, R., 2000. Iodine content of non-iodized salts and iodized salts obtained from the retail markets worldwide. *8th World Salt Symposium*, Vol. 2, 935-940 (*cité par Dasgupta et al., 2008*)

Arrington, L.R., Taylor, R.N., Ammerman, C.B., Shirley, R.L., 1965. Effect of excess dietary iodine upon rabbits, hamster, rats and swine. *J. Nutr*., 87, 394-398.

Bell, J. M. , 1984. Nutrients and toxicants in rapeseed meal: a review. *Journal of Animal Science*, 58 (4), 996-1010.

Bourdon, D., Perez, J. M., Baudet, J. J.,1981. Utilisation de nouveaux types de tourteaux de colza par le porc en croissance-finition. Influence des glucosinolates et du dépelliculage. *Journ. Rech. porcine en France*, 13, 163-178.

Cann, S. A. H., 2006. Hypothesis: dietary iodine intake in the etiology of cardiovascular disease. *Journal of the American College of nutrition*, 25 (1), 1-11.

Cheeke, P.R., 1977. Rabbit feeding and nutrition. *Academic press Inc*., p128.

Ciqual, 2017. Table de composition nutritionnelle des aliments, *On line publication de l'ANSES*. https://ciqual.anses.fr/#/aliments/11083/sel-marin-gris-non-iode-non-fluore (version 2017)

Coindet, J.F., 1821. Nouvelles recherches sur les effets de l'iode et sur les précautions à suivre dans le traitement du goitre par ce nouveau remède. *Ann Chim Phys. Ser 2*, 16, 345-346 (*Cité par Monay 1833*)

Costa, D. F. A., Quigley, S. P., Isherwood, P., McLennan, S. R., Poppi, D. P. , 2016. Supplementation of cattle fed tropical grasses with microalgae increases microbial protein production and average daily gain. *Journal of animal science*, 94(5), 2047-2058.

Dasgupta, P. K., Liu, Y., Dyke, J. V., 2008. Iodine nutrition: iodine content of iodized salt in the United States. *Environmental science & technology*, 42 (4), 1315-1323.

Eastman, C., Zimmermann, M.B., 2018. The iodine deficiency disorders. In *Endotext [Internet]. MDText. com, Inc.. (Last Update: February 6, 2018.).*

Elstner, E.F., Adamczyk, R., Kromer, R., Furch , A., 1985. The uptake of potassium iodide and its effects as an antioxidant in isolated rabbit eyes. *Ophthalmologica*. 191, 122-126.

Evrard, J., 2005. Les tourteaux d'oléagineux, source de protéines en alimentation animale. Oléagineux, *Corps gras, Lipides*, 12 (3), 224-227.

Franke, K., Meyer, U., Wagner, H., Flachowsky, G., 2009. Influence of various iodine supplementation levels and two different iodine species on the iodine content of the milk of cows fed rapeseed meal or distillers dried grains with solubles as the protein source. *Journal of dairy science,* 92 (9), 4514-4523.

Gall, E. A., Küpper, F. C., Kloareg, B., 2004. A survey of iodine content in *Laminaria digitata*. *Botanica Marina*, 47 (1), 30-37.

Halls, A.E., 2010. Nutritional Requirements for Rabbits. *A Shur-Gain, Nutreco Canada Inc publication*, 10 pp.

Hong, D.D., Anh, H.T.L., Thu, N.T.H., 2011. Study on biological characteristics of heterotrophic marine microalga—*Schizochytrium mangrovei* PQ6 - isolated from Phu Quoc island, Kien Giang province, Vietnam. *Journal of phycology* 43, 944-954.

Ilin, A., Nersesyan, A. 2013. Toxicology of iodine: A mini review. *Archive of oncology*, 21 (2), 65-71.

Keener, H.A., Thacker, E.J., 1958. Growth Studies with Calves and Rabbits Fed Timothy Hay Grown on Heavily Fertilized Soils. *Journal of Dairy Science,* 41, 182-189.

Lebas, F., 1966. Conséquences d'un apport excessif d'iode sur la mortalité périnatale des lapereaux. *Mémoire interne INRA*, 10 pp

Lebas F., Colin M., 1977. Utilisation du tourteau de colza dans l'alimentation du lapin en croissance. Influence du dépelliculage. *Ann. Zootech*., 26, 93-97

Lebas F., 1978. Le tourteau de colza, source de protéines pour les lapines reproductrices. *2èmes Journées de la Recherche Cunicole en France - Toulouse 4-5 avril 1978* - Communication n° 12

Liu, H., Ma, M., Li, X., Xin, L., Li, F., 2010. Effects of Dietary Iodine Supplementation Levels on Growth Performance and Serum Biochemical Indices of Growing Meat Rabbits from Weanling to 2-month-old. *Chinese Journal of Animal Nutrition* [2010], on line abstract.

Logothetopoulos, J., Scott, R.F., 1956. Active iodide transport across the placenta of the guinea pig, rabbit and rat. . *The Journal of physiology* 132, 365-371.

Ma T., Yu Z., Lu T., Wang S., Dong C., Hu X., Zhu H., Liu R., Yuan C., Wang G., Cai H., Wang Q., 1982. High-iodide endemic goiter. *Chinese Medical Journal*, 95, 692-696.

Mateos, G.G., Rebollar, P.G., De Blas, C., 2010. Minerals, vitamins and additives. *in* De Blas C. & Wiseman J., The nutrition of the rabbit, CABI Publishing, Wallingford, UK, , 119-150.

Miskiniene, M., Kepaliene, I., Bobiniene, R., Gudaviciute, D., Eider, J., 2010. Application of "jodis" as a stabile source of iodine in the nutrition of laying hens. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 54, 389-392.

Monay H. C.,1833. Dissertation sur le goitre, *Thèse Faculté de Médecine de Paris*, 18 pp.

Okab, A.B., Samara, E.M., Abdoun, K.A., Rafay, J., Ondruska, L., Parkanyi, V., Pivko, J., Ayoub, M.A., Al-Haidary, A.A., Aljumaah, R.S., Massanyi, P., Lukac, N., 2013. Effects of dietary seaweed (*Ulva lactuca*) supplementation on the reproductive performance of buck and doe rabbits. .*Journal of Applied Animal Research*, 41, 347-355.

Qin, F., Pan, X., Yang, J., Li, S., Shao, L., Zhang, X., Li, J., 2018. Dietary Iodine Affected the GSH-Px to Regulate the Thyroid Hormones in Thyroid Gland of Rex Rabbits. . *Biological trace element research* 181, 251-257.

Schöne F., Jahreis G., Lange R., Seffner W., Groppel B., Hennig A., Lüdke H.: 1990. Effect of varying glucosinolate and iodine intake via rapeseed meal diets on serum thyroid hormone level and total iodine in the thyroid in growing pigs. *Endocrinologia Experimentalis*, 24, 415-427

Schöne, F., Leiterer, M., Hartung, H., Jahreis, G., Tischendorf, F., 2001. Rapeseed glucosinolates and iodine in sows affect the milk iodine concentration and the iodine status of piglets. *British Journal of Nutrition*, 85 (6), 659-670.

Shen, L., Liu, G.G., Zuo, W.S., Zhao, X.Y., Liu, L., Li, F.C., 2018. Effect of dietary Iodine supplemental level on growth performance, slaughter performance, meat quality and fur quality of growing rabbits. *Chinese Journal of Animal Nutrition* 30, 156-162

Sullivan, K.M., Houstan, R., Gorstein, J., Cervinkas, J., 1995. Monitoring universal salt iodization programmes. *UNICEF- PAMM edit*, 101 pp

Sun, Q.W., 2010. Study of Relevance of Dietary Iodine and Accumulation of Rabbit Muscle and Liver. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2, 78.

Tables INRA-CIRAD-AFZ. 2019 - Composition et valeur nutritionnelles des matières premières pour bovins, ovins, caprins, porcs, volailles, chevaux, lapins et salmonidés – Teneur en Iode - *https://feedtables.com/fr/content/iode, consultation du 6 février 2019*

Union Européenne, 2015. Règlement d'exécution (UE) 2015/861 de la Commission du 3 juin 2015 concernant l'autorisation de l'iodure de potassium, de l'iodate de calcium anhydre et des granulés enrobés d'iodate de calcium anhydre en tant qu'additifs pour l'alimentation de toutes les espèces animales. *Journal officiel de l'Union européenne,* 4 juin 2015, L137/1 à 7. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0861&from=FR

Webster, B., Chesney, A.M., 1930. Studies in the Etiology of Simple Goiter. . *The American journal of pathology*, 6 (3), 275-284.

Yang, G.Z., Sun, Q.W., Wu, Z.F., Zhang, Y.P., Li, F.X., 2007. The effect of iodine on performance in meat rabbits. *Progress in Veterinary Medecine* 11, 1

Yang, G.Z., Wu, Z.F., Sun, Q.W., Zhang, Y.P., Wu, S.Q., Wang, X.P., 2008. Effects of Iodine levels on Biochemical Parameters in Meat Rabbits. *Journal of Hebei North University* 2008 (1), 15.

Zhao, J., Chen, Z., Maberly, G., 1998. Iodine-rich drinking water of natural origin in China. *Lancet*, 352 (9145), 2024.

Zimmermann, M. B., Ito, Y., Hess, S. Y., Fujieda, K., Molinari, L., 2005.. High thyroid volume in children with excess dietary iodine intakes–. *The American journal of clinical nutrition*, 81 (4), 840-844.

Digestibilité de la matière sèche d'une pâture de sainfoin ou de fétuque, et estimation de l'ingestion de sol, par le lapin en croissance élevé en cages mobiles sur prairie - Premiers résultats.

Legendre H.[1], Gidenne T.[1]*, Hartmeyer P. [3], Goby J.P.[2], Jurjanz S.[3]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, 31326 Castanet Tolosan, France.
[2] Université de Perpignan, IUT, 66962 Perpignan, France
[3] UR AFPA, Université de Lorraine-INRA, 54505 Vandoeuvre , France

* correspondant : thierry.gidenne@inra.fr

Résumé – Le développement de la cuniculture biologique (label AB) ou plus généralement avec accès à une prairie est limité par le manque de références techniques, notamment sur l'ingestion de végétaux pâturés et sur leur digestibilité. De plus, pour mesurer la digestion il faut connaître l'ingestion de sol (minéraux), ce dernier pouvant éventuellement contenir des contaminants environnementaux. Ainsi, 2 groupes de 15 lapins sevrés (43 j.) ont été logés en cages-mobiles (3 par cage, 0,4 m² pâturage/j/lapin). 5 cages ont été placées sur une prairie de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*), 5 autres sur une prairie majoritairement (70%) composée de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). Chaque jour, les cages ont été déplacées et 60 g/lapin d'aliment complet granulé distribués (absence de refus). L'ingestion de fourrages verts a été estimée comme la différence entre l'offre et le refus mesurés hebdomadairement et par cage. La digestibilité *in situ* du mélange fourrage + aliment granulé a été estimée après collecte totale de fèces laissées au sol pendant 2 périodes de 4 jours. L'ingestion de sol a été estimée par dosage des cendres insolubles dans le sol, les fourrages, l'aliment granulé et les fèces. La digestibilité de l'aliment complet granulé, des deux types de fourrages et du mélange a été mesuré en parallèle en cages hors-sol. La digestibilité de la matière sèche (dMS) de la fétuque variait de 37 à 43% respectivement pour une mesure au pâturage ou hors-sol; tandis que la dMS du sainfoin variait seulement de 1pt (65,5 et 66,5% respectivement). La croissance des lapins est 50% supérieure sur la pâture de sainfoin, alors que l'ingestion totale de MS (granulé+herbe) est similaire à celle du groupe "fétuque" (55 à 56 g/j/lap.), mais l'ingéré protéique est 25% supérieure pour le groupe "sainfoin". L'ingestion de sol a été inférieure (P<0,05) sur la pâture de fétuque (1,3% de la MS ingérée ou 4,6g/j) comparée à celle de sainfoin (3,0% de la MS ou 12,5g/j). La plus faible ingestion de sol sur le pâturage de fétuque peut être due à la plus grande couverture du sol par cette graminée qui permet une zone tampon entre les animaux et le sol, comparé à la couverture plus éparse du sainfoin.

Abstract – Dry matter digestibility of grazed sainfoin and tall fescue, and estimation of soil intake, in the organic pastured growing rabbits : first results. The development of organic rabbits production at pasture is limited by lacks in technical references, particularly about real grazed forage intake and digestibility. Moreover, to measure digestion at pasture we must know the intake of soil (minerals), the latter could eventually contain some pollutants. Therefore, after weaning (43 d) 30 growing rabbits have been allotted in two groups and housed in movable cages on two types of pasture: one with 70% of sainfoin (*Onobrychis viciifolia)* and the other with 100% tall fescue (*Festuca arundinacea*). Each cage contained 3 animals, with a shelter of 0.4 m² and a pasture surface of 1.2 m² and was moved every day A pelleted commercial feed was distributed daily at a level of 60 g/rabbit, and was totally consumed. Daily grass intake was calculated by difference between offered and residual grass (cut over 3 cm). The *in situ* digestibility of the forage + pellets mixture was estimated after total collection of faeces left on the soil for 2 x 4 days. Soil intake has been estimated with an internal marker (acid insoluble ash), from its concentrations in soil, pasture, feed and faeces, as well as dry matter digestibility (DMd). The DMd of pelleted feed, both vegetation types and their mixtures were also determined with metabolism cages (as a control). The DMd of tall fescue varied from 37 to 43% respectively for a measure at pasture or in indoor, whereas the DMd of sainfoin varied only by 1 unit (65.5 to 66.6 resp.). The rabbit's growth was 25% higher on the "sainfoin" pasture, while the total DM intake (pellets+grass) was similar to that of the group "fescue" (55 vs 56 g/j/lap.), but the protein intake was 25% higher for the "sainfoin" group. Soil intake was lower (P<0.05) on tall fescue meadow (1.3% of total DM intake or 1.9 g/d) in comparison to sainfoin (3.0% of total DM intake or 4.2 g/d). The smaller soil intake on pasture of tall fescue could be due to the better soil cover by grass forming a buffer between animals and soil, in comparison to the sparser sainfoin cover.

Introduction

L'un des principaux freins au développement de la cuniculture biologique (label AB) ou avec accès au pâturage, est le manque de références techniques, notamment sur l'ingestion de végétaux pâturés et leur digestibilité par le lapin (Roinsard *et al.*, 2013). De plus, pour obtenir une mesure précise de la digestion des nutriments (matière organique) il est nécessaire de connaître l'ingestion de sol (minéraux), qui par ailleurs peut contenir des contaminants

environnementaux pouvant nuire à la sécurité sanitaire de l'élevage.

L'estimation de l'ingestion de fourrage par les lapins a fait l'objet de très peu d'études: deux publications (Martin *et* al., 2016; Legendre et al., 2019) et une communication en congrès (Legendre et al. 2017 pour des mesures faites au printemps 2016). La présente étude a pour objectif de quantifier la digestibilité des végétaux pâturés et l'ingestion de sol chez le lapin à l'engraissement logé en cages-mobiles dans un système AB.

1. Matériel et méthodes

1.1. Conduite de l'étude au pâturage

L'essai a été conduit sur le domaine expérimental de l'Université de Perpignan, et en respect du cahier des charges pour la cuniculture biologique (MAAP 2010), en janvier 2015. 30 lapins ont été répartis (selon leur poids, et leur portée) au sevrage (48j. d'âge) en 2 groupes de 15. Un groupe a été placé sur une prairie pure de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*, F), l'autre groupe sur une prairie composée à 70% de sainfoin (*Onobrychis viciifolia*, S) et 30% de composées et de graminées. Les principales caractéristiques des prairies sont présentées dans le tableau 1. Les lapins n'ont pas eu accès au pâturage avant le sevrage. Ils ont été logés en cage-mobile de petite taille (voir figure 1) accueillant 3 lapins par cage à partir du sevrage et pendant 45 jours. Les cages-mobiles sont constituées d'un abri en bois (1x0,4=0,4m²), ainsi que d'une aire d'accès au pâturage de 1,2 m² (1x1,2=1,2m², soit 0,4 m²/lapin). Elles étaient déplacées quotidiennement, et une ration de 60 g/j/lapin d'aliment complet granulé (AB) a été distribuée au même moment (aucun refus de granulé, voir tableau 2 pour la composition chimique).

Tableau 1 : Principales caractéristiques des prairies

Pâture	F	S
Quantité de fourrages verts offerte		
t MS/ha	1,6±0,6	1,9±0,5
g MS/ kg $PV^{0,75}$*	43,1±14,2	49,6±12,0
NDF (%)	52,9	47,3
ADF (%)	27,6	31,1
Protéines brutes (%)	14,7	19,4

F = Fétuque élevée, S= Sainfoin (70%); *: mesure moyenne sur 8 semaines (48 à 100j d'âge).

Figure 1: Cages-mobiles de petite taille sur une prairie majoritairement composée de sainfoin

Tableau 2 : Composition chimique du granulé

	Granulé
Matière sèche (%)	86,5
NDF (%)	37,5
ADF (%)	21,2
Protéines brutes (%)	16,5
Matière grasse (%)	3,5
Energie digestible (MJ/kg)	9,6

1.2. Mesures de l'ingestion et de l'excrétion au pâturage

La période de mesure de digestibilité couvrait 2 périodes de 4 jours avec un intervalle de 3 jours soit : J33 à J37 puis J41 à J44 post-sevrage soit entre 76 et 87 jours d'âge. A l'issu d'une journée de pâturage, chaque cage-mobile a été déplacée en veillant à ne pas écraser les fèces, l'emplacement ayant été délimité auparavant (voir figure 2). Au sein de chaque emplacement, la totalité des fèces a été collectée à l'aide d'un aspirateur et « l'aspirat » a ensuite été trié, manuellement, afin d'écarter cailloux, feuilles, etc. (voir figure 3). Les fèces ont été pesées puis séchées (24h à 80°C, puis une moitié 24h à 103°C, l'autre moitié ayant été conservée pour analyse).

Figure 2 : Emplacement délimité après pâturage

Figure 3 : « Aspirat » avant le tri (gauche) et après

A J33, J37, J41 et J44, et pour les 10 cages, 2 échantillons de fourrage vert ont été constitués : l'un aux abords de la cage correspondant à l'offre, l'autre au niveau de l'emplacement de la cage et juste après son déplacement correspondant au refus. Les échantillons sont prélevés à l'aide d'une mini-tondeuse manuelle sur une surface de 0,25 m², au-dessus d'une hauteur de végétation de 3 cm. Les échantillons ont été pesés (quantité de fourrages en matière fraîche – MF), puis séchés 48h à 60°C. La différence entre la quantité offerte et la quantité refusée a été considérée comme l'ingéré sec. Les lapins ont également été pesés ces mêmes jours.

1.3. Essais hors-sol et calcul de la digestibilité

En parallèle de l'essai au pâturage, un autre essai a été conduits hors-sol, en cages grillagés pour déterminer la digestibilité d'une ration simulant celle proposée au pâturage (fourrage vert + granulé), la digestibilité du granulé seul (identique à celui de l'étude pâturage), et enfin celle du fourrage vert distribué seul (fétuque ou sainfoin pur, prélevés sur la même prairie que pour l'étude au pâturage). Pour chaque traitement, 8 lapins ont été suivis en cage individuelle munie d'un système de collecte fécale sous la cage. Les lots avec uniquement des fourrages verts n'ont pas pu être mis en place de façon contemporaine à la mesure au pâturage, mais en avril 2015. Pour ces différents groupes expérimentaux les lapins ont été nourris à volonté. La valeur de digestibilité obtenue "hors sol" pour le lot "granulé" a été utilisée pour estimer la digestibilité des deux types de fourrage mesurée au pâturage, compte tenu d'une ingestion fixe de granulé de 60g/jour et /lapin. Les valeurs de digestibilité mesurées "hors sol" pour chacun des deux fourrages séparés ont été ensuite comparées aux valeurs estimées par différence à partir des mesure "au pâturage".

1.4. Evaluation de l'ingestion de sol

L'estimation de l'ingestion de sol se base sur la méthode de Beyer *et al.* (1994) à partir du dosage d'un marqueur naturel du sol (les cendres insolubles à l'HCl - iHCl) dans les différents ingérés (aliment granulé et fourrages), dans le sol et les fèces, et de la digestibilité de l'ingéré total. Du sol superficiel a pâturées. Les analyses des iHCl ont été réalisées selon la méthode de van Keulen et Young (1977). Concernant la collecte des fèces, trois méthodes ont été utilisées : une simple aspiration, une aspiration suivie d'un lavage et un ramassage manuel.

1.5. Méthodes statistiques

Les données de digestibilité ont été étudiées par une analyse de variance avec comme effets fixes : le type d'essai (au pâturage ou hors-sol) et le fourrage testé (fétuque ou sainfoin) ou le fourrage testé et le type de ration (fourrage seul ou bien fourrages+granulés, suivi d'un test *post-hoc* (Scheffé). Les données zootechniques et de consommations au pâturage ont été analysées par analyse de variance en prenant en compte la prairie comme effet fixe.

2. Résultats et discussion

2.1. Digestibilité de la matière sèche (dMS)

Le tableau 3 présente les résultats de digestibilité de la matière sèche (dMS), en fonction de l'essai et de l'aliment testé. Par rapport à la fétuque, la digestion du sainfoin semble moins variable, et plus stable selon la condition de mesure (hors sol ou au pâturage). Néanmoins, les mesures de digestibilité au pâturage restent délicates, puisque sur l'ensemble des mesures réalisées (n=20), nous avons dû rejeter 20% des valeurs d'ingestion de fourrage vert pour des raisons de sous-estimations.

Tableau 3 : Résultats de digestibilité de la matière sèche (dMS) selon les conditions d'essais

Type de mesure	dMS %
Mesures au pâturage	
Fétuque+granulé	47,3 ± 4,9
Sainfoin+granulé	61,7 ± 3,0
Estimation au pâturage, granulé déduit	
Fétuque pâturée	37,3 ± 9,2
Sainfoin pâturé	65,5 ±5,8
Mesures hors sol	
Fétuque+granulé	54,7 ± 2,3
Sainfoin+granulé	62,7 ± 3,9
Granulé seul	57,9 ± 1,3
Fétuque consommée seule	43,4 ± 9,2
Sainfoin consommé seul	66,5 ± 3,6
Estimation hors sol, granulé déduit	
Fétuque	37,1 ± 13,2
Sainfoin	65,3 ± 8,0

La dMS de la fétuque élevée étudiée comme seul aliment est de 43,4% lors de la mesure hors-sol. Après calcul (granulé déduit), la dMS de la fétuque élevée s'élève à 37,1% pour une mesure hors-sol et à 37,3% au pâturage. La dMS du sainfoin étudié comme seul aliment est de 66,5%. Après calcul, la dMS du sainfoin est 65,3% pour une mesure « hors-sol » et de 65,5% au pâturage. Tant pour la fétuque que pour le sainfoin, la dMS calculée hors-sol ou au pâturage ne diffère pas (P=0,95). Alors que la dMS de la fétuque apparaît plus importante lorsqu'elle a été mesurée

"seule" qu'en condition de ration mixte (+6,2 pts), notre dispositif n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative (P=0,23). Ce décalage numérique peut provenir du décalage de 3 mois entre la mesure hors-sol et la mesure au pâturage. En effet, la digestibilité des légumineuses (comme le sainfoin) diminue moins vite dans le temps que celles des graminées (comme la fétuque élevée), leur composition chimique étant plus stable au cours d'un cycle de végétation (Baumont *et al*., 2016).

Nos résultats de dMS obtenus pour la fétuque élevée sont en accord avec Monk *et al.* (1989), qui ont déterminé une dMS de 40,5% pour de la fétuque élevée (distribué sous forme de bouchons déshydratés, 30,7% d'ADF), à des lapins adultes sauvages capturés et placés en cages grillagées. La digestion du sainfoin est relativement plus élevée (66%), et 70% supérieure à celle de la fétuque. Nos valeurs sont assez logiquement plus élevées que celles mesurées par Fernandez-Carmona et al. (1996) pour un foin de sainfoin plus fibreux (36% d'ADF).

L'ingéré d'herbe est similaire entre les 2 groupes et correspond à 50% de l'ingéré total sec (tableau 4). La croissance des lapins est 50% supérieure sur la pâture de sainfoin, alors que l'ingestion de MS est similaire, que ce soit pendant les mesures de digestibilité (55 à 56 g/j/lap.) ou sur l'ensemble de la période d'engraissement (63 g MS/j/kg $PV^{0,75}$, Legendre et al., 2019). Cet écart peut provenir d'une meilleure digestion du sainfoin mais aussi de son apport supérieur en protéines (+30%), par rapport à la fétuque. Ainsi, les lapins pâturant le sainfoin ont un apport de protéines brutes supérieur de 25% par rapport à ceux pâturant la fétuque (12,9 vs 10,9 g/j/lap, Legendre *et al.*, 2019).

2.2. Ingestion de sol

Tout d'abord, l'analyse des résultats a permis des précisions méthodologiques : la méthode de collecte des fèces impacte significativement la teneur en iHCl. En effet, ces concentrations se réduisent de 2,9% (±0,4) après une simple aspiration, à 2,0 (±0,8) pour une collecte par aspiration suivie d'un lavage, et seulement 1,6% (±0,5) après un ramassage manuel. Ainsi, un échantillonnage des fèces par aspiration surestime notablement la concentration du marqueur, même si elle est suivie d'un lavage des crottes. Seules les valeurs corrigées de ce biais peuvent donc évaluer l'ingestion réelle de sol, et donc la digestion de la ration, par les lapins pâturant en cages mobiles.

L'ingestion de sol est plus élevée pendant le pâturage de sainfoin (3% de l'ingéré total) en comparaison du pâturage de la fétuque (1,3% de l'ingéré total, P<0,01). La littérature ne rapporte aucune donnée sur le lapin. Néanmoins, Beyer *et al.* (1994) mentionnent des ingestions de sol de 2-3% pour quelques animaux sauvages relativement proches du lapin (campagnol des prés, marmottes). Néanmoins, des ingestions nettement plus élevées sont rapportées pour le lièvre de Californie (6,3% ; Arthur et Gates, 1988) ou l'opossum (9 4% ; Beyer et al, 1994). Ces écarts très notables peuvent s'expliquer par le mode d'alimentation de ces espèces : l'opossum recherche des vers dans la terre l'exposant ainsi fortement à l'ingestion de sol, contrairement à des espèces qui n'explorent *a priori* pas le sol (campagnol et marmotte). Sous cet angle, l'ingestion de sol par des lapins en cages mobiles sur une pâture de fétuque semble modeste et se range parmi les herbivores qui n'ont pas d'activité de fouisseurs (bovins et équins, Jurjanz *et al.*, 2012, 2019). Néanmoins, l'ingestion de sol sur une pâture de sainfoin, dépassant 4g par animal et jour, n'est plus si négligeable, notamment dans un contexte où le sol contiendrait des contaminants. Cette différence entre sainfoin et fétuque surprend, et peut être attribuée à une couverture du sol moins complète avec le sainfoin en comparaison à la pâture de graminée comme la fétuque.

Conclusions

Si la mesure de la digestibilité au pâturage permet d'évaluer la valeur nutritive de fourrage vert au pâturage c'est-à-dire dans les conditions réelles, elle soulève des problèmes méthodologiques, notamment par la difficulté et la variabilité des mesures d'ingestion de ces fourrages, et l'hétérogénéité floristique. Néanmoins, nos valeurs de digestion de la matière sèche au pâturage sont très comparables à celles réalisées "hors sol" en cage à métabolisme.

L'ingestion de sol par des lapins au pâturage en cage-mobiles est modeste mais non négligeable ; elle peut varier assez largement en fonction du type de pâturage.

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été soutenus par le département Phase de l'INRA (projet MarkPast), le comité INRA AgriBio4 (projet Cunipat) et le métaprogramme Gestion Intégrée de la Santé des Animaux de l'INRA "GISA-PROF". Les auteurs remercient l'association AVEM pour la fourniture de graines de sainfoin AB, C. Bannelier pour la réalisation des analyses chimiques, J. Lestum ainsi que les étudiants de l'IUT de Perpignan pour leur participation aux mesures.

Tableau 4 : Résultats zootechniques et consommations au pâturage*.

Pâture :	Fétuque	Sainfoin	*Signif. Stat*
Poids vif à 48j d'âge (sevrage), g	1367±184	1361±289	*0,92*
Poids vif à 100j. d'âge, g	2222±271	2569±379	*<0,05*
GMQ (48-100 jours)	20,0±4,0	29,3±5,6	*<0,05*
Ingéré sec d'herbe, g MS/j£	56,2±8,1	55,1±8,6	*0,85*
Ingéré sec d'herbe % de l'ingéré MS total	50,9	50,5	*0,88*
Ingestion de sol (% de l'ingéré MS total)	1,34 (±0,6)	2,97 (±0,6)	*<0,001*
Sol ingéré (g/animal et jour)	1,9 (±0,9)	4,2 (±1,0)	*<0,01*

£: valeur moyenne sur les 2 périodes de mesure de digestibilité (l'ingéré de granulé est constant: 54g MS/j)

Références

Arthur WJ, Gates RJ. 1988. Trace element intake via soil ingestion in pronghorns and in black-tailed jackrabbits. *J Range Management* 41, 162-166.

Baumont, R., Bastien, D., Férard, A., Maxin, G., Niderkorn, V. 2016. Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. *Fourrages,* 227, 171-180

Beyer NW, Connor EE, Gerould S 1994. Estimates of soil ingestion by wildlife. *Journal of Wildlife Management*. 58: 375-382.

Fernandez Carmona, J., Cervera, C., Blas, E., 1996. Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim Feed Sci Tech* 64, 61-75.

Jurjanz S, Feidt C, Pérez-Prieto LA, Ribeiro Filho HMN., Rychen G, Delagarde R 2012. Soil intake of lactating dairy cows in intensive strip-grazing systems. *Animal 6:* 1350-1359.

Jurjanz S., Collas C, Quish C, Younge B, Feidt C. 2019. Soil intake in grazing sport horses. *70th EAAP meeting, Ghent, Belgium, 26-30 August,* accepted

Legendre, H., Goby, J., Duprat, A., Gidenne, T., & Martin, G. (2019). Herbage intake and growth of rabbits under different pasture type, herbage allowance and quality conditions in organic production. *Animal*, 13, 495-501

Legendre, H., Goby, J.P., Lestum J., Martin, G., Gidenne, T., 2017. Quelle est la quantité d'herbe ingérée par un lapin "AB" pâturant de la fétuque ou du sainfoin? *17èmes Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France,* 193-196.

Martin, G., Duprat, A., Goby, J.P., Theau, J.P., Roinsard, A., Descombes, M., Legendre, H., Gidenne, T., 2016. Herbage intake regulation and growth of rabbits raised on grasslands: back to basics and looking forward. *Animal* 10, 1609-1618.

Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche (MAAP), 2010. Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n° 834/2007 du Conseil et (CE) n° 889/2008 de la Commission.

Monk, K. A. (1989). Effects of diet composition on intake by adult wild European rabbits. *Appetite*, 13(3), 201-209.

Roinsard, A., Lamothe L., Gidenne T., Cabaret J., Van der Horst F., 2013. Etat des lieux des pratiques et des besoins de recherche en élevage cunicole biologique. *Colloque DinABio 2013. p 155-156. ITAB, Tours (France).*

Van Keulen J, Young BA 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestion studies. *Journal of Animal Science* 44: 282-287.

Influence de métabolites dérivant de la fermentation de 2 souches de lactobacilles distribués en maternité sur les performances de reproduction et de croissance du lapin

Malabous A.[1], Robert D.[2], Barotin.L.[2], Prigent A.Y.[3], Van Lissum M. [1], Colin M.[1]

[1]Copri SARL, Coat Izella N°2, 29830 - Ploudalmézeau (France) – Email : copri@wanadoo.fr
[2]STI Biotechnologie, ZA du Coglais, 35460 – Maen Roch (France)
[3]Earl 3L, Coat Izella N°4, 29830 - Ploudalmézeau (France)

* correspondant : copri@wanadoo.fr

Résumé – Cent soixante lapines dans un premier cycle de reproduction puis cent dix-sept dans un second ont été réparties entre 2 traitements, un témoin et l'autre consistant à distribuer un aliment contenant 1,3 kg / tonne de Metalac, un produit de fermentation de 2 souches de lactobacilles, *Lactobacillus farciminis* CNCM-I-3699 et *Lactobacillus rhamnosus* CNCM-I-3698 regroupant à la fois les métabolites et les micro-organismes. L'essai a consisté à étudier les performances de reproduction de ces lapines ainsi que les résultats en engraissement de leurs issus qui ont tous reçus le même aliment entre le sevrage et la vente (35-70 j.) quelque soit l'aliment maternel. Malgré un effectif plus élevé à la naissance pour le lot témoin, une plus grande homogénéité des lapereaux à 2 jours a permis à l'éleveur d'avoir un pourcentage de tri plus faible pour les lapereaux du lot Métalac que pour les témoins. Il en résulte un effectif au sevrage très hautement significativement plus élevé (+0,15 lapereaux/ portée) pour les lapereaux du traitement Metalac. Dans le même temps, les poids au sevrage des lapereaux et des portées ont été plus élevés avec le Métalac (respectivement +30 grammes et + 406 grammes). Les mortalités avant sevrage ont été similaires pour le 2 lots. La distribution de Métalac en maternité n'a pas eu d'influence significative sur la mortalité et la croissance de leurs issus au cours de leur engraissement, mais le poids à 70 jours a été légèrement plus élevé (+ 19 grammes). Les consommations et l'efficacité alimentaire n'ont pas été affectées. Le rendement à l'abattage a été améliorés de +0,8 point pour les lapins ayant reçu l'aliment Métalac en maternité avec leur mère.

Abstract –Influence of metabolites issued from 2 strains of lactobacillus on the performances of reproduction and of growth of the rabbit. One hundred sixty does in a first reproduction cycle and one hundred seventeen in a second one are split between 2 treatments, a control one and the other one with a feed containing 1,3 kg / ton of Métalac, a product of fermentation of 2 strains of lactobacillus, *Lactobacillus farciminis* CNCM-I-3699 and *Lactobacillus rhamnosus* CNCM-I-3698 gathering simultaneously the metabolites and the microorganisms. The test consists to study the reproduction performances of these does and the results on growing – fattening performance of their offspring's which receive a unique feed between weaning and slaughter (70 d.). Even with an higher prolificacy for the control group, the better homogeneity of the "2 days olds rabbits" in the Métalac group has enabled to the breeder to get a lower initial elimination rate for this group than for the control ones. Consequently, the number of weaned rabbits / litter is very highly significantly higher for the Metalac treatment (+0,15 /litter). The mortalities before weaning were not modified. Simultaneously, the weights at weaning of the rabbits and of the litters are heavier (respectively +30 grams and + 406 grams) with the Metalac. Concerning the growing – fattening period, the Metalac distribution to the does before weaning failed to modify the mortality and the growth of their offspring's. However, the 70 days weight remains higher (+ 19 grams). The feed intakes and feed conversion ratio were not modify. The slaughter yields was improved by+0, 8 point for rabbits which received the Métalac before weaning.

Introduction

Les probiotiques définis comme des microorganismes montrant un effet bénéficiaire sur la santé de l'animal les ingérant (Füller, 1989) ont fait l'objet de très nombreuses études en nutrition animale. Parmi ceux-ci, des produits issus de certaines souches de différents lactobacilles apparaissent efficaces chez le Porc au niveau de la prévention des diarrhées, de l'atténuation des effets du stress, de la modulation de l'immunité et donc de l'amélioration globale des performances (Hou *et al*, 2015). Ce type de bactéries n'a cependant fait l'objet que d'un nombre limité d'études chez le lapin (Maertens *et al*, 2006), peut être en raison de leur absence du contenu digestif chez le lapin sain (Combes *et al*, 2011). Métalac est un mélange des produits de fermentation de 2 souches de lactobacilles, *Lactobacillus farciminis* CNCM-I-3699 et *Lactobacillus rhamnosus* CNCM-I-3698 regroupant à la fois les métabolites et les micro-organismes et commercialisé par la société STI. L'efficacité de ce type de mélange a été démontré sur le contrôle des *Brachyspira* chez le Porc, grâce aux propriétés agrégatives et coaggrégatives de ces lactobacilles (Bernardeau *et al.*, 2007) ainsi que par leurs effets barrière et immunostimulant (Bernardeau *et al.*, 2001 ; 2008). Par contre, aucune information n'est disponible pour le lapin. Le présent travail vise

donc à rechercher si l'incorporation de ce produit dans l'alimentation des lapines reproductrices améliore leurs performances et celles de leurs lapereaux.

1. Matériel et méthodes

1.1. Généralités

Ce travail réalisée à l'Earl 3L a consisté à étudier les effets de l'incorporation dans l'aliment maternité d'un produit issu de lactobacilles, le Métalac (STI Biotechnologie) sur les performances des lapines en reproduction et sur la croissance des lapereaux qui en sont issus. Elle s'est déroulée sur 2 cycles de reproduction successifs représentant pour le premier 173 lapines et pour le second 117 (tableau 1) se déroulant entre mars et aout 2015.

1.2. Animaux

Les lapines correspondant au croisement Hyplus étaient logées en cages individuelles et conduites en bande avec un intervalle entre mise-bas de 42 jours dans des conditions déjà décrites (Savietto et al., 2015). Pour le premier cycle, elles ont été réparties entre les aliments expérimentaux 10 jours avant la mise-bas. Deux jours après la mise-bas, un tri a été effectué par l'éleveur pour éliminer les lapereaux jugés petits ou chétifs. Les lapereaux ont été sevrés à 35 jours et élevés ensuite par 5 en cages collectives (Teillet *et al.*, 2011). Ils ont été commercialisés à 72 jours et abattus par l'abattoir Lœul et Piriot à Thouars.

1.3. Aliments

Les aliments ont été fabriqués à l'EARL 3L pour la maternité et à l'usine SODIVA de Rennes pour l'engraissement selon les formules figurant au tableau 1.

Tableau 1 : Formules de base des aliments.

	Maternité	Engraissement
Tourteau de tournesol	35,0	31,0
Avoine	15,0	3,0
Graine de colza	13,5	2,0
Pulpe de betterave	8,0	24,0
Citrus	-	4,0
Féverole	8,4	-
Tradi-lin®	3,0	3,0
Maïs	5,0	-
Blé	-	3,0
Son	-	10,0
Mélasse de canne	-	7,0
Luzerne déshydratée	-	8,0
Pulpe de raisin	-	4,0
Concentré fibreux	4,0	-
Arbocel	1,0	0,5
Concentré acides aminés, minéraux et vitamines	7,0	-
Prémix	-	0,50
DHA végétal	0,1	-
TOTAL	***100,0***	***100,0***

Pour le lot Métalac, ce produit a été incorporé à raison de 1,32 kg / tonne uniquement dans l'aliment de maternité. L'aliment engraissement était identique pour les 2 lots. Aucun antibiotique n'a été distribué ni en maternité ni en engraissement par aucun mode que ce soit (aliment, eau, injection). Les 2 aliments maternité (Témoin et Métalac*)* étaient supplémentés par un mélange *d'Uncaria tomentosa* et d'huile essentielle d'*Eucalyptus* (Colin et al., 2013).

Tableau 1bis : Caractéristiques nutritionnelles des aliments

Aliment	Maternité	Engraissement
Humidité (%)	10,9	12,5
Protéines (%)	17,2	14,8
Matières grasses (%)	8,5	3,3
Cellulose brute (%)	16,4	17,9
ADL (%)	5,6	6,0
Cendres (%)	11,5	7,9
Energie digestible (kcal / kg)	2 482	2 360
Lysine (%)	0,86	0,67
Méthionine + cystine (%)	0,70	0,62

1.4. Critères mesurés

Au niveau de la maternité, ont été mesurés les effectifs de portée à la naissance (nés vivants et nés morts), à 2 jours d'âge (après le tri), à 8 jours et au sevrage, permettant de déterminer le pourcentage de tri à 2 jours ainsi que les mortalités aux différents stades. Les lapins ont été pesés au sevrage.

En engraissement, les mortalités ont été relevées quotidiennement et les lapins pesés au sevrage, à 46 et 70 jours.

L'indice de consommation économique a été calculé à partir de la quantité d'aliment consommé et du gain de poids global des animaux entre le sevrage et la vente. L'indice de consommation technique a été calculé pour les seuls animaux présents à la vente en utilisant une méthode de calcul déjà présentée (Teillet *et al*., 2011). Les rendements à l'abattage ont mesurés selon la méthode de Lœul et Piriot.

1.5. Analyses statistiques

Des analyses de variances ont été effectuées pour étudier les effectifs de portée, les poids, les gains de poids, les rendements à l'abattage ainsi que les mortalités après transformation booléenne des données individuelles afin de prendre en compte l'effet cycle de reproduction en attribuant la valeur 1 aux lapins morts et la valeur 0 aux lapins vivants (Teillet *et al*, 2011).

2. Résultats et discussion

2.1. Maternité

L'effectif à la naissance est très hautement significativement plus élevé pour le lot témoin sans que l'on puisse expliquer cette différence (tableau 2). Dans la première répétition, la distribution des aliments expérimentaux a en effet été trop tardive par rapport à la mise-bas pour qu'un effet sur la fertilité puisse être envisagé et un effet sur la mortalité embryonnaire est peu probable compte tenu du nombre d'observations terrain réalisées en production porcine où le Métalac parait au contraire améliorer la fertilité (Robert communication personnelle). La mortinatalité n'a pas été affectée par les traitements. Par contre, le taux de tri a été très hautement significativement plus faible pour le lot Métalac que

pour le lot témoin, conduisant à un effectif après tri hautement significativement plus élevé pour le Métalac. Cette différence est identique pour les 2 répétitions et est à mettre en relation avec l'observation par l'éleveur d'une plus grande homogénéité et d'une plus grande qualité des lapins issus du lot Métalac. Un écart identique se retrouve au niveau des effectifs à 8 jours et au sevrage. En moyenne, le Métalac a permis de sevrer 0,15 lapin de plus par portée. La mortalité avant sevrage n'a pas été affectée par les traitements expérimentaux. Le poids au sevrage était très hautement significativement plus élevé dans le lot Métalac conduisant à un poids global de portée supérieur d'environ 5 % avec ce lot comparé au témoin (tableau 2). Cette observation est d'autant plus remarquable que le nombre de lapereaux par portée était plus élevé; elle est probablement à mettre en relation avec une meilleure assimilation du lait par les jeunes lapereaux comme observé chez le porcelet avant sevrage et immédiatement après le sevrage (Hou *et al*, 2015).

Tableau 2 : Résultats en maternité

		Témoin	Métalac	Ecart- type résiduel	Proba.
Effectif par portée	Nés totaux	12,43	11,87	0,95	<0,001
	Nés vivants	11,86	11,25	0,93	<0,001
	Nés morts	0,57	0,62	1,16	0,320
	Après tri	9,27	9,54	0,36	<0,001
	8 jours	9,26	9,46	0,38	<0,001
	Sevrage	8,71	8,86	0,50	0,009
Mortinatalité (%)		4,60	5,20		0,650
Pourcentage de tri (%)		21,31	15,05		<0,001
Mortalité (%)	Tri - 8 jours	0,73	1,00		0,442
	8 jours - sevrage	5,96	6,33		0,691
	Tri - sevrage	6,69	7,33		0,513
Poids au sevrage (Grammes)	Lapereaux	916	946	83	<0,001
	Portées	7 975	8 381	809	<0,001

2.2. Effets résiduels en engraissement

Dans cet essai, la mortalité à l'engraissement était nettement plus élevée que celle habituellement observée dans cet élevage (tableau 3) (Minetto *et al.*, 2019). Elle n'a pas été modifiée par les traitements expérimentaux.

Le poids moyen individuel à la vente a eu tendance à être légèrement plus élevé (+19 grammes) pour les lapins provenant des lapines ayant reçu le Métalac en maternité (P = 0.10) mais la différence était moins importante qu'au sevrage, conséquence probable d'une croissance compensatrice. Le gain de poids quotidien n'a pas été significativement modifié.

Les indices de consommation économique et technique, ainsi que la quantité d'aliment consommée par lapin vendu n'ont pas été différents d'un régime à l'autre.

Le rendement à l'abattage était très hautement significativement plus élevé pour les lapins dont les mères avaient reçu le Métalac que pour les lapins témoin, démontrant qu'un traitement en maternité peut avoir un effet sur ce critère économiquement important, point qui semble ne pas avoir été signalé jusqu'alors (Pertusa *et al.*, 2014). Cela mérite donc une confirmation ultérieure. S'il se confirme, il peut être mis en relation avec les observations de Riberczyk *et al.*, (2016) signalant que certains lactobacilles diminuent la perte d'eau de la viande de porc lors du ressuage. Enfin, les pourcentages de lapins saisis ont été similaires pour les 2 traitements.

Tableau 3 : Effets résiduels des traitements en maternité sur les performances en engraissement et à l'abattage

	Témoin	Métalac	Ecart-Type résiduel	Proba.
Nombre de lapins	983	997		
Mortalité sevrage - vente (%)	17,6	18,4		0,692
Poids à la vente (grammes)	2,408	2,427	0,24	0,100
GMQ sevrage - vente (g / j)	42,1	41,7	6,6	0,230
IC économique	3,57	3,52		
IC technique	2,82	2,83		
Consommation d'aliment / lapin vendu (kg)	4,20	4,19		
Rendement à l'abattage (%)	54,2	55,0	2,4	<0,001
Taux de saisie (%)	0,97	1,09		0,982

Conclusion

Cet essai démontre qu'une incorporation de 1,3 kg / tonne d'un produit issu de lactobacilles, le Métalac dans les aliments maternité permet de sevrer plus de lapins et que ceux-ci sont très hautement significativement plus lourds au sevrage. On confirme donc chez le lapereau avant sevrage les effets des lactobacilles observés chez les jeunes mammifères **(**Hou et al, 2015). La mortalité en engraissement n'a pas été modifiée par les traitements. Globalement, l'utilisation de Métalac en maternité augmente le nombre de lapins commercialisables. Le poids à la vente était légèrement supérieur pour les lapins dont la mère avaient reçu du Métalac dans l'aliment même si la différence à ce stade est moins forte qu'au sevrage (conséquence probable de la croissance compensatrice). L'efficacité alimentaire n'est pas affectée. Par contre, on observe une amélioration du rendement à l'abattage de 0,8 point alors que les animaux ont reçu le même aliment en engraissement. Au delà de l'intérêt économique de ce résultat, il s'agit d'une des premières observations d'un effet de l'aliment maternité sur le rendement à l'abattage, qui nécessite une confirmation expérimentale ultérieure.

Références

Bernardeau M., Gueguen M., Vernoux J.P. 2001. Usefulness of epifluorescence for quantitative analysis of lactobacilli in probiotic feed. *J. Applied Microbiology., 91, 1103-1109.*

Bernardeau M., Gueguen M., Vernoux J.P. 2008. Effects of agregation and coagregation properties of two lactobacilli on *Brachyspira SPP. 4th conference on colonic spirichaetal infection in Animal and Human, Prague (République tchéque), 20-22 mai 2007.*

Bernardeau M., Gueguen M., Vernoux J.P. 2008. *In vitro* evaluation of probiotic potential of two heat-inactived Lactobacilli cells for feed supplementation. *Proceedings of the 20th Congress, Durban (South Africa),22-26 June 2018.*

Colin M., Licois D., Prigent A.Y. 2013. Etude quantitative et qualitative des excrétions oocystales d'Eimeria dans un élevage de lapins utilisant différentes stratégies de prévention contre les coccidies. *15èmes Journées de la recherche cunicole. Le Mans (France). 19-20 novembre*

Combe S., Fortun Lamothe L., Cauquil L;, Guidenne T. 2011. Piloter l'écosystème digestif du lapin: pourquoi, quand et comment ?. *14èmes Journées de la Recherche cunicole, Le Mans (France), 22-23 Novembre 2011, 33-48.*

Füller R;, 1989. Probiotics in man and animals. J.*App.Bacteriol, 66, 365-378.*

Hou C.L., Zeng X.F;, Yang F.J. Liu H.,Quiao S.Y., 2015.Study and use of the probiotic Lactobacillus in pig: a review. *J. Anim. Sci. Techn*, 6,14.

Maertens L., Falcao-e-Cunha L., Marounek M. 2006. Feed additives to reduce use of antibiotics. *Advances in rabbit science, Plot-it-bvta édr, Merelbeke (Belgique), 259-266.*

Pertusa M., Roy P., Fontoniaud J., Lebas F., 2014. Quelques facteurs d'élevage influençant le rendement à l'abattage du lapin de chair. *Cuniculture, 41, 27-32.*

Riberczyk R., Rimanowski H., Karamucki T., Ligocki M. 2016. The effect of Bogashi probioticon pig carcass characteristics and meat quality. *Fleisch Wirstschaft international, 2016, 1.*

Savietto D., Prigent A.Y., Gidenne T., Combes S., Zemb O., Fortun Lamothe I. 2015. Intérêts et limites de fèces dures dans le nid sur la santé des lapins. *16èmes Journées de la recherche cunicole, Le Mans (France), 24-25 Novembre 2015, 203-206.*

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

Caractérisation et évaluation du potentiel prébiotique apporté par le galactomannane extrait du fenugrec chez le lapin en croissance.

Zemzmi J.[1,2], Rodenas L.[1], Blas E.[1], Martínez-Paredes E.[1], López-Lujan M.C.[1], Moya J.[1], Najar T.[2], Pascual J.J.[1].

[1]Institute for Animal Science and Technology, University Politécnica de Valencia; Valencia, Spain
[2]National Agronomic Institute of Tunisia, University of Carthage, Tunisia
E-mail : zemzmijihed@gmail.com

* correspondant : zemji@doctor.upv.es

Résumé – En tant que moyen de réduire l'utilisation des antibiotiques au niveau de l'élevage industriel de lapin de chair, le galactomannane (GM) extrait de fenugrec (*Trigonella foenum-graecum)*, a été proposé comme une fibre soluble susceptible d'avoir un effet prébiotique. Pour qualifier une fibre soluble comme un prébiotique, il faut qu'elle satisfasse trois conditions : la non-digestibilité par les enzymes de l'estomac et de l'intestin grêle, la haute fermentescibilité au niveau de cæcum, et la stimulation sélective de l'activité microbienne. Dans ce contexte, on a fait l'extraction aqueuse du GM à partir des graines de fenugrec produite en Tunisie. Dans un premier essai pour tester la non-digestibilité et la fermentescibilité, le GM et deux concentrés commerciaux [supplémenté par 10% de fibre soluble (FS) ou lignine (LIG)] ont été soumis à la digestion par la pepsine et la pancréatine suivie par une fermentation avec un inoculum cæcal. Dans un deuxième essai, on a étudié l'effet de l'incorporation de trois niveaux croissants de galactomannane (0 ; 0,25 et 0,5%) dans l'aliment du lapin sur la digestibilité des fractions fibreuses. Le GM de fenugrec est caractérisé par une pureté de 69% et un ratio de galactose/mannose de 1,06. La majorité de la quantité ingérée du GM (83,6 %) échappe à la digestion *in vitro* par la pepsine et la pancréatine. Le GM est totalement fermenté par l'inoculum cæcal contribuant à une forte production d'acides gras volatils (46,10 mmol/L) ainsi qu'une faible concentration en azote ammoniacal (27,04 mg/L). Le GM pourrait améliorer la digestibilité de la fraction fibreuse spécialement celle de la « fibre neutre détergente » (ADF). En conclusion, le GM satisfait deux propriétés du potentiel prébiotique, mais il reste à étudier son effet sur le microbiote cæcal pour le présenter comme un ingrédient à effet prébiotique pour le lapin.

Abstract – Characterization and evaluation of the prebiotic potential provided by the galactomannan extracted from fenugreek in growing rabbit. Searching alternatives to antibiotics in the industrial meat rabbit breeding, galactomannans (GM) extracted from fenugreek seeds (*Trigonella foenum-graecum*) has been proposed as a soluble fiber that may have prebiotic effect. To qualify a soluble fiber as prebiotic, it must satisfy three conditions: non-digestibility by stomach and intestinal enzymes, high fermentability by ceacal bacteria, and selective stimulation of the microbial activity in the hindgut. In this context, the aqueous extraction of galactomannan was made from fenugreek seeds produced in Tunisia. In a first trial to test the non-digestibility and fermentability, the GM and two commercial rabbit's feeds [supplemented with 10% soluble fiber (FS) or lignin (LIG)] were subjected to digestion by pepsin and pancreatin followed by fermentation with a cæcal inoculum. In a second trial, the GM was included in a rabbit diet at three levels (0, 0.25 and 0.5%), and its effect on fibrous fractions digestibility was studied. According to our results, fenugreek GM was characterized by a purity of 69% and a galactose/mannose ratio of 1.06. Most of the ingested GM (83.6%) escapes *in vitro* digestion by pepsin and pancreatin. GM is fully fermented by cæcal inoculum contributing to a high production of volatile fatty acids (46.10 mmol/L) and a low ammonia nitrogen concentration (27.04 mg/L). GM may improve the digestibility of the fiber fraction especially that of the neutral detergent fiber. In conclusion, GM from fenugreek satisfies two properties to be considered as a prebiotic, however, its effect on rabbit's cæcal microbiota needs to be studied to be qualified as a functional soluble fiber with a prebiotic effect in rabbits.

Introduction

Les souches commerciales de lapins sont fréquemment exposées à différents problèmes sanitaires, comme les troubles digestifs entre la 4ème et la 10ème semaine d'âge. Le signe clinique le plus courant est la diarrhée (Belli et al., 2008), ce qui conduit les éleveurs à appliquer des traitements antibiotiques. Beaucoup d'alternatives sont proposées aux éleveurs pour éviter ou réduire l'utilisation des antibiotiques. Parmi ces alternatives on cite : les enzymes, les acides organiques, les probiotiques et les prébiotiques (Falcao et al., 2007). Les prébiotiques sont des oligosaccharides qui ne sont pas digérés par les enzymes gastro-intestinales, mais ils ont la propriété de stimuler sélectivement la multiplication

de certaines espèces microbiennes. Ils pourraient donc jouer un rôle primordial sur la santé et les performances de l'animal, en améliorant sa nutrition et sa réponse immunitaire (Burn et al., 2009 ; Patterson et Burkholdee, 2003). Le fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*) est une plante produite localement en Tunisie qui est considérée comme une épice. Selon la méthode enzymatique de détermination de la teneur en fibres totales décrite par Asp et al (1983), les graines de fenugrec contiennent 52% de fibres totales dont 31% sont des fibres solubles (Madhava Naidu et al., 2011), dont le composant majoritaire est le galactomannane (Majeed et al., 2018; Jiang et al., 2007). Susceptibles d'avoir un effet prébiotique, les galactomannanes (GM) ont été testés chez les rats, les volailles, les porcs, et sur le lapin comme un modèle de laboratoire mais pas en élevage commercial. Notre travail présente les résultats de l'évaluation *in vitro* et *in vivo* de galactomannane extrait de fenugrec, comme une fibre soluble possédant un potentiel prébiotique chez le lapin en croissance.

1. Matériel et méthodes

1.1. Extraction et caractérisation du GM

Les graines de fenugrec ont été achetées au marché hebdomadaire de Tunis, nettoyées, broyées à un diamètre inférieur à 2 mm, dégraissées dans un mélange d'hexane et d'isopropanol (3/2, V/V), filtrées et le résidu a été trempé dans 10 fois son volume d'eau distillée durant 24 h, puis filtré à l'aide d'un tissu nylon de 40 µm de porosité. Le filtrat a été précipité par l'éthanol 95° (1/1, V/V), filtré, lavé avec de l'acétone et congelé à -20°C pour être ensuite lyophilisé et broyé, jusqu'à obtenir une poudre blanche fine qui est la gomme (GM) de graine de fenugrec. La composition chimique de la gomme a été déterminée selon les procédures de l'AOAC (2000), Van Soest et al. (1991) et Dumas (2009). La teneur en fibres totales est déterminée en utilisant la digestion enzymatique suivant la méthode décrite par Lee et al (1992) et Prosky et al (1988, 1992). La composition en monomère des sucres a été déterminée par chromatographie des sucres suivant la méthode de PNT-MF-144 (HPLC-Indice de réfraction).

1.2. Digestion enzymatique

Deux aliments ont été préparés à partir du même aliment commercial granulé de base (tableau 1), l'un enrichi en fibres solubles (FS ; avec 10% de pulpes de betterave et autre enrichi en lignines (LIG ; avec10% de pépins de raisin). Le GM de fenugrec, ainsi que les deux concentrés enrichis LIG et FS ont été soumis à la digestion *in vitro* par le couple d'enzymes pepsine et pancréatine selon la méthode de Ramos et Carabaño (1996). La digestion a été réalisée à l'aide du dispositif Daisy Incubateur (Ankom tech), où 0,5±0,005 g de chaque substrat ont été pesé dans des sacs ANKOMF57. L'incubation avec la pepsine dure 2h à 40°C, et celle avec la pancréatine dure 3h et 30min à 40°C, en agitation continue. La composition chimique des concentrés FS et LIG et de ses résidus indigestibles (RI_{FS} et RI_{LIG}) après la digestion enzymatique a été mesurée (tableau 3). Les analyses du laboratoire confirment que l'aliment LIG est plus riche en lignines, par contre ce n'est pas le cas pour la teneur en fibres solubles (TDF-NDF) (tableau1).

Tableau 1: Composition chimique en %MS de l'aliment enrichi en fibres solubles (FS) or lignines(LIG) et de galactomannane (GM) et leurs résidus indigestibles (RI) après digestion par la pepsine et la pancréatine

	FS	RI_{FS}	LIG	RI_{LIG}	GM	RI_{GM}
Humidité (%)	10,4	4,4	10,5	4,3	8,7	7,8
MAT	16,8	11,3	16,9	10,6	22,3	16,4
NDF	40,1	66,0	41,5	68,5	73,1	-
ADF	20,4	35,9	23,1	40,1	13,3	-
ADL	2,8	6,5	6,6	12,7	-	-
TDF	48,9	-	47,4	-	-	-
Pureté	-	-	-	-	68,8	52,5
G/M	-	-	-	-	1,1	1,2

RI_{FS} : résidu du FS indigestible par la pepsine et la pancréatine, RI_{LIG} : résidu du LIG indigestible par la pepsine et la pancréatine, RI_{GM} : résidu du GM indigestible par la pepsine et la pancréatine TDF : fibre totales, G/M : le galactose/mannose

1.3. Fermentation in vitro du résidu non digestible par la pepsine et la pancréatine

La fermentation *in vitro* a été réalisée selon la technique de Fernández-Carmona et al. (1993). L'inoculum cæcal a été prélevé sur 5 lapins nourris avec l'aliment de base dès leur sevrage. Les lapins ont été sacrifiés à 49 jours d'âge, leur contenu cæcal a été collecté, puis mélangé. Ensuite 400 g du mélange ont été mixés avec la salive artificielle, puis filtrés et centrifugés à 6000 tpm durant 10 min, puis le surnageant a été transvasé dans une fiole et a été ajusté à 2 L avec la salive artificielle (sous CO_2 à 38°C). Ensuite, on a introduit 0,7 g de résidu indigestible et 50 ml d'inoculum cæcal, maintenu sous CO_2 à 38°C pendant 48h en agitant régulièrement. À la fin de l'incubation, la fermentation a été arrêtée en plaçant les fioles dans un bain glacé. Parallèlement, on a déterminé : la pression (avec un baromètre), la concentration en méthane (CH_4), le pH, les concentrations en acides gras volatils (AGV ; par chromatographie en phase gazeuse) et en azote ammoniacal ($N\text{-}NH_3$), ainsi que le poids de résidu sec.

1.4 Digestibilité in vivo

L'aliment concentré commercial pour lapins en engraissement était à base de luzerne, tourteau de soja, son de blé, orge et d'un composé minéral vitaminé, sa la composition chimique est présentée par le tableau 2. A partir de cet aliment, trois aliments expérimentaux ont été fabriqués. Ils diffèrent selon le niveau d'inclusion de GM (0,0 - 0,25 et 0,5%). Ces aliments ont été distribués à trois groupes de 10

lapereaux logés dans des cages individuelles dès le sevrage (31 jours d'âge). Dix lapereaux par traitement ont été utilisés pour le contrôle de l'ingestion et la mesure de la digestibilité apparente de la matière sèche (MS), la matière azotée totale (MAT), les fibres insolubles dans le détergent neutre (NDF), les fibres insolubles dans le détergent acide (ADF). La collecte des fèces a été faite durant deux périodes de quatre jours : du 38e aux 41e et du 56e aux 59e jour. La composition chimique de l'aliment et de la matière fécale a été déterminée selon les procédures AOAC (2000) et Van Soest et al. (1991).

1.5. Analyses statistiques

L'essai de la digestion enzymatique et de la fermentation cæcale a été répété 3 fois. Et l'effet "répétition" a été inclus dans le modèle. Les données ont été analysées avec une procédure GLM de SAS (1996). Pour les données de la fermentation *in vitro* le modèle comprenait le traitement et le lot, comme effets fixes, et pour les données d'ingestion et de digestibilité *in vivo* le modèle considèrait seulement le niveau d'inclusion de GM.

Tableau 2. Composition chimique de l'aliment de base utilisé dans la digestibilité in vivo (% MS).

MS	MO	MAT	MG	NDF	ADF	ADL	TDF	Amidon
90,3	89,8	17,1	2,6	39,1	24,6	3,3	46,0	12,4

MS: matière sèche; MO: matière organique; MAT: matières azotées totales; MG: matières grasses ; TDF: fibre totale.

2. Résultats et discussion

La composition chimique de la gomme de graines de Fenugrec (GM), (tableau 1) contient près de 70% de galactomannanes, contre 63% selon Majeed et al. (2018). Ces galactomannanes se caractérisent par un ratio galactose/mannose proche de 1, en accord avec Brummer et al. (2003). Après la digestion enzymatique, la pureté du GM (RI_{GM}) est réduite à 53%, ce qui suggère que 84 % échappent à la digestion intestinale. En parallèle, la concentration en protéines brutes de GM est réduite d'environ 30% par la digestion enzymatique *in-vitro*.

À la fin de l'incubation (tableau 3), le RI du GM (RI_{GM}) présente une pression de 2,0 contre 1,5 et 1,3 mbar pour les RI des aliments FS (RI_{FS}) et le LIG (RI_{LIG}). Sa production d'AGV est deux et trois fois supérieure à celle de RI_{FS} et RI_{LIG}, respectivement. Ces deux résultats supportent l'hypothèse que le GM contribue à une forte fermentation au niveau du cæcum donnant lieu à la production des AGV. Par contre, le RI_{GM} contribue à une production des N-NH_3 trois fois inférieure à celle du RI_{FS} et quatre fois inférieure à celle du RI_{LIG}. Ceci pourrait être expliqué par une forte croissance microbienne qui nécessiterait une forte absorption d'ammoniaque comme source d'azote pour sa croissance et son activité, en accord avec Stewart et al. (1993) et Williams et al. (2000). À la fin de la fermentation, seuls 1,6% de RI_{GM} n'ont pas été dégradés contre 59 et 66 % pour RI_{FS} et RI_{LIG}, respectivement. Ceci suggère que le GM serait fermentescible en quasi-totalité dans le cæcum, et donc qu'il serait identifiable comme prébiotique.

L'effet de l'inclusion du GM sur la digestion fécale *in-vivo* n'est pas significatif sur la digestibilité de la MO et de la MAT. Par contre on note comme le montre le tableau 4, une augmentation de 2,52 et de 2,62% au niveau de la digestibilité apparente des NDF et des ADF respectivement pour 0,5% de GM. Cette amélioration au niveau de la digestibilité des fractions fibreuses même si elle semble importante n'est pas statistiquement significative.

Tableau 3: Les paramètres de fermentations des résidus indigestibles (RI) de GM et les aliments FS et LIG.

	pH	Pression (mbar)	N-NH_3 (mg/mL)	AGV (mg/mL)	RNF (%)
RI_{FS}	$6,2^b$	$1,5^b$	$89,4^b$	$21,3^b$	$58,9^b$
RI_{LIG}	$6,3^c$	$1,3^a$	$102,4^c$	$16,3^a$	$66,5^c$
RI_{GM}	$5,7^a$	$2,0^c$	$27,0^a$	$46,1^c$	$1,6^a$
ETM	0,03	0,03	6,29	3,31	0,71
$P_{Aliment}$	***	***	***	***	***
$P_{Répitition}$	***	***	**	ns	***

a, b, c les moyennes que ne partagent pas les mêmes indices sont différentes significativement (P<0.05). RNF: résidu non fermenté. ETM : erreur type de la moyenne. **P<0,01; ***P<0,001 ; ns , non significatif.

Tableau 4 : Effet de l'incorporation du GM sur la digestibilité de la MO, MAT, NDF et ADF

	Niveau du GM				
Digestibilité	0,0	0,25	0,50	ETM	P *value*
MO	52,8	54,2	52,6	0,7	0,27
MAT	63,4	65,8	64,7	1,0	0,27
NDF	20,9	22,4	23,4	1,0	0,24
ADF	5,7	6,2	8,3	1,2	0,27

MO : matière organique, MAT : matière azoté totale, NDF : les fibres insolubles dans les détergents neutres, ADF : les fibres insolubles dans les détergents acides. ETM : erreur type de la moyenne

Conclusions

La gomme extraite de graines de fenugrec satisfait les deux premières propriétés qui caractérisent une fibre soluble comme un prébiotique. Elle est constituée majoritairement de galactose et de mannose (avec un ratio proche de 1), elle résiste *in-vitro* à la digestibilité par les enzymes de l'estomac et de l'intestin grêle, et elle est totalement fermentée et contribue à une forte production d'AGV en diminuant celle de N-NH_3. En perspective, l'effet prébiotique de GM sera étudié *in-vivo* pour estimer son impact sur la croissance et la santé ainsi que sur le microbiote cæcal du lapin en croissance.

Remerciements

L'équipe souhaite remercier les deux universités et les deux institutions qui ont soutenu ce travail. L'université de Carthage et L'université Polytechnique de Valence. L'Institut Agronomique de Tunis et l'Institut de Science et de Technologie Animale de Valence.

Références

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of the AOAC International, 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD (USA).

Belli P., Fontana E., Sommariv M., Scarpelli L., Ricci C., Luzi F., Haddad B. 2008. The Tunisian traditional rabbit breeding systemversus the commercial system: an epidemiological perspective. *World Rabbit Science*,16, 221–228.

Brummer Y., Cui W., Wang Q. 2003. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum *Food Hydrocolloids* 17, 229–236.

Falcão-e-Cunha L., Castro-Solla L., Maertens L., Marounek M., Pinheiro V.,Freire J., Mourão J L. 2007. Alternatives to antibiotic growth promoters in rabbit feeding *World Rabbit Sci.* 2007, 15, 127 – 140.

Jiang J X., Zhu L W., Zhang W M., & Sun R C. 2007. Characterization of galactomannan gum from Fenugreek (Trigonella foenum graecum) seeds and its rheological properties. *International Journal of Polymeric Materials*. 56, 1145–1154.

Majeed M., Majeed S., Nagabhushanam K., Arumugam S., Natarajan S., Beede K., Furqan A. 2018. Galactomannan from Trigonella foenum-graecum L. Seed: Prebiotic application and its fermentation by prebiotic Bacillus coagulants strain MTCC 5856. *Food Sci Nutr*. 6, 666-673.

Madhava Naidu M., Shyamala B N., Pura Naik J., Sulochanamma G., Srinivas P. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of the husk and endosperm of fenugreek seeds. LWT - *Food Science and Technology* 44, 51-56.

Patterson JA., Burkholder KM. 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry Science*, 82 (4), 627–631

Stewart C S., Hilman K., Maxwell F., Kelly D., King T P. 1993. Recent advances in probiotics in pigs: observations on the microbiology of the pig gut., In: Garnsworthy, P.C., Cole, D.J.A. (Eds.), *In. Recent Advances in Animal Nutrition, Nottinghan University Press, Nottingham*, pp: 1.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber: neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dietary Science* 74 3583–3597.

Effets d'un produit de fermentation de *Saccharomyces cerevisiae* sur la viabilité, la croissance et la composition de la viande chez le lapin en croissance.

Colin M. [1]*, Pavlidis H.[2] Le Ven L.[3], Prigent A.Y.[3],

[1]Copri SARL, Coat Izella N°2, 29830 - Ploudalmézeau (France)
[2] Diamond V2525 60th av Sw - Cedrar Rapids, Iowa 52404 (USA)
[3] Earl 3L, Coat Izella N°4, 29830 - Ploudalmézeau (France)

* correspondant : copri@wanadoo.fr

Résumé – Un total de 1 684 lapins âgés de 46 jours a été réparti entre 2 traitements, un témoin et l'autre contenant 1 kg / tonne d'un produit de fermentation de *Saccharomyces cerevisiae*, le Diamond V Original XPC. L'essai s'est déroulé en 2 répétitions successives et a consisté à mesurer la mortalité, la morbidité, la croissance, la consommation et le profil en acides gras de la viande après abattage à 70 jours. Globalement, le Diamond V Original XPC améliore la mortalité (-3.7 %), la morbidité et la croissance des lapins (+2.8 g/j), cet effet étant plus marqué dans la première répétition où la situation sanitaire était dégradée par rapport à celles habituellement enregistrées dans cet élevage. On confirme donc une efficacité particulièrement importante du Diamond V Original XPC dans des conditions sanitaires dégradées en accord avec les données de la littérature. Enfin, le Diamond V Original XPC augmente hautement significativement le dépôt d'acides gras oméga 3 (+ 30 à 50 %) en particulier d'acide α-linolénique (+ 30 à 40 %) et de DHA (+ 25 %) dans la viande de lapin, ce qui constitue un atout important dans le cadre d'une stratégie d'enrichissement des produits animaux en ces acides gras essentiels.

Abstract - Effect of products of fermentation from *Saccharomyces cerevisiae* on viability, growth, and meat composition of growing-finishing rabbits. A total of 1,684 rabbits, 46 days old, were split between 2 treatments, one Control and another one containing 1 kg /ton of a product of fermentation of *Saccharomyces cerevisiae*, the Diamond V Original XPC. The experimentation was conducted with 2 replications with the objectives to evaluate the effects of Original XPC on mortality, growth, feed intake, feed conversion, and the fatty acid profile of rabbit meat. Globally, Diamond V Original XPC reduces the 40-70 days mortality (-3.7 %), and improves the growth of rabbits (+2.8 g/d). This observed effect is particularly important in the first repetition during which the sanitary status was lower than that normally observed on this test farm. Therefore, Diamond V Original XPC is particularly active in deteriorated sanitary conditions in agreement with the literature to date. Finally after slaughter at 70 days, Diamond V Original XPC significantly increases the deposits of Omega 3 (+ 30 à 50 %), particularly ALA (+ 30 à 40 %) and DHA (+ 25 %) in rabbit meat, which is an important strong point in a strategy of enrichment of animal products in these essential fatty acids.

Introduction

La réduction de l'utilisation des antibiotiques est l'une des préoccupations majeures de la filière cunicole (Lopez *et al.*, 2017). Dans cette perspective, de nombreux additifs naturels sont régulièrement étudiés pour atteindre plus facilement cet objectif (Maertens *et al.*, 2006). Parmi ceux-ci les levures *Saccharomyces cerevisiae* ou des produits en dérivant ont fait l'objet de nombreux travaux montrant leurs effets antagonistes au développement des bactéries pathogènes (Jensen *et al.*, 2009 ; Gao et al., 2008) ainsi qu'une action immunomodulatrice (Tovar-Ramiz *et a*l., 2004) et capteur de toxines (Silversides *et al.*, 2006). Ces levures vivantes ont été utilisées chez le lapin (Maertens et De Groote., 1992 ; Kimse., 2009) avec des améliorations significatives de la croissance et de la viabilité. L'un de ces produits de fermentation de *Saccharomyces cerevisiae*, le «Diamond V Original XPC» a été testé favorablement chez le poulet *(*Al-Mansour *et al., 2011)*, la dinde (Firma*n et al.*, 2013) et le porcelet (Kiarie et *al.* 2012*)* mais aucune information ne semble disponible chez le lapin. Le présent travail consiste donc à rechercher les effets du Diamond V Original XPC chez le lapin en croissance – finition, période de la vie de l'animal connaissant de nombreux troubles digestifs. En outre, des travaux antérieurs ont démontré que certains additifs peuvent augmenter le taux d'oméga 3 et de DHA dans la viande de lapin (Guriec *et al.*, 2014) ; aucune étude de ce type n'étant disponible pour le Diamond V Original XPC, nous avons intégré ce critère dans notre expérimentation.

1. Matériel et méthodes

1.1. Généralités

Ce travail réalisée à l'Earl 3L a consisté à comparer un aliment Témoin ne contenant aucun additif chimique ou naturel à un aliment « Diamond V Original XPC » où cet additif était incorporé à raison de 1 kg / tonne. Elle a regroupé 2 répétitions successives représentant au total 1 684 lapins en engraissement (tableau 1) et se déroulant en octobre novembre 2018 et en décembre 2018 – janvier 2019.

1.2. Animaux

Les lapins, correspondant au croisement Hycole, étaient âgés de 46 jours en début de période expérimentale. Ils étaient élevés en cages collectives de 6 lapins / cage regroupées en modules de 6 cages. Toutes les cages d'un même module ont reçu le même aliment et ceux-ci étaient répartis en alternance dans le local afin d'éviter un « effet emplacement ».

1.3. Aliments

Les aliments et les programmes alimentaires correspondent à ceux déjà publiés (Colin *et al*, 2017). Ils apportent notamment 0,1 % de DHA provenant d'une micro algue, *Schizochytrium* sp. Dans le régime expérimental, le Diamond V Original XPC a été incorporé à raison de 1 kg / tonne.

1.4. Critères mesurés

Les mortalités ont été relevées quotidiennement et les lapins pesés à 46 et 70 jours.

Plusieurs travaux soulignent l'importance d'intégrer la morbidité pour juger l'état sanitaire des lapins lors des expérimentations nutritionnelles (Bennegadi et al., 2001). Cependant, le mode de détermination généralement adopté pour ce critère est difficilement applicable dans un essai avec un grand nombre de lapins élevés en cages collectives. Nous avons donc établi une méthode simplifiée consistant à évaluer chaque jour qualitativement les refus de l'aliment distribué la veille : 0 correspond à une ingestion totale de la ration ; 5 à son refus total. Cette valeur est ensuite divisée par le nombre de cages affectées au traitement.

Pour chaque lot, 10 cuisses et 10 râbles ont été prélevés de façon aléatoire, broyées, poolés et envoyés au Laboratoire Labocea à Ploufragan pour analyses des lipides et du profil des acides gras selon la méthodologie déjà décrite (Colin et al.,2013).

1.5. Analyses statistiques

Des analyses de variances ont permis d'étudier les poids, les gains de poids, les notes de morbidité ainsi que les mortalités après transformation booléenne des données individuelles afin de prendre en compte l'effet répétition en attribuant la valeur 1 aux lapins morts et la valeur 0 aux lapins vivants (Teillet *et al*, 2011). Les taux d'acides gras ont été analysés statistiquement à partir des effectifs des échantillons et des coefficients de variations déterminés précédemment (Teillet *et al.*, 2013) selon la méthodologie déjà publiée (Colin *et al.*, 2005).

2. Résultats et discussion

2.1. Mortalités

Les mortalités ont été très faibles de 46 à 56 jours (moins de 1 %), plus élevées ensuite (tableau 1). Elles se situent dans la moyenne habituelle de cet élevage pour la deuxième répétition et le régime Diamond de la première mais sont sensiblement plus élevées pour le régime témoin de celle-ci.

Tableau 1 : Résultats de mortalité

Traitements		Témoin	Diamond V Original XPC	Total	Signif. stat.
		Répétition 1			
Nombre de lapins		456	416	872	
Mortalité (% de lapins sevrés)	46 - 56 jours	1,3	0,5	0,9	0,199
	56 -70 jours	11,4	6,3	8,9	0,011
	46 - 70 jours	12,7	6,7	9,9	0,005
		Répétition 2			
Nombre de lapins		392	420	812	
Mortalité (% de lapins sevrés)	46 - 56 jours	1,0	0,5	0,7	0,367
	56 -70 jours	7,1	6,7	6,9	0,796
	46 - 70 jours	8,2	7,1	7,6	0,599
		Répétitions 1 + 2			
Nombre de lapins		848	836	1 684	
Mortalité (% de lapins sevrés)	46 - 56 jours	1,2	0,5	0,8	0,115
	56 -70 jours	9,4	6,5	8,0	0,030
	46 - 70 jours	10,6	6,9	8,8	0,017

Le Diamond V Original XPC réduit de façon hautement significative la mortalité dans la première répétition et significativement pour l'ensemble de l'essai. Cette efficacité plus grande dans la première répétition que dans la seconde s'explique par une situation sanitaire plus dégradée. Ces résultats sont cohérents avec ceux de Maertens et De Groote (1992) et Kimse (2009) concernant les effets de *Saccharomyces cerevisiae* sur la viabilité du lapin et ceux de Al-Mansour *et al.*, (2011), de Firman *et al.*, (2013) et de Kiarie *et al.*, (2012) sur ceux du Diamond V Original XPC respectivement chez le poulet, la dinde ou le porcelet.

2.2. Morbidité

Le Diamond V Original XPC diminue très hautement significativement les notes de morbidité dans la première répétition et pour l'ensemble des données (Tableau 2). Comme pour la mortalité, on retrouve une action plus grande dans la première répétition que dans la seconde en raison d'une situation plus détériorée. Ces valeurs confirment les observations de refus totaux ou partiels d'aliment

beaucoup plus fréquents avec le lot témoin qu'avec le Diamond V Original XPC et sont probablement la conséquence d'un meilleur fonctionnement digestif avec ce dernier.

Tableau 2 : Index de morbidité

Traitements	Témoin	Diamond V XPC	Signification statistique
Répétition 1	0,16	0,06	<0,001
Répétition 2	0,09	0,02	0,159
Répétitions 1 +2	0,13	0,04	<0,001

2.3. Performances pondérales

Les poids à 46 jours sont très élevés dans les 2 régimes (tableau 3) conséquence d'un poids au sevrage lui-même très important pour ces 2 bandes. Il en résulte en fin d'engraissement (46-70 jours) des vitesses de croissance légèrement inférieures à la moyenne habituelle de cet élevage**.** Les poids à 70 jours et les croissances 46-70 jours sont hautement significativement plus élevées dans lot Diamond V Original XPC que dans le lot témoin pour la première répétition et pour l'ensemble de l'essai. Comme pour la mortalité, l'action du Diamond V Original XPC est plus forte dans la première répétition où le poids à 77 jours du lot témoin est nettement inférieur à la moyenne habituelle de l'élevage que dans la seconde où il est dans cette moyenne. Cette plus grande efficacité sur la croissance de *Saccharomyces cerevisiae* en conditions défavorables a déjà été observée par Maertens et De Groote (1992).

Tableau 3 : Résultats pondéraux

Traitements		Témoin	Diamond V Original XPC	Total	Signification statistique	Ecart-type résiduel
Poids à 46 jours (kg)	**Répétition 1**	1,472	1,477	1,475	0,683	0,082
	Répétition 2	1,570	1,569	1,570	0,934	0,082
	Répétitions 1 + 2	1,513	1,518	1,516	0,593	0,082
Poids à 70 jours (kg)	**Répétition 1**	2,230	2,301	2,265	0,005	0,153
	Répétition 2	2,408	2,419	2,414	0,630	0,120
	Répétitions 1 + 2	2,305	2,354	2,329	0,004	0,140
GMQ 46-70 jours (g / jour)	**Répétition 1**	30,3	32,9	31,6	0,021	5,5
	Répétition 2	36,4	37,0	36,7	0,260	5,6
	Répétitions 1 + 2	32,9	34,7	33,8	0,014	5,5

2.4. Consommation d'aliment et indices de consommation

Dans la répétition 2, les consommations d'aliment sont identiques pour les 2 lots (tableau 4) mais dans la répétition 1, elle est nettement plus faible pour le régime témoin que pour le Diamond V Original XPC. Ce résultat est cohérent avec les données enregistrées à la fois pour la mortalité et la morbidité. Les indices de consommation économiques sont plus faibles pour le lot Diamond reflétant la moindre mortalité. Les indices de consommation techniques sont très légèrement plus élevés avec le Diamond, probablement en relation avec le poids plus élevé des lapins.

Tableau 4 : Consommation et indices de consommation

Traitements		Témoin	Diamond V Original XPC
Consommation moyenne (g / j)	Répétition 1	101,8	109,0
	Répétition 2	114,4	114,1
	Répét. 1 + 2	115,2	113,6
Indice de consommation économique	Répétition 1	5,66	4,23
	Répétition 2	4,23	4,00
	Répét. 1 + 2	4,14	4,05
Indice de consommation technique	Répétition 1	3,44	3,46
	Répétition 2	3,47	3,60
	Répéti.1 + 2	3,28	3,37

2.5. Caractéristiques des lipides de la viande

Les teneurs en lipides sont augmentées dans la viande des lapins du lot Diamond V Original XPC, cette différence étant hautement significative pour la cuisse (tableau 5). Les taux d'acides gras ω3 totaux, d'ALA (C18 :3 ω3) et de DHA 002822 :6 ω3) sont également hautement significativement augmentés, respectivement de 29,4% - 30,4% et 24,3% au niveau du râble et 50,0% - 43,4% et 24,5 % au niveau de la cuisse. Le rapport LA (C18 :2 ω6) / ALA est diminué de 10 à 15 % et le rapport acides gras saturés / oméga 3 de 5 à 6 %, ces deux rapports étant particulièrement importants en nutrition humaine. Cette action positive du Diamond V Original XPC sur la fixation des acides gras oméga 3 et sur la valeur de certains rapports nutritionnels constitue un atout important dans le cadre d'une stratégie d'enrichissement des produits animaux en ces acides gras. Ainsi, dans le cas présent, l'augmentation du taux d'ALA dans la cuisse avec le Diamond V Original XPC permet de revendiquer l'allégation « source d'oméga 3 » pour ce morceau, ce qui n'était pas possible avec le régime témoin.

Tableau 5 : Caractéristiques nutritionnelles des lipides de la viande

Morceaux	Râble			Cuisse		
Traitements	Témoin	Diamond V Original XPC	Proba.	Témoin	Diamond V Original XPC	Proba
Energie (kcal / 100 g)	216,4	250,0		130,2	153,5	
Lipides (%)	14,8	18,4	0,248	3,8	5,1	0,002
Oméga 3 (mg /100 g)	1 700	2 200	<0,001	400	600	<0,001
Oméga 3 (mg /100 kcal)	786	880	0,355	307	391	<0,001
ALA (mg /100 g)	1 313	1 713	<0,001	291	417	<0,001
DHA (mg /100 g)	129	160	0,005	46	58	0,004
DHA (mg /100 kcal)	60	64	0,520	36	38	0,419
LA (mg /100 g)	2 575	3 010	0,224	648	808	<0,001
Acides gras saturés (mg / 100 g)	3 900	4 800	<0,001	1 000	1 400	<0,001
LA / ALA ratio	1,96	1,76		2,23	1,94	
Acides gras saturés / oméga 3	2,29	2,18		2,50	2,33	
Allégations possible	Riche en ω 3	Riche en ω 3		Aucune	Source d' ω 3	

Conclusions

L'utilisation du Diamond V Original XPC dans les aliments lapin entre 46 et 70 jours a permis une diminution de la mortalité, de la morbidité et une amélioration de la croissance, particulièrement dans la première répétition où les performances étaient dégradées par rapport à celles habituellement enregistrées dans cet élevage. On confirme bien les résultats de Maertens et De Groote., (1992) montrant une efficacité plus grande de *Saccharomyces cerevisiae* en conditions sanitaires médiocres. Par ailleurs, ce premier essai montre que *le* Diamond V Original XPC peut constituer une solution pour améliorer la fixation des acides gras oméga 3 dans une stratégie d'enrichissement.

Références

Al-Mansour S., Al-Khali A., Al Homidan I., Fathi M.M., 2011. Feed efficiency and blood hematology of broiler chicks given a diet supplemented with yeast culture. *Int. J. Poult Sci, 10, 603-607*.

Bennegadi N., Gidenne T., Licois D., 2001. Impact of fibre deficiency and sanitary status on non-specific enteropathy of the growing rabbit. *Anim. Res., 50, 401-413.*

Colin M., Guttierez G., Pinaut M., Prigent A.Y., Saliba C., 2005. Influence d'un stimulateur d'activation des protéines HSP, le COPRITEX sur la croissance et la mortalité du Lapereau sevré. *11ème Journ. Rech. cunicole, Paris (France), 29-30 Novembre 2005, 163-166.*

Colin M., Delarue J., Caillaud L., Prigent A.Y. 2013. Effets de l'incorporation de microalgues *(Schizochytrium)* dans l'alimentation des lapins sur leurs performances et la teneur en DHA de leur viande. *17ème Journ. Rech. cunicole, Le Mans (France), 79-82*

Gao J., Zhang H.J., Wu S.H., Yoon I., Moore D., Gao Y.P., Yan H.J., Qi G.H., 2009. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on immune functions of broiler challenged with *Eimeria tenella. Poul Sci, 88, 2141-2151.*

Guriec N., Colin M., Delarue J., Jimenez C., Camino Callarisa A., varella E., Raguénès N., Prigent A.Y. 2014. Effets d'un apport alimentaire d'un extrait d'algue riche en Maltanediénol et en Fucostérol sur les performances zootechniques, les caractéristiques nutritionnelles de la viande de lapins recevant une ration enrichie en acide alpha-linolénique. *XXXIX Symposium de Cunicultura, Tudela (Espagne), 29-30 de Mayo 2014, 76-81*.

Kimse M., 2009. Caractérisation de l'écosystème cæcal et santé digestive du lapin: contrôle nutritionnel et interaction avec la levure probiotique saccharomyces cerevisiae. *Thése PhD, Institut National Polytechnique de Toulouse, 229 pp + annexes*

Klarie E., Scott M., Krause D.O., Khazanchei H., Khafipour E., Nyachoti C.M., 2012. Interactions of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product and in-feed antibiotics on gastrointestinal and immunogical responses in piglets challenged wih *Escherichia coli* K48., *J. Anim.Sci, 201, 90,*

Jensen G.., Patterson K.M., Yoon O., 2008. Yeast culture has anti-inflammatory effects and specifical activities NK cells. *Comp . Imm. Macro. Inf. Dis, 31, 487-500*.

Lopez S., Nouvel L., Piel Y., Capdevielle N., Favier C., Mahe B. 2017. Comaraison de différents indicateurs de consommation d'antibiotiques et relation avec les performances zootechniques en élevage cunicole. *17èmes Journées de la recherche cunicole. Le Mans (France), 21-22 novembre 2017, 25-28.*

Maertens L., De Groote G., 1992. Effect of a dietary supplementation of yeast on the zootechnical performances of does and weaning rabbits. *Proc. 5th WRSA Congress, Oregon, USA, 1079-1086.*

Maertens L., Falcao-e-Cunha L., Marounek M. 2006. Feed additives to reduce use of antibiotics. *Advances in rabbit science, Plot-it-bvta édr, Merelbeke (Belgique), 259-266*.

Silversides F.G., Scott T.A;, Korver D.R;, Afshamaresh M., Hrubys M., 2006. A study on the interaction of xylanase and phytase enzymes in wheat-based diet fed to commercial white and brown ag laying eggs. *Poult. Sci.., 83, 1148-1154.*

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

Teillet B., Colin M., Prigent A.Y., 2013. Influence du taux d'acide alpha-linolénique de l'aliment sur la teneur en Oméga-3 et les caractéristiques hédoniques de la viande de lapin. *Oléagineux Corps Gras Et Lipides, Vol. 20-n°1 Janvier – Février 2013, 55-60*

Tovar - Ramiz D.J;, Zambonino-Infante J;, Cahu F.J; 2004. Influence of dietrary live yeast on *European Sea Bass (Dicentrachus labrax) larval development. Aquaculture, 234, 415-427.*

Effets de l'enrichissement en acides gras oméga 3 de l'aliment sur les résultats zootechniques et la qualité nutritionnelle de la viande de lapin.

Minetto A. [1], Guillevic M. [1], Prigent A. Y. [2], Colin M. [3]*

[1] Valorex, La Messayais, 35210 Combourtillé
[2] EARL 3L, Coat Izella N°4, 29830 Ploudalmezeau
[3] Copri SARL, Coat Izella N°2, 29830 Ploudalmezeau

Auteur correspondant : copri@wanadoo.fr

Résumé - Les effets de l'augmentation de la teneur en acides gras ω-3 de l'aliment sur les performances de croissance et la qualité de la viande de lapins ont été étudiés dans 2 répétitions consécutives impliquant 1 825 lapins âgés de 35 jours au départ et engraissés jusqu'à 69 jours. Trois aliments ont été utilisés, un témoin avec un niveau faible en ω-3 (0,07%), et 2 aliments en contenant 0,61% apportés soit par la graine de lin extrudée Tradi-lin® (3%), soit par la graine de colza (13%). Globalement, la mortalité 35-69 j. a été significativement réduite par l'augmentation du taux des ω-3 dans les aliments (-4,4 points) et cet effet est plus marqué avec Tradi-lin® qu'avec les graines de colza. Ce résultat conforme à la bibliographie et à des travaux antérieurs de l'équipe montre que l'incorporation de Tradi-lin® est un élément important des programmes destinés à réduire ou à éliminer l'utilisation d'antibiotiques dans la production de lapins. Dans le présent travail, la croissance été un peu plus réduite (-9%) que dans les essais antérieurs. Par contre, la qualité nutritionnelle de la viande de lapin a été sensiblement améliorée par une forte hausse de la teneur en acides gras ω-3 (+115%) , ainsi que par la baisse des ratios ω 6 / ω 3 (3,5 vs 7,5) comme du rapport LA/ALA (3,6 vs 8,4) avec une efficacité supérieure du Tradi-lin® par rapport à la graine de colza. Les caractéristiques de la viande de lapin ainsi obtenue permettent d'alléguer « Source d'oméga 3 » et de satisfaire au cahier des charges « Bleu Blanc Cœur ».

Abstract - Effects of dietary omega 3 fatty acid fortification on the fattening performance and nutritional quality of rabbit meat - The effects of a dietary increase of omega 3 fatty acids on growth performance and meat quality of rabbits were studied in 2 consecutive assays involving 1825 rabbit studied between weaning (35 d.) and slaughter age (69 d.). Three feeds were compared, a control diet with a low level of ω-3 (0.07%), and 2 diets with 0.61% ω-3 provided either by extruded linseed Tradi-lin® (3%) or by raw rapeseed seed (13%). Overall, mortality was significantly reduced by increased levels of omega-3 in the feed (-4,4 points) and this effect was higher with Tradi-lin® compared to rapeseed seeds. This results agrees with literature and previous experimentations. The incorporation of Tradi-lin® is therefore an important part of programs aimed at reduction or total elimination of the use of antibiotics in rabbit production. In the present experiment, the growth rate was a little bit mores reduced (-9%) than in previous results. On the other hand, the nutritional quality of rabbit meat was widely improved by a strong increase of its ω-3 fatty acids content (+115%) and a decrease of the ω-6 / ω-3 (3.5 vs 7.5) and LA / ALA (6.6 v 8.4) ratios, with a higher efficiency for the Tradi-lin® treatment. The analytical characteristics of the meat enable to claim "source of omega 3" and agree with the French « Bleu Blanc Cœur » specification.

Introduction

Le présent travail porte sur l'effet d'un apport d'acides gras ω-3 (mentionnés simplement oméga 3 dans le texte) dans l'alimentation des lapins en croissance sur leurs performances zootechniques ainsi que sur la qualité nutritionnelle de leur viande. Des publications antérieures (Colin *et al*., 2011, 2012, Benatmane *et al*., 2011; Teillet *et a*l., 2013) ont montré l'intérêt d'enrichir les aliments lapin en acide α–linolénique (ALA) pour améliorer la qualité nutritionnelle de la viande de lapin. Cependant peu de recherches ont comparé l'efficacité de différentes sources de cet acide gras. De plus, les conséquences zootechniques d'un tel enrichissement en acide gras oméga 3 n'ont fait l'objet que d'un nombre très limité de publications (Colin *et al.*, 2012). Le travail présenté ici consiste à étudier l'effet de l'incorporation de différentes sources d'acide gras ω-3 comme la graine de colza ou des graines de lin extrudées selon le procédé Tradi-lin®. Ces dernières fournissent non seulement de l'acide α-linolénique mais également des composés susceptibles d'influer sur les performances tels que les lignanes et les mucilages (Colin *et al.*, 2012). Cette étude s'attache donc à rechercher les effets de l'ALA et de ces composés spécifiques du lin Tradi-lin® sur les performances et la qualité de viande de lapin. Une partie de ces résultats a fait l'objet d'une publication préliminaire (Colin *et al*., 2013).

1. Matériel et Méthodes

1.1. Présentation générale et animaux

Les expériences ont été réalisées à l'EARL 3L (Ploudalmézeau, France) où 1 825 lapins Hyplus de 36 jours ont été divisés en 3 groupes se différenciant par l'apport d'acides gras ω-3 dans leur alimentation: Témoin à faible taux d'oméga 3, Tradi-lin® et graine de colza crue. L'essai s'est déroulé en 2 répétions, l'une en décembre 2010 – janvier 2011 et l'autre en mai – juin 2011.

1.2. Aliments

Les aliments sont iso-nutritionnels notamment pour l'ALA pour les lots Tradi-lin® et colza (tableau 1). Les lapins ont été nourris selon un plan d'alimentation classique (Colin et al., 2010) et ne reçevaient d'antibiotique ni en maternité ni en engraissement.

1.3. Critères mesurés

La mortalité a été enregistrée quotidiennement et les lapins pesés au sevrage ainsi qu'à 69 jours. Dix gigolettes ont été prélevées lors de l'abattage pour chaque lot et chaque répétions afin d'analyser leurs teneurs en protéines, en lipides ainsi que le profil en acides gras (Colin et al 2010).

1.4 Analyse statistique

Les mortalités ont été analysées simultanément par test du Chi² et par analyse de la variance après transformation booléenne des données individuelles afin de prendre en compte l'effet répétition, en attribuant la valeur 1 aux lapins morts et la valeur 0 aux lapins vivants (Colin, et al., 2007). Le poids et le gain de poids sont étudiés par analyse de variance. Les taux d'acides gras sont analysés statistiquement à partir des effectifs des échantillons et des coefficients de variations déterminés précédemment (Teillet *et al.*, 2013) selon la méthodologie déjà publiée (Colin *et al.*, 2005)

Tableau 1. Formules alimentaires et caractéristiques nutritionnelles des 3 aliments expérimentaux

Matières premières (%)	Témoin	Tradi-lin®	Colza	Composition chimique	Témoin	Tradi-lin®	Colza
Tourteau de Tournesol	34,00	31,74	27,70	Humidité (%)	10,6	10,7	10,9
Pulpe de betterave	26,40	27,30	21,34	Protéines brutes (%)	16,0	16,0	16,0
Avoine	15,00	15,00	15,00	Lipides totaux (%)	6,4	6,1	7,7
Tradi-lin®		3,00		Cellulose brute (%)	18,8	18,8	20,5
Graine de colza			13,00	Cendres (%)	9,4	9,3	8,2
Concentré Lapin 15%	15,00	15,00	15,00	Energie digestible (kcal / g)	2 450	2 450	2 475
Arbocel	1,90	1,96	5,96	Lignine ADL (%)	5,6	5,7	6,6
Paille de colza	2,00	2,00	2,00	Acide linoléique (LA) (%)	1,13	1,14	1,85
Huile végétale	5,70	4,00		Acide α-linolénique (ALA) (%)	0,07	0,61	0,61
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**	ω-6 / ω-3	15,5	1,9	3,0

2. Résultats et discussion

2.1 Mortalité

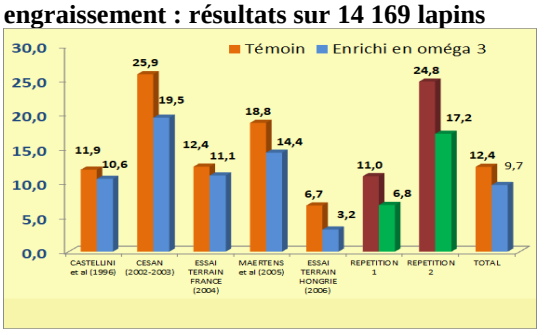
La mortalité de la répétition 1 correspond à celle habituellement enregistrée dans cet élevage (7,8%) tandis que celle de la répétition 2 est anormalement élevée (21,9%) en raison d'un incident sanitaire survenu à la maternité qui a probablement eu des conséquences négatives sur les lapins à l'engraissement (tableau 2). Cette situation non prévue initialement a permis d'étudier les effets d'un apport d'oméga 3 dans la ration en situation normale et en situation dégradée au plan sanitaire.

Tableau 2 : Résultats de mortalité exprimés en pourcentage

		Témoin	Tradi-lin®	Colza	Moyenne	Proba.
Mortalité 35-55 jours	**Répétition 1**	4,9	5,2	3,3	4,5	
	Répétition 2	16,7	11,3	14,6	14,1	
	TOTAL	**9,7**	**7,8**	**8,1**	**8,5**	**0,54**
Mortalité 55-69 jours	**Répétition 1**	6,1	1,5	2,4	3,4	
	Répétition 2	8,1	5,9	9,2	7,7	
	TOTAL	**6,9a**	**3,4b**	**5,3ab**	**5,2**	**0,03**
Mortalité 35-69 jours	**Répétition 1**	11,0	6,8	5,7	7,8	
	Répétition 2	24,8	17,2	23,8	21,9	
	TOTAL	**16,6a**	**11,2b**	**13,3b**	**13,7**	**0,04**

Globalement, l'apport d'oméga-3 (Tradi-lin® et colza) dans les rations diminue significativement la mortalité à l'engraissement (P= 0.04), cet effet étant également significatif pour la répétition 1 (P = 0.03). Cette diminution de la mortalité à l'engraissement avec l'élévation du taux d'oméga 3 de l'aliment est conforme aux données de la bibliographie et à nos essais antérieurs (Colin et al., 2012) : sur un total de 14 169 lapins, la mortalité avait été diminué de 12,4 à 9,7 % soit une réduction relative de 27 % donc légèrement moins que ce que nous avons observé ici (figure 1). Cet effet est plus marqué avec le Tradi-lin® qu'avec la graine de colza et seul le contraste Tradi-lin® / témoin est significatif (Répétition 1- P = 0.05) ou a tendance à être significatif (Essai 2 - P = 0.09). L'enrichissement en oméga 3 de l'aliment diminue la mortalité probablement en raison d'une stimulation du système immunitaire comme chez le porcelet (Guillevic *et al*., 2011).

Figure 1 : Effet de l'augmentation du taux d'oméga 3 de l'aliment sur la mortalité en engraissement : résultats sur 14 169 lapins

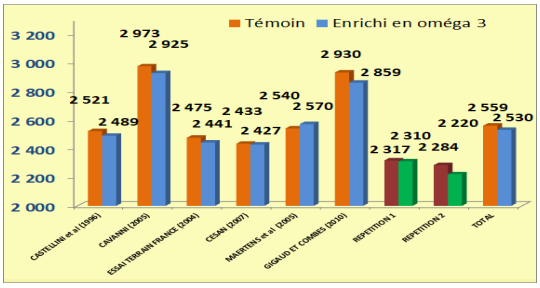


La plus grande efficacité du lin extrudé est probablement due à l'apport d'autres nutriments comme les mucilages et les lignanes dont le rôle phytoestrogènique est connu (Colin *et al* 2013; Quiniou et *al.*, 2010).

2.2 Performances pondérales

Dans les 2 répétitions, les performances pondérales avec les aliments enrichis en oméga 3 sont légèrement mais significativement plus faibles que celles du régime témoin (tableau 3), particulièrement dans la répétition 2. Cette diminution de croissance est moins accentuée avec le colza qu'avec le lin extrudé mais la différence entre les 2 sources d'oméga 3 n'est pas significative. Les résultats également précédemment publiés (Colin et al., 2012) montraient que dans la majorité des essais, l'augmentation du taux d'oméga 3 diminuait le poids final mais généralement dans des proportions moindres que celles observées ici (figure 2).

Figure 2 : Effet de l'augmentation du taux d'oméga 3 de l'aliment sur le poids en fin de période d'engraissement en engraissement : résultats sur 13 740 lapins



2.3 Caractéristiques nutritionnelles de la viande

Les teneurs en protéines et en lipides des gigolettes sont identiques avec les 3 aliments : leurs valeurs sont 15,5% dans le première répétition et 19,1 % dans la seconde pour les protéines et respectivement 12,5 % et 9,4 % pour les lipides.

Le profil des acides gras de la viande reflète celui des acides gras ingérés. Les 2 aliments riches en ALA permettent une hausse importante des oméga 3 de la viande : (+131%, pour le Tradi-lin® et 98% pour la graine de colza) essentiellement due l'élévation du taux d'ALA , le DHA étant constant. (Tableau 4). Les ratios LA/ALA oméga 6 / oméga 3 dont l'importance nutritionnelle pour l'homme est connue diminuent fortement. (divisé par 2.7 avec Tradi-lin® et par 2.4 avec le colza pour le rapport LA / ALA; par 2.4 et 1.8 pour le rapport oméga 6 / oméga 3).

Tableau 3. Résultats pondéraux

		Témoin	Tradi-lin®	Colza	Moyenne	Probabilité
Poids 35 jours	Répétition 1	981	985	981	982	
	Répétition 2	1 024	1 017	1 018	1 018	
	TOTAL	995	999	997	997	0,86
Poids 69 jours	Répétition 1	2 317	2 199	2 320	2 278	
	Répétition 2	2 284	2 208	2 232	2 240	
	TOTAL	2 304	2 203	2 285	2 263	< 0.001
GMQ 35-69 jours	Répétition 1	40,5	35,8	40,6	39,3	
	Répétition 2	38,5	36,1	36,8	37,1	
	TOTAL	39,7	36,5	36,8	38,4	< 0.001

La proportion en oméga 3 de la viande est 17% plus élevée avec le Tradi-lin® comparé au Colza alors que les formules sont iso-oméga 3, montrant l'importance de la source d'oméga 3. Cette différence s'explique par la technologie de traitement des graines de lin, consistant en une cuisson extrusion accroissant leur digestibilité de

leurs lipides (Noblet *et al*., 2008). Les teneurs en oméga 3 rapportée à l'énergie de la viande sont respectivement de 363 et 351 mg / 100 kcal pour le Tradi-lin® et le colza. Elles sont supérieurs à 15 % des apports nutritionnels conseillés par l'ANSES (2011) pour les oméga 3 et permettent donc d'alléguer « source d'oméga 3 » pour cette viande de lapin. Enfin, le rapport acides gras saturés / oméga 3 est de 4,6 pour l'aliment Tradi-lin® et avec les valeurs obtenues pour le taux d'oméga 3 et le rapport LA sur ALA permet à la viande produite avec ce régime de correspondre au cahier des charges Bleu Blanc Cœur.

Conclusions

L'apport d'oméga 3 dans l'alimentation permet une réduction notable de la mortalité (-4,4 points en moyenne soit environ -25%) avec un effet plus marqué pour Tradi-lin®, conséquence probable de l'apport de mucilages et de lignanes. Cette amélioration est comparable à celle obtenue avec les meilleurs additifs développés pour cette seule fonction. Dans la répétition 2, on constate une réduction de la croissance plus importante que celle observée habituellement sans explication satisfaisante. Enfin, l'amélioration de la qualité nutritionnelle de la viande de lapin *via* son taux d'omega 3, permet de prétendre tant à l'allégation nutritionnelle «source d'oméga 3» qu'à la marque alléguante Bleu-Blanc-Cœur.

Tableau 4 : Profil en acides gras des gigolettes

		Témoin	Tradi-lin®	Colza	Probabilité
Oméga 3 totaux (% AG)	**Essai 1**	2.2	6.7	5.7	
	Essai 2	3.6	6.7	5.8	
	TOTAL	**2.9**	**6.7**	**5.7**	**<0.001**
Acide α linolénique (% AG)	**Essai 1**	1.9	6.6	5.4	
	Essai 2	2.9	6,0	5.1	
	TOTAL	**2.4**	**6.3**	**5.3**	**< 0.001**
Oméga 6 totaux (% AG)	**Essai 1**	18.2	19.1	21.4	
	Essai 2	23.8	23.1	23.8	
	TOTAL	**21.0**	**21.1**	**22.6**	**0.030**
Acide linoléique (% AG)	**Essai 1**	17.2	18.4	20.5	
	Essai 2	22.3	21.8	22.5	
	TOTAL	**19.6**	**20.1**	**21.5**	**0.043**
Oméga 6 / oméga 3	**Essai 1**	8.3	2.9	3.8	
	Essai 2	6.6	3.4	4.1	
	TOTAL	**7.5**	**3.1**	**4.0**	**<.001**
Rapport A. linoléique / A. linolénique	**Essai 1**	9.1	2.7	3.8	
	Essai 2	7.7	3.6	4.4	
	TOTAL	**8.4**	**3.1**	**4.1**	**< 0.001**
Oméga 3 / énergie (mg/100 kcal)	**Essai 1**	149	394	361	
	Essai 2	235	333	342	
	TOTAL	**192**	**363**	**351**	**<0,001**

Références

Anses., 2011. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. *Anses éditeur (Paris), 323 pages.*

Benatmane F., Mourot J., Youyou A., Kouba M., 2011. Effet de l'apport d'acides gras n-3 sur la synthèse des lipides chez le lapin. *14ème Journ. Rech. Cunicole, Le Mans (France), 22-23 novembre 2011, Itavi éditeur,8 9-100.*

Colin M., Guttierez G., Pinaut M., Prigent A.Y., Saliba C., 2005. Influence d'un stimulateur d'activation des protéines HSP, le COPRITEX sur la croissance et la mortalité du Lapereau sevré. *11ème Journ. Rech. cunicole, Paris (France), 29-30 Novembre 2005, 163-166*

Colin M., Binet E., Prigent A.Y., 2007. Influence de l'incorporation d'un concentré de fibres brutes riche en lignine sur la mortalité, la croissance des lapins. *12ème Journ. Rech. cunicole, Le Mans (France), 27-28 Novembre 2007, 62-64.*

Colin M., Camino Callarias A., Teillet B., Varella E., Prigent A.Y. 2010, Influencia de un suplemento liquido sobre la mortalidad y el crecimiento de los conejos al engorde. XXXV Symposium de cunicultura de ASESCU, Ségovia, 27 y 28 de Mayo 84-88.

Colin M., Teillet B., Prigent A-Y. 2010. Qualités nutritionnelles de la viande de lapin recevant un aliment enrichi en acide alpha-linolénique. *8ème Journées Francophones de Nutrition. Lille (France). 8-10 Décembre 2010; S97.*

Colin M., Camino Callarisa A., Varella E., Prigent A.Y. 2011. Calidad de la carne de conejo alimentado con pienso enriquecido en omega 3. *XXXVI symposium de cunicultura de Asescu, Peniscola (Espagne), 12-13 de Mayo 2011, 129-133.*

Colin M., Camino Callarisa A., Chesneau G., Guillevic M., Varella E., Prigent A.Y. 2013. Efecto del enriquecimiento en omega 3 del pienso sobre los resultados de conejos en crecimiento. *XXXVIII Symposium de cunicultura, Zamora (Espagne), 30-31 de Mayo 2013, 122-126.*

Colin M., Caixi., Prigent A.y. 2012. L'enrichissement des aliments lapin en oméga 3 courtes et longues chaines: une opportunité pour le producteur et le consommateur. *Journée nationale .sur l'élevage du lapin de chair, Pacé (France), 27 novembre 2012, Itavi éditeur,33-41.*

Noblet J., Jacquelin-Peyraud Y., Quemeneur B., Chesneau.G. 2008. Valeur énergétique de la graine de lin chez le porc: impact de la technologie de cuisson-extrusion. *Journ. Rech Porcine 40, 203-208.*

Guillevic M., De Quelen F., Mourot J., Chesneau G., 2011. Influence de l'apport en acides gras essentiels dans l'alimentation de la truie sur le statut inflammatoire du porcelet au sevrage. *Journ. Rech. Porcine; 43, 287-288*

Quiniou, N., Goues T., Vautier E., Nassy G., Chesneau G., Weill P., Etienne M., Mourot J. Consequence of Extruded Linseed Incorporation in Sows and/or Pigs' Diet on Performance. *61st Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 1-5. Heraklion, Crete Island, Greece: European Federation for Animal Science, 2010.*

Teillet B., Colin M., Prigent A.Y. 2012. Influence du taux d'acide alpha-linolénique de l'aliment sur la teneur en Omega-3 et les caractéristiques hédoniques de la viande de lapin. *Oléagineux corps gras et lipides, Vol. 20-n°1 Janvier – Février 2013, 55-60.*

Quantification de l'ingestion d'aliment solide de lapereaux allaités et effets du diamètre et de la dureté des granulés sur leurs préférences alimentaires

Paës C.[1,2], Fortun-Lamothe L.[1], Bebin K.[2], Duperray J.[3], Gohier C.[4], Guené-Grand E.[5], Rebours G.[6], Aymard P.[1], Debrusse A-M.[1], Gidenne T.[1], Combes S.[1*]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31320 Castanet Tolosan
[2] CCPA, 35150 Janzé
[3] EVIALIS, 56250 Talhouët
[4] MiXscience, 35170 Bruz
[5] INZO, 02407 Chierry
[6] TECHNA, 44220 Couëron

* correspondant : sylvie.combes@inra.fr

Résumé - L'apport précoce d'aliment solide constitue une piste de recherche pour améliorer la robustesse du lapereau autour du sevrage en contribuant à l'installation d'un microbiote plus résilient. Cette étude visait à 1/ quantifier et caractériser l'ingestion solide du lapereau dès 8 jours (8j) via un système d'alimentation au nid (coupelles ; 8-17j) puis en dehors du nid (mangeoires ; 15-35j) et 2/ déterminer les effets distincts du diamètre et de la dureté des granulés sur leur appétence. Quatre granulés de différents diamètres (2,0 ; 3,0 ; 4,0 et 6,0 mm) avec des taux de compression similaires ont été testés en double-choix dans un premier essai. Dans un second essai, des granulés issus de filières de même diamètre (2,5 ou 4,0 mm), mais ayant différentes épaisseurs (10, 12, 14 mm ou 18, 20, 24 mm) pour générer des duretés différentes, étaient testés deux à deux (n=10 portées par traitement). L'ingestion d'aliment solide a été observée à partir de 8 jours (0,02 ± 0,02 g de MS/lapin). En moyenne, un lapereau a consommé 1,63 ± 0,76 g de MS dans le nid avec une forte variabilité inter-portée. L'ingestion solide précoce des portées n'a pas été affectée par les niveaux d'ingestion de lait (P>0,05) mais a été corrélée positivement avec le poids de portée après égalisation (0,4 r 0,5 ; P=0,03). L'attractivité du granulé de 2,0 mm de diamètre lorsqu'il était disponible aux mangeoires a été mise en évidence (entre 61% et 86% de la consommation totale). Les effets de la dureté sur les préférences alimentaires restent à approfondir. Nous concluons que l'apport d'un granulé de petit diamètre accessible au nid pourrait contribuer à stimuler l'ingestion solide avant sevrage. Un meilleur contrôle de l'ingestion de granulés par le lapereau allaité représente une première étape pour évaluer la modulation du microbiote digestif induite par cette ingestion précoce.

Abstract – Quantification of solid feed intake of suckling rabbits and pellets diameter and hardness effects on the dietary preferences. Stimulation of the early feed intake of suckling rabbits represents an avenue of research to improve robustness by promoting a resilient gut microbiota. This study aimed to (i) quantify and characterize early solid intake as of 8 days (8d) with an innovative feeding system (in the nest, 8-17d; outside of the nest in feeders, 15-35d), (ii) to separately determine pellets diameter and hardness effects on their palatability. In the first experiment, four pellets differing by diameters were tested in pairs: 2.0, 3.0, 4.0 and 6.0 mm. In a second experiment, pellets with the same diameter (2.5 or 4.0 mm) were pelletized with three die channel lengths: 10, 12, 14 mm or 18, 20 and 24 mm to obtain different hardness. Pellets of a given diameter were tested in pairs against each other (n=10 litters per treatment). Solid feed intake was observed at the litter level as of 8 days (0.02 ± 0.02 g of DM/rabbit). A total of 1.63 ± 0.76 g of DM/rabbit was ingested in the nest with a high inter-litter variability. The milk intake did not have an effect on the early solid intake (P>0.05). The litter weight at equalization was correlated with the feed intake at 2 weeks of age (0.4 r 0.5; P=0.03). The attractiveness of 2.0-mm-diameter pellets when they were available in the feeders was highlighted (from 61% to 86% of total consumption). Pellet hardness effect on the suckling rabbits dietary preferences still needs to be investigated. The onset of young rabbits' solid intake may be stimulated with easy access and palatable pellets. Better knowledge of suckling rabbits' feeding behaviour is opening the way for new studies on microbiota modulation through diet.

Introduction

En élevage cunicole, le sevrage est une période critique, souvent associée à une hausse de la mortalité et de la morbidité en raison d'affections digestives. Le microbiote digestif pourrait jouer un rôle clé dans la prévention de ces affections, puisqu'au-delà de son implication dans la digestion, il contribue fortement à la santé de son hôte. La colonisation du microbiote cæcal est dépendante de l'arrivée de substrats apportés par l'alimentation solide (Padilha et al., 1995). Le développement des activités fermentaires qui se déroulent dans le cæcum dépendent donc

fortement du démarrage de l'ingestion solide (Piattoni et al., 1999). Afin d'améliorer la santé des lapins tout en limitant l'utilisation d'antibiotiques, nous proposons une démarche visant à optimiser l'implantation du microbiote digestif *via* la stimulation de l'ingestion solide précoce.

Avec les aménagements de cages actuels, les lapereaux n'accèdent aux granulés qu'à partir du moment où ils quittent le nid vers 16-18 jours. Or, les équipes de Gidenne et al. (2013) et Kacsala et al. (2018) ont montré que les lapereaux pouvaient consommer de l'aliment solide dès leur première semaine d'âge. Ces études ont consisté à directement introduire des granulés dans le nid des lapereaux et à évaluer l'ingestion volontaire des lapereaux de manière qualitative (observations) ou par mesures quantitatives discrètes (dénombrement des granulés disparus). La disponibilité des granulés, mais également l'adéquation de leur présentation, sont essentielles pour stimuler l'ingestion solide du jeune lapin. Les effets du diamètre du granulé (2,5 et 3,5 mm) sur les préférences alimentaires de lapereaux dès 15 ou 18 jours d'âge ont été précédemment investigués (Gidenne et al., 2003; Travel et al., 2009). Cependant, comme la réduction de diamètre des granulés aboutit à un changement de dureté pour une épaisseur de filière donnée, les effets diamètre et dureté étaient confondus dans ces études, rendant l'interprétation des résultats obtenus délicate.

Cette étude vise par conséquent à 1/ évaluer précisément par mesure quantitative la capacité d'ingestion précoce du lapereau *via* un dispositif expérimental original 2/ définir les préférences alimentaires du lapereau en termes de caractéristiques technologiques du granulé en distinguant les effets diamètre et dureté.

1. Matériel et méthodes

1.1. Logement des animaux

Deux essais ont été conduits au sein de l'unité expérimentale de PECTOUL (INRA Toulouse, Castanet-Tolosan). Des portées égalisées à 10 lapereaux à 2 jours d'âge (2j) ont été élevées dans des cages permettant une alimentation mère-jeunes séparée (adapté de Fortun-Lamothe et al., 2000). 60 et 63 portées ont été utilisées pour le premier et le second essai, respectivement. Une grille de séparation empêchait l'accès des femelles aux mangeoires des lapereaux tandis que les mangeoires des femelles étaient surélevées pour éviter que les lapereaux y consomment de l'aliment. Un allaitement contrôlé a été réalisé chaque jour entre 2j et 21j. A 2j, la qualité thermique du nid a été évaluée par un score compris entre 1 et 3 en fonction de la quantité de poils déposés par la lapine.

Deux types de granulés ont été apportés *ad libitum* au nid (longueur*largeur*hauteur = 38*25*20 cm) de 3j à 17j dans des coupelles en plastique (Ø = 40 mm, h = 32 mm) (Figure 1). Ces coupelles étaient retirées au moment de l'allaitement puis pesées sur une balance de précision 0,001 g avant d'être réintroduites dans le nid. De 15j à 35j (sevrage), les mêmes types de granulés ont été introduits hors du nid dans des mangeoires adaptées aux lapereaux. Pour éviter tout biais lié à la position des coupelles et des mangeoires, leur emplacement était inversé après chaque pesée.

Figure 1 : Dispositif d'alimentation au nid. Les granulés apportés diffèrent ici par leur diamètre

1.2 Mesures de l'ingestion et des performances zootechniques

L'ingestion au nid a été mesurée quotidiennement pour chaque portée de 3j à 17j dans le premier essai. La consommation de granulés s'étant révélée négligeable la première semaine, les mesures d'ingestion ont été réalisées de 8j à 17j dans le second essai. En cas de gaspillage ou de souillure des granulés, la consommation des deux coupelles était indiquée comme manquante. Les refus aux mangeoires ont été pesés à 18j, 21j, 25j, 28j, 32j et 35j. Les productions laitières ont été obtenues par différence de poids de la lapine avant et après allaitement deux fois par semaine jusqu'à 21j. Les portées ont été pesées chaque semaine. Au sevrage, à 50j et à 64j, les lapins ont été pesés individuellement.

1.3 Traitements expérimentaux

Afin d'évaluer les préférences du lapereau en termes de présentation des granulés uniquement, les essais ont été réalisés à partir de granulés de même composition. Les granulations ont été réalisées au sein du centre technique de Tecaliman (Nantes, France) à partir d'une même farine d'aliment produite par Euronutrition SAS (Saint-Symphorien, France) (protéines brutes : 176 g/kg brut, NDF : 337 g/kg, ADF : 189 g/kg, ADL : 72 g/kg, amidon : 52 g/kg, matières grasses : 33 g/kg, énergie brute : 17 MJ/kg). Le taux de compression d'une filière (longueur des canaux de compression divisée par leur diamètre) affectant la dureté du granulé produit (Thomas et Van

der Poel, 1996), ce paramètre a été modulé pour obtenir des granulés de différents diamètres et de dureté constante (essai 1, granulés A, B, C et D) ou des granulés de différentes duretés à diamètre constant (essai 2, granulés C, H, I et E, F, G). Ainsi, une même presse à granuler Kahl 14-175 (Amandus Kahl GmbH & Co. KG, Reinbek, Allemagne) a été utilisée pour la granulation avec neuf filières différentes dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau 1. Lors de l'étape de conditionnement de la farine, de la vapeur d'eau a été ajoutée à une même pression (1,7 bar) et un même débit (1,7 kg/h) de façon à obtenir une température en sortie de conditionneur de 65°C quel que soit le type de granulé produit. Pour les granulés A et B, une légère surchauffe est survenue lors de la granulation puisque les températures en sortie de filière de ces granulés ont respectivement atteint 79°C et 81 °C contre 73°C en moyenne pour les autres granulés. Cet échauffement peut aboutir à une réaction de Maillard, et ainsi modifier la valeur nutritionnelle de l'aliment (González-Vega et al., 2011).

Tableau 1 : Filières utilisées pour la production des neuf granulés expérimentaux

Granulé	Essai	Taux de compression	Canaux de compression (mm)	
			Diamètre	Longueur
A	1	5	2	10
B	1	5	3,2	16
C	1 et 2	4,5	4	18
D	1	4	6	24
E	2	4	2,5	10
F	2	4,8	2,5	12
G	2	5,6	2,5	14
C	1 et 2	4,5	4	18
H	2	5	4	20
I	2	6	4	24

De 3j à 35j, chaque portée a reçu deux types de granulés simultanément (double-choix). Dans le premier essai, 4 granulés de diamètres différents étaient testés deux à deux soit 6 combinaisons (traitements AB, AC, AD, BC, BD et CD avec AB qui correspond au granulé A testé contre le granulé B etc.). Les tests de préférences se sont interrompus à 32j en raison de stocks insuffisants pour le granulé A. Dans le second essai, des granulés de même diamètre (2,5 ou 4 mm) avec des taux de compression variables (étendue de 1,6 pts) étaient testés deux à deux, soit 6 combinaisons (traitements EF, EG et FG d'une part, CH, CI et HI d'autre part).

Les caractéristiques chimiques et physiques de chaque type de granulé distribué ont été mesurées (longueur, diamètre, dureté, durabilité, taille des particules, capacité de rétention en eau et vitesse de gonflement). La dureté a été mesurée avec un appareil Kahl sur au moins 10 granulés de chaque type. La dureté se définit comme la charge maximale à appliquer pour casser la face supérieure d'un granulé (Bouvarel, 2009). Dans notre étude, la surface des différents types de granulés expérimentaux varie, et il est donc nécessaire de recalculer la dureté à partir des mesures Kahl et des caractéristiques des granulés. La dureté s'exprime alors en unité de pression (MPa) et est ainsi calculée :

$$D = (g^* Dm) / (\pi^* l^* r)$$

D : dureté calculée (MPa), g : gravité (N/kg), Dm : dureté mesurée (kg force), l : longueur du granulé (mm) et r : rayon du granulé (mm).
Où $\pi^* l^* r$ est la moitié de l'aire latérale du granulé (surface de la face supérieure)

1.4. Analyses statistiques

Pour évaluer les préférences alimentaires au sein des traitements, des valeurs de consommation relative (CR) ont été calculées par portée et par type de granulé. Les CR ont ensuite été comparées à la valeur seuil de 50% par un t-test de Student (> 50% : expression d'une préférence, <50% : expression d'un rejet).
Les effets traitements sur l'ingestion et les performances zootechniques des portées ont été contrôlés par analyse de variance avant sevrage. Les effets de la qualité du nid, du poids de portée après égalisation et de la consommation de lait sur l'ingestion solide jusqu'à 21j ont été testés dans un modèle mixte linéaire avec la portée en effet aléatoire afin de gérer l'existence de mesures répétées dans le temps (données longitudinales). Après sevrage, l'effet des traitements expérimentaux sur la croissance des lapins a également été analysée par modèle mixte linéaire avec la portée en effet aléatoire puisque les animaux élevés dans une même cage d'engraissement peuvent provenir de portées différentes.

2. Résultats et discussion

2.1 Performances zootechniques

Aucun problème sanitaire n'a été enregistré lors des essais (mortalité de 4,5% de 3 à 35j puis de 1,8% en post-sevrage). Les productions laitières des femelles étaient identiques entre les traitements. L'ingestion solide totale et la croissance des lapereaux avant sevrage ne sont pas affectées par les traitements en double choix (Tableau 2). Face à des granulés de différentes natures, les lapins semblent réguler leur ingestion totale, expliquant des performances similaires.

Tableau 2 : Croissance et ingestion de lapereaux allaités disposant de granulés en double-choix

Groupes	AB	AC	AD	BC	BD	CD	Prob	EF	EG	FG	CH	CI	HI	Prob
Poids (g/lapin)														
21j	302	317	303	311	326	309	ns	381	385	378	387	378	372	ns
35j	842	859	777	782	824	812	ns	986	947	934	889	948	959	ns
GMQ (g/jour)														
3 – 21j	12,0	12,8	12,2	12,5	13,4	12,5	ns	15,9	16,1	15,9	16,4	16,0	15,5	ns
21 – 35j	38,6	38,4	33,8	33,6	35,6	35,9	ns	43,2	40,1	40,6	40,1	40,8	37,0	ns
Ingestion journalière (g de MS/lapin)														
21 – 27j	15	17	17	13	14	16	ns	18	18	17	16	14	16	ns
28 – 35j	nc	nc	nc	41	44	40	nc	55	52	51	54	53	47	ns

nc : non calculable car épuisement des stocks de granulés A

Les performances après sevrage sont équivalentes entre les lots avec un poids vif à 64 jours de 1833 ± 252 et de 2147 ± 232 g/lapin dans le premier et second essai respectivement. Les tests réalisés en double-choix ne permettent pas de conclure quant aux effets d'un granulé spécifique sur l'ingestion et les performances zootechniques. Des études préalables telles que celle réalisée par Presch (1984) semblent montrer que l'apport d'un aliment au nid en libre choix n'affecte pas le poids des lapereaux à 19j. En revanche, Presch a pu montrer que la réalisation d'un gavage précoce affectait positivement le poids des lapereaux. L'amélioration de la palatabilité de l'aliment démarrage, en augmentant l'ingestion précoce, pourrait contribuer à l'implantation du microbiote caecal mais aussi potentiellement affecter le poids des lapereaux au sevrage.

2.2 Profil d'ingestion du lapereau avant sevrage

A 8j, les trois quarts des portées consomment de l'aliment au nid tandis qu'à 12j, l'intégralité des portées ingère du granulé. Hudson et Distel (1982) ont également observé que les lapereaux consommaient le foin constitutif du nid à partir de 8j avec une ingestion plus élevée à partir de 11-12j. Indépendamment des traitements expérimentaux, la consommation totale de granulés de 8 à 17j est de 2,50 ± 0,44 g de MS/lapin (dont 1,63 ± 0,76 g de MS/lapin dans le nid). Ces valeurs sont conformes avec Presch, (1984) qui avait estimé que l'ingestion des lapereaux entre 16 et 19j valait 2,3 g/lapin. Le démarrage de l'ingestion est similaire entre les différents granulés. La Figure 2 présente la cinétique d'ingestion au nid, indépendamment du traitement expérimental. Entre 15 et 17j, période pour laquelle les lapereaux avaient accès aux granulés à la fois dans le nid et hors du nid, l'ingestion aux coupelles est plus importante que dans les mangeoires hors du nid (+29% d'ingestion soit +0.2 g de MS/lapereau; P=0,003). L'aliment y est sans doute plus accessible, puisque les lapereaux commencent à quitter le nid de façon occasionnelle entre 13 et 18j d'âge (Hudson et Distel, 1982). Entre 8 et 17j, le ratio (granulés ingérés en matière fraîche) / (lait ingéré en matière fraîche) est égal à 1,3%. Bien que faibles, ces apports solides pourraient affecter l'implantation du microbiote digestif et le statut sanitaire comme constaté lors d'une étude des effets de la coprophagie des lapereaux sur la flore caecale (Combes et al., 2014). Après 21j, la consommation d'aliment solide augmente drastiquement comme précédemment décrit dans la littérature (Gidenne et al., 2013). D'après Gidenne et Fortun-Lamothe (2002), le ratio ingéré granulés/lait en matière fraîche évolue ainsi rapidement pour atteindre 12% entre 16 et 25j puis environ 71% entre 26 et 32j.

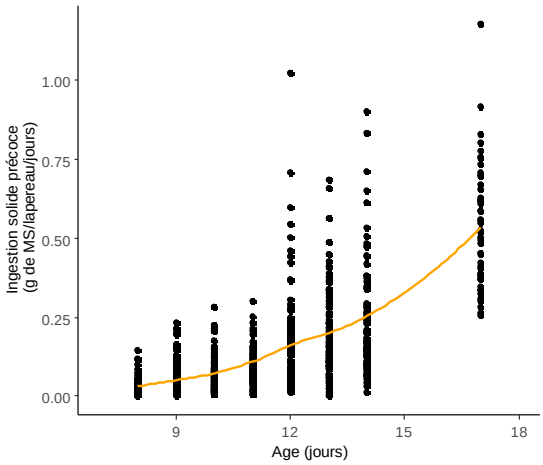


Figure 2 : Cinétique d'ingestion précoce (essais 1 et 2). Chaque point représente l'ingestion totale journalière mesurée par portée et recalculée par lapereau.

L'ingestion précoce est très variable entre les portées (CV=89% à 12j par exemple). Les qualités maternelles des femelles évaluées à travers les mesures de productions laitières et de qualité du nid n'affectent pas les quantités de granulés consommées jusqu'à 21j. En revanche, le poids de portée après égalisation (3j) est positivement corrélé à l'ingestion solide de la portée à deux semaines d'âge (0,4≤r≤0,5 ;

P=0,03). A l'échelle de l'individu, Pajor et al. (1991) avaient constaté que les porcelets sous la mère les plus lourds étaient ceux qui consommaient plus d'aliment pré-sevrage. Les consommations de lait jusqu'à 21j n'étaient quant à elles pas dépendantes du poids de portée après égalisation (P=0,38).

2.3 Caractéristiques physico-chimiques des granulés expérimentaux

Contrairement à ce qui était attendu, les granulés du premier essai présentent des écarts de dureté allant jusqu'à 0,4 MPa (tableau 3). On constate notamment que le granulé C est plus dur que le granulé D (+36%), alors qu'ils présentent des taux de compression et un processus de granulation similaires. Différentes conditions de refroidissement pourraient potentiellement expliquer ces écarts de dureté (Thomas et Van der Poel, 1996). Le granulé D présente également une durabilité anormalement faible (85,7 ± 1,1%). Cette faible résistance mécanique pourrait s'expliquer intrinsèquement par son grand diamètre (moindre cohésion des particules). En effet, il a été montré qu'une augmentation du diamètre des canaux de compression était associée à une réduction de durabilité sur des granulés de 4 à 8 mm de diamètre (Oduntan et Koya, 2016). Afin d'éviter une confusion des effets diamètre/dureté/durabilité, il est donc préférable d'étudier les consommations des granulés A, B et C qui ont des propriétés similaires. Dans le second essai, le granulé G se distingue des granulés de 2,5 mm de diamètre par une dureté plus importante (+0,3 MPa) tandis que le granulé C se distingue de son groupe en étant plus tendre (-0,2 MPa). Nous souhaitions toutefois obtenir des écarts de dureté plus élevés pour étudier ce facteur (à titre de comparaison nous avons mesuré une dureté de 4,11 MPa sur des bouchons de pulpe de betterave). Ces faibles écarts sont en lien avec les taux de compression peu différenciés des filières disponibles pour ces essais. Le profil granulométrique en humide des différents granulés est proche avec en moyenne 62% de particules grossières (>3 mm) (Tableau 3). Les propriétés d'hydratation des granulés, évaluée par des mesures de capacité de rétention en eau et de vitesse de gonflement, n'ont pas été affectées par les différentes granulations.

2.4 Préférences alimentaires

Aucune préférence n'est observée au nid dans le premier essai. La faible activité des lapereaux au cours de leurs deux premières semaines de vie pourrait l'expliquer : leur exploration du nid est limitée et l'ingestion de granulés s'est probablement déroulée de façon aléatoire. Hors du nid, la CR du granulé A est significativement supérieure à 50% quand il est apporté face aux granulés B (P=0.021) et D (P<0.001), et tend à être supérieure à 50% en présence du granulé C (P=0.081) (Figure 3). Si l'on s'intéresse uniquement aux granulés A, B et C, ces résultats tendraient à indiquer la plus grande palatabilité des granulés de petits diamètres, à dureté comparable. Les données de Travel et al., (2009) ont également montré que le lapereaux s'orientaient préférentiellement vers les petits granulés, mais ces derniers étaient également plus tendres. Le granulé D est au contraire rejeté face aux granulés de plus petits diamètres (CR<30% ; P<0.001). En plus de son diamètre élevé, la faible durabilité de ce granulé pourrait également contribuer à sa faible palatabilité puisque les lapereaux ne consomment pas de fines (Maertens, 2010). Dans le second essai, les CR mesurées au sein des traitements testant les granulés de 2,5 mm de diamètre sont équivalentes sur toute la période de l'étude. Concernant les granulés de 4 mm de diamètre, un rejet est observé au nid pour le granulé I en présence du granulé C (CR=40% ; P=0,014) mais cette réponse ne se retrouve pas après

Tableau 3 : Principales caractéristiques physiques des granulés expérimentaux

	A	B	C[1]	D	SEM	E	F	G	SEM	C[1]	H	I	SEM
Taux de compression	5	5	4,5	4		4	4,8	5,6	NC	4,5	5	6	
Diamètre (mm)	2,0	3,0	4,0	6,0	0	2,5	2,5	2,5	0	4,0	4,0	4,0	0
Longueur (mm)	8,9	8,6	8,8	9,4	0,5	8,2	8,8	8,5	0,2	8,8	8,2	8,5	0,2
Dureté (MPa)	1,19	1,36	1,45	1,06	0,15	1,54	1,52	1,76	0,09	1,45	1,69	1,66	0,11
Durabilité (%)	95,4	94,8	92,2	85,7	2,3	93,3	95,1	95,4	1,8	92,2	93,8	93,9	1,4
% de particules restant sur le tamis à maille (mm)													
1 mm	45,7	47,6	43,4	40,5	0,9	46,4	45,43	46,9	0,6	43,4	44,8	48,0	1,0
0,5 mm	8,9	13,4	10,8	10,3	0,6	10,2	10,71	10,7	0,3	10,8	11,3	10,9	0,5
0,315 mm	6,9	6,5	5,6	7,2	0,3	8,1	5,97	6,1	0,5	5,6	4,2	5,8	0,6
0,1 mm	3,4	3,8	4,4	4,1	0,3	3,8	3,44	4,4	0,2	4,4	5,1	3,8	0,5
<0,1 mm	35,1	28,7	35,9	37,9	1,1	31,5	34,45	32,0	0,6	35,9	34,7	31,5	0,7

[1] : granulé C commun aux deux essais (même fabrication)

17j. Aux mangeoires, quand H est en présence de I, ce dernier est moins consommé (CR=39% ; P=0,020). Le granulé I présente le taux de compression le plus élevé, mais cela ne s'est pas traduit par une dureté plus grande. L'effet potentiel de la dureté reste à investiguer en utilisant des filières avec des taux de compression plus contrastés. Il est probable que le lapereau allaité soit sensible à des niveaux de dureté plus élevés puisque Gidenne et Jehl (1999) ont montré que l'ingestion après sevrage (28-35j) était fortement réduite avec des granulés de dureté élevée riches en pulpes de betteraves.

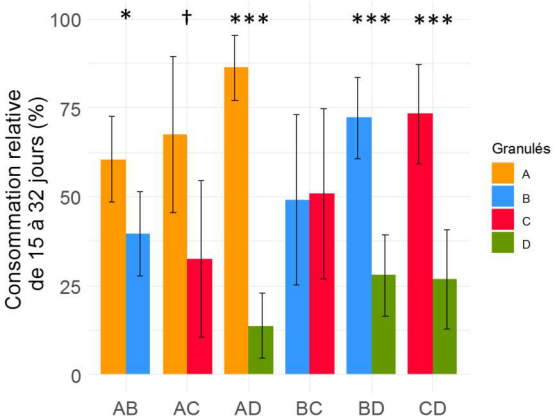


Figure 3 : Préférences alimentaires aux mangeoires selon le diamètre des granulés

Conclusions

Un système d'alimentation au nid permettant de quantifier l'ingestion de granulés chez le lapereau allaité a été testé avec succès. Il a été montré que les portées les plus lourdes à la naissance étaient associées aux niveaux d'ingestion précoce les plus élevés. Des tests de préférences alimentaires ont montré qu'à partir d'un certain âge, les lapereaux étaient capables de discriminer les granulés en fonction de leur diamètre. Les lapereaux n'étaient pas sensibles aux granulés des différentes duretés proposées, sans doute car nos fabrications n'ont pas permis d'obtenir des duretés suffisamment discriminantes. L'aptitude du lapereau à consommer de l'aliment solide et la connaissance de ses préférences alimentaires peuvent être exploitées pour promouvoir l'ingestion précoce et étudier ses effets sur le microbiote digestif et la santé.

Références

Bouvarel, I., 2009. Variation of feed intake in broiler chickens in case of sequential feeding. Thèse de doctorat. AgroParisTech.

Combes, S., Gidenne, T., Cauquil, L., Bouchez, O., Fortun-Lamothe, L., 2014. Coprophagous behavior of rabbit pups affects implantation of cecal microbiota and health status. *J. Anim. Sci.* 92, 652–665.

Fortun-Lamothe, L., Gidenne, T., Lapanouse, A., De Dapper, J., 2000. Technical note : An original system to separately control litter and female feed intake without modification of the mother - young relations. *World Rabbit Sci.* 8, 177–180.

Gidenne, T., Combes, S., Fortun-Lamothe, L., Zemb, O., 2013. Capacité d'ingestion d'aliment sec par le lapereau au nid: interaction avec l'ingestion de fèces dures maternelles. *15èmes Journées de la Recherche Cunicole; Le Mans*, 89–92.

Gidenne, T., Fortun-Lamothe, L., 2002. Feeding strategy for young rabbit around weaning: a review of digestive capacity and nutritional needs. *Anim. Sci.* 75, 169–184.

Gidenne, T., Jehl, N., 1999. Réponse zootechnique du lapin en croissance face à une réduction de l'apport de fibres, dans des régimes riches en fibres digestibles.*8èmes Journées de la Recherche Cunicole; Paris* 109–113.

Gidenne, T., Lapanouse, A., Fortun-Lamothe, L., 2003. Comportement alimentaire du lapereau sevré précocement: effet du diamètre du granulé. *10èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris,* 17-19.

González-Vega, J.C., Kim, B.G., Htoo, J.K., Lemme, A., Stein, H.H., 2011. Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 89, 3617–3625.

Hudson, R., Distel, H., 1982. The Pattern of Behaviour of Rabbit Pups in the Nest. *Behaviour* 79, 255–271.

Kacsala, L., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Radnai, I., Kovács, M., Kasza, R., Nagy, I., Odermatt, M., Atkári, T., Matics, Z., 2018. Early solid additional feeding of suckling rabbits from 3 to 15 days of age. *Animal.* 12, 28–33.

Maertens, L., 2010. Feeding systems for intensive production., in: de Blas, C., Wiseman, J., Allain, D., Blas, E., Carabano, R. (Eds.), Nutrition of the Rabbit. CABI, Wallingford, pp. 253–266.

Oduntan, O.B., Koya, O.A., 2016. Effect of speed, die sizes and moisture contents on durability of cassava pellet in pelletizer. *Res. Agric. Eng.* 61, 35–39.

Padilha, M.T.S., Licois, D., Gidenne, T., Carré, B., Fonty, G., 1995. Relationships between microflora and caecal fermentation in rabbits before and after weaning. *Reprod. Nutr. Dev.* 35, 375–386.

Pajor, E.A., Fraser, D., Kramer, D.L., 1991. Consumption of solid food by suckling pigs: individual variation and relation to weight gain. *Appl. Anim. Behav.* Sci. 32, 139–155.

Piattoni, F., Maertens, L., Mazzoni, D., 1999. Effect of weaning age and solid feed distribution before weaning on performances and caecal traits of young rabbits. *Cah Opt Médit* 41, 85–91.

Presch, S., 1984. A gastric intubation technique for preweanling rabbits and its application in creep feed evaluation. Master Thesis, University of Manitoba, Winnipeg Canada, 96 pp.

Thomas, M., Van der Poel, A.F.B., 1996. Physical quality of pelleted animal feed 1. Criteria for pellet quality. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61, 89–112.

Travel A., Mirabito L., Chanay I. Souchet C, Galliot P., Weissman D., Corrent E., Davoust C. 2009. Préférences alimentaires du lapereau selon le diamètre du granulé dans le cadre d'une alimentation séparée mère–jeunes. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole*; Le Mans, 2-5

Impact du temps d'accès à la mangeoire avant sevrage sur les performances des lapins élevés dans des portées de 11 lapereaux par des lapines allaitantes multipares.

Guené-Grand E.[1]*, Davoust C.[2], Poisson A.[3], Launay C.[1]

[1] NEOVIA, Rue de l'église, 02400 Chierry, France.
[2] INZO, Rue de l'église, 02400 Chierry France
[3] EVIALIS, BP234, 56006 Vannes Cedex, France

* correspondant : eguene@neovia-group.com

Résumé – Le 1er objectif de cet essai est de décrire la croissance et la santé de portées de 11 lapereaux, et le 2nd est d'étudier les effets d'un jeûne alimentaire de 8h par jour entre 25 et 35 jours d'âge. 40 lapines allaitantes multipares sont réparties en 2 lots : dans le 1er, les 20 lapines et leurs 11 lapereaux (portées égalisées à J3) étaient alimentés sans restriction horaire (lot ad libitum : AL) alors que dans le 2nd, ils n'avaient accès à la mangeoire que de 16h à 8h chaque jour (lot restreint : R). Puis, de 35 à 70j, tous les lapins recevaient le même aliment et avaient accès à la mangeoire 12h par jour. L'état sanitaire de cet essai s'est révélé très bon en maternité (0,91% de lapereaux morts dans le lot AL et 2,27% dans le lot R, p>0.05) ainsi qu'en engraissement (0,68% et 0%, respectivement). Il n'y a eu aucun effet du rationnement en maternité sur le poids des lapereaux à 35j (935g vs 929g dans les lots AL et R respectivement, p>0.05) ni sur la consommation d'aliment (712 et 706 g/j/cage respectivement; p>0,05). A 42, 49 et 56 jours, les lapins issus du lot AL étaient significativement plus lourds que les lapins issus du lot R (entre +3% et +2,5%, p<0,01). A 63 et 70 jours d'âge, les poids entre les 2 lots étaient redevenus similaires (p>0,05) grâce à la croissance compensatrice. Le GMQ 35-49j était plus faible chez les lapereaux issus du lot R (-5%, p<0,0001), il n'était pas différent sur les autres périodes étudiées. En conclusion, la réduction du temps d'accès à la mangeoire n'a pas eu d'impact sur la croissance et le statut sanitaire des lapereaux, cette pratique n'est donc pas préconisée. Dans les conditions de cet essai, la conduite avec 11 lapereaux par lapine permet de bons résultats zootechniques, conformes au référentiel Hyplus. Il est rappelé que cette pratique est possible si la technicité et la qualité de lapereaux à la naissance est bonne.

Abstract – Impact of the access time to the feeder before weaning on the growth performance of rabbits raised in litters of 11 rabbits per multiparous rabbit does.
The breeding of 11 rabbits per litter is possible on farms where the technicality and the quality of young rabbits at birth is good. The 1st objective is to raise 11 young rabbits per rabbit does to study the growth of young rabbits, and the 2nd is to study the effects of feed restriction applied 8 hours a day during the 10 days before the weaning. 40 rabbits does and their 11 young rabbits were divided into 2 groups; a 1st one were fed ad libitum while the other one had access to the feeder only from 4pm to 8am each day. From weaning to 70d of age, all rabbits received the same feed and had access to the feeder 12h per day. The sanitary condition of this trial was very good in maternity as well as in fattening. There was no effect of feed restriction during the maternity period on the weight of young rabbits (935g vs 929g for ad libitum and restricted groups, p> 0.05) or the feed consumption recorded (712 vs 706 g/d/cage; p>0,05). At 42, 49 and 56 days of age, rabbits from ad libitum group were significantly heavier than rabbits with restricted access to the feeder (between + 3% and + 2.5%, p <0.01). At 63 and 70 days of age, the weights between the 2 groups were similar (p> 0.05). The ADG over the period 35-49 days of age was different depending on the type of access to the feeder (5% variation, p <0.0001). It was not different over the other periods studied. In conclusion, the reduction in access time to the feeder had no impact on the growth performances and health status of the rabbits. Under the conditions of this trial, breeding 11 rabbits per rabbit does allows good zootechnical results, consistent with the standard.

Introduction

Grâce aux évolutions de la génétique et aux régimes nutritionnels adaptés, il est maintenant possible d'élever jusqu'à 11 lapereaux par lapine allaitante multipare. Cela n'est possible que dans les élevages où le contexte sanitaire est bien maitrisé, et dans lequel il y a une très bonne maitrise technique de l'éleveur, conduisant notamment à des lapereaux de bonne qualité à la naissance (C. Barré, Hypharm - Groupe Grimaud, Communication personnelle, 2019). Cette pratique permet de maximiser la productivité des élevages cunicoles, en augmentant le nombre de lapereaux sevrés, et donc d'améliorer la productivité

en nombre de kilogrammes vendus. Peu d'études scientifiques portant sur 11 lapereaux laissés sous la mère ont été publiées, ce qui constitue l'originalité de ce travail.

Par ailleurs, l'étude porte également sur l'intérêt ou non de réaliser un jeûne avant sevrage pour connaitre l'impact sur la viabilité et les performances techniques des lapins.

L'objectif de cette étude est double. Le premier est d'étudier la croissance de lapereaux qui sont élevés à 11 lapereaux par lapine allaitante multipare et le second est d'étudier les effets d'un jeûne alimentaire de 8h par jour, la semaine précédant le sevrage des lapereaux.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

L'essai a été conduit à la station de recherche NEOVIA située à Saint Nolff (56) entre le 15 juin et le 31 juillet 2018. Il était composé d'une partie en maternité (de 25 à 35 jours d'âge des lapereaux) et suivie en engraissement (de 35 à 70 jours d'âge).

En maternité, 40 lapines Hyplus PS19 non gestantes et leurs portées (issues de l'insémination avec le mâle PS59) ont été séparées en 2 lots selon leur rang de portée, le poids de femelle, et le poids moyen de lapereaux. Le rang de portée moyen était de 5,9. Toutes les portées comportaient chacune 11 lapereaux au moment de l'égalisation, l'objectif étant d'étudier la croissance de portées de 11 lapereaux. Un premier lot de lapines et lapereaux était alimenté sans restriction horaire (lot ad libitum) alors que l'autre n'avait accès à la mangeoire que de 16 h à 8 h chaque jour entre 25 et 35 jours d'âge de lapereaux. Un aliment commercial pré-sevrage était utilisé sur cette période (tableau 1).

Tableau 1 : Composition des 2 aliments de l'essai (en brut, valeurs analytiques)

Aliment pré-sevrage ; 25-35j	
ED théorique (kcal/kg)	2350
Protéine %	14,5
Matière grasse %	2,8
Amidon %	12,0
NDF calculée, %	35,5
ADF calculée, %	20,1
Lignine calculée, %	5,3
Aliment engraissement ; 35-70j	
ED théorique (kcal/kg)	2480
Protéine %	15,7
Matière grasse %	3,3
Amidon %	12,0
NDF calculée, %	34,0
ADF calculée, %	19,9
Lignine calculée, %	6,0

294 lapereaux issus de l'essai maternité ont été sélectionnés pour être suivi en engraissement jusqu'à 70 jours d'âge. Le critère de mise en lot était le poids au sevrage et leur origine maternelle, en respectant l'écart numérique observé sur la totalité des lapereaux. Les lapereaux étaient placés dans des cages collectives, à raison de 7 animaux par cage. Les 21 cages d'un même lot avaient un poids différent, mais la moyenne des poids des 21 cages d'un même lot était le plus proche possible. A partir du sevrage, tous les lapereaux recevaient le même aliment engraissement commercial (Tableau 1), et étaient rationnés de la même façon (12h d'accès à la mangeoire, de midi à minuit).

1.2. Contrôles et mesures

En maternité, les lapereaux étaient pesés de manière individuelle à 25 et 35 jours d'âge ; ainsi que les lapines. La consommation par cage était également enregistrée. Cette consommation était celle de la lapine et de ses lapereaux, il n'était pas possible de différencier la consommation des lapines de celle des lapereaux. La mortalité était relevée de manière quotidienne.

En engraissement, les lapins étaient pesés individuellement chaque semaine entre le sevrage et 70 jours d'âge. La consommation globale était mesurée aux mêmes dates. Un contrôle de morbidité était réalisé sur tous les animaux lors de chaque pesée. La mortalité était enregistrée tous les jours et les causes apparentes de la mort étaient enregistrées.

1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées avec le logiciel R (version 3.5.0). Les données de poids, de GMQ, de consommation et d'IC ont été analysées par analyse de variance (ANOVA). Les données de mortalité et de morbidité ont été comparées par un test de comparaison de fréquence (Chi²). L'effet retenu dans le modèle était le régime reçu en maternité.

2. Résultats et discussion

2.1. Maternité

L'état sanitaire en maternité a été très bon, il n'y a eu aucune lapine morte ni morbide. Parmi les 2 lots de 220 lapereaux suivis en maternité, 2 sont morts dans le lot ad libitum et 5 sont morts parmi ceux avec un accès restreint à la mangeoire, soit 0,91% et 2,27% de mortalité respectivement, $p>0,05$.

Tableau 2 : **Performances des lapines en maternité**

	Accès à la mangeoire		
	Ad libitum	Restreint	Valeur de P
Poids 25j, g	4823	4807	0,90
Poids 35j, g	4658	4653	0,96

Le poids des lapines n'avait pas été affecté par le type d'accès à la mangeoire (Tableau 2). Il est à noter que lors de la pesée à 35j, les lapines n'étaient pas gestantes car elles n'avaient pas été ré-inséminées sur la bande suivant celle-ci.

Les résultats de croissance des lapereaux ainsi que la consommation moyenne journalière par cage sont présentés dans le tableau 3. Ces résultats montrent que les lapines et leurs portées ont été capables de s'adapter à une restriction horaire d'accès à l'aliment ; la consommation alimentaire par cage était très proche entre les 2 lots (p>0,05). La croissance des lapereaux n'était pas altérée par la réduction de l'accès à l'aliment, les poids à 25 et à 35 jours d'âge étaient tout à fait similaires entre les 2 lots. Le poids au sevrage observé dans cet essai est tout à fait en cohésion avec la courbe de croissance lapin de chair Grimaud PS19xPS59 (930 g).

Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Bignon L. et al, 2013 ; ces auteurs démontraient un effet négatif de portées de 11 lapereaux sur les performances et la mortalité de lapereaux en maternité.

Tableau 3 : Croissance des lapereaux et consommation totale (lapine et lapereaux) en maternité

	Accès à la mangeoire		
	Ad libitum	Restreint	Valeur de P
Poids 25j, g	491	491	0,96
Poids 35j, g	935	929	0,69
Ingéré par cage 25-35j, g/j	712	706	0,82

2.2. Engraissement

Le statut sanitaire en engraissement a été très bon ; seul un lapin est mort, il était issu du lot ad libitum en maternité. La morbidité a été également très faible puisque seulement 2 lapereaux ont été morbides, ils ont été enregistrés à 56 jours d'âge, ils étaient issu du lot restreint en maternité. Ils présentaient tous 2 des troubles respiratoires.

Ces résultats montrent que des portées de 11 lapereaux, rationnées ou non en période de pré-sevrage ne présentent pas de problèmes sanitaires lors de la période d'engraissement, dans les conditions de cet essai (rationnement horaire de 12 h par jour du sevrage à 70 jours d'âge).

Tableau 4 : Croissance des lapins en engraissement,

	Accès Ad libitum	Accès Restreint	Ecart-type résiduel	Valeur de P
Poids 35j, g	932	919	79	NS
Poids 42j, g	1253	1215	103	0,002
Poids 49j, g	1698	1642	127	0,0002
Poids 56j, g	2113	2060	147	0,002
Poids 63j, g	2454	2403	163	NS
Poids 70j, g	2686	2643	190	NS
GMQ 35-49, g/j	54,5 1	51,6	5,6	<0,0001
GMQ 49-70j, g/j	47,0 3	47,5	6,0	NS
GMQ 35-70, g/j	50,0	49,2	4,6	NS

Le tableau 4 présente les résultats de croissance des lapins à l'engraissement. A 35 jours d'âge, le poids était équivalent entre les 2 lots, mais à 42, 49 et 56 jours, les lapins ad libitum avant le sevrage devenaient significativement plus lourds (entre +3% et +2,5%, p<0,01) que les lapins dont l'accès à la mangeoire était restreint. En fin d'engraissement, à 63 et 70 jours d'âge, les poids entre les 2 lots étaient redevenus similaires (p>0,05). Le poids à 70 jours d'âge est cohérent avec la valeur indiquée dans le référentiel Hypharm (2560 g). Concernant le GMQ, lors des 2 premières semaines d'engraissement, il était significativement plus élevé pour le lot ad libitum en pré-sevrage que pour le lot restreint (+8% et +3% respectivement, p<0,05). De façon logique, le GMQ 35-49 jours d'âge était différent selon le type d'accès à la mangeoire ; 5% de différence, p<0,0001. Sur les 3 dernières semaines d'engraissement, tout comme sur l'intégralité de la période d'engraissement, les GMQ entre les 2 lots étaient comparables (p>0,05).

Tableau 5 : Consommation des lapins en engraissement

	Accès Ad libitum	Accès Restreint	Ecart-type résiduel	Valeur de P
Consommation 35-49, g/j	101,0	96,3	8,7	NS
Consommation 49-70j, g/j	141,8	140,1	15,5	NS
Consommation 35-70, g/j	126,2	123,3	12,3	NS
IC 35-49, g/j	1,85	1,87	0,10	NS
IC 49-70j, g/j	3,02	2,94	0,28	NS
IC 35-70, g/j	2,52	2,51	0,18	NS

La croissance était donc significativement augmentée en début d'engraissement lorsque les lapins étaient nourris ad libitum en pré sevrage, mais les lapins rationnés sur cette période ont rattrapé leur retard en fin d'engraissement grâce au phénomène de croissance compensatrice, bien connu dans les élevages cunicoles.

Le tableau 5 présente les résultats de consommation et d'indice de consommation entre les 2 types de rationnement appliqués en pré sevrage. Il n'y avait aucune différence significative de consommation entre les 2 types d'alimentation ni d'indice de consommation (p>0,05). Toutefois, bien que ces résultats ne soient pas significatifs d'un point de vue statistique, des variations numériques pouvaient être observées concernant la consommation des lapins en engraissement. En début d'engraissement, les lapins nourris de manière restreinte semblaient consommer un peu moins que les lapins nourris ad libitum en pré-sevrage, ce qui pourrait expliquer le léger retard de croissance observé en début d'engraissement. L'IC est significativement similaire entre les 2 lots (p>0,05).

L'effet de la restriction horaire d'accès à la mangeoire avant sevrage n'a pas d'effet sur les performances lors de l'engraissement de ces mêmes lapereaux. En effet, comme cela a déjà été souligné précédemment, les animaux s'adaptent à de nouveaux horaires de distribution d'aliment, après un petit temps d'adaptation. Cette faculté d'adaptation au rationnement horaire a déjà été démontrée (Duperray et al., 2017).

La consommation alimentaire a été légèrement diminuée lorsque les lapins ont été rationnés en pré-sevrage ; leurs poids à 70 jours d'âge étaient similaires entre les lots, ce qui permet un léger gain d'indice en fin d'engraissement. Un calcul économique permettrait de voir si ces petites variations auraient un impact financier ou non.

Conclusions

Cet essai est original car il a permis de publier des résultats de performances de portées élevées à 11 lapereaux par lapine multipare avec l'application ou non d'un rationnement horaire en période de pré-sevrage. Le statut sanitaire de cet essai a été très bon, que ce soit en maternité ou en engraissement, ce qui a permis d'obtenir des performances de croissance correctes et en accord avec le référentiel fourni par Hypharm.

En conclusion, dans un contexte sanitaire bien maitrisé ; la conduite de 11 lapereaux par lapine allaitante multipare (parité supérieure à 3) permet de bons résultats zootechniques. Toutefois, il est rappelé que pour obtenir de bons résultats, cette pratique ne peut se faire qu'au sein d'un élevage avec une bonne technicité et des lapereaux de bonne qualité à la naissance.

Par ailleurs, la réduction du temps d'accès à la mangeoire avant le sevrage n'a pas d'impact sur les performances de croissance des lapereaux. Cette pratique de restriction d'accès à la mangeoire est plus contraignante qu'un accès à volonté à l'aliment, et ne génère pas de bénéfices particuliers, que ce soit en termes de statut sanitaire ou de performances de croissance. Cette pratique n'est donc pas judicieuse à appliquer sur le terrain.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble du personnel qui a participé à cette étude : Estelle PICARD, Stéphane GUEGAN et Raymond ADELIS, ainsi que la société Hypharm pour tous les échanges techniques.

Références

Bignon L., Bourin M., Galliot P., Souchet C., Travel A., 2013. Impact du nombre de lapereaux laissés au nid sur la carrière des femelles et les performances des jeunes. *15ème journée de la Recherche Cunicole, Le Mans*., 101-104.

Duperray J., Grand E., Picard E., Troislouches G., Launay C., 2017. Effet de différentes durées quotidiennes de jeûne sur l'état sanitaire et les performances zootechniques de lapins en engraissement. *17ème journée de la Recherche Cunicole, Le Mans,* 71-74.

Hypharm – Groupe Grimaud, Courbe de croissance des lapins de chair PS19 x PS59, 2015-09 - rev1 : http://www.hypharm.fr/media/hypharmfiche_ps19xps59_fr__005363400_1707_19072016.pdf

Effets du rapport entre fibres digestibles et indigestibles dans l'aliment sur la santé digestive et les performances des lapins en engraissement.

G. Rebours*, J. Raffin, P. Vastel, S. Reys

Techna France Nutrition, B.P 10, 44220 Couëron, France

* correspondant : gwenael_rebours@techna.fr

Résumé – En nutrition cunicole, on distingue les fibres digestibles (FD) et les fibres indigestibles (FI) qui présentent toutes deux des bienfaits sur la santé et les performances des lapins. Dans la littérature, les FI de l'aliment sont généralement représentées par l'ADF. L'objectif de cette étude est d'approfondir, grâce à une méta-analyse, l'influence du rapport entre FD et FI, grâce au critère FD/ADF, sur le statut sanitaire et les performances de lapins en engraissement. La base de données comprend 28 régimes issus de 8 essais menés dans la même station expérimentale (3856 lapins de souche Hyplus), avec un ratio FD/ADF compris entre 0,73 et 1,03. Au sein de chaque essai, les aliments des différents régimes sélectionnés sont distribués en quantité identique (iso-ingéré quantitatif) et ont des valeurs nutritionnelles similaires (iso-ingéré nutritionnel) hors fraction fibreuse. Sur la totalité de l'engraissement (32 à 71 jours d'âge), on observe une diminution significative du risque sanitaire digestif (RSD) (P<0,01), de la mortalité et de la morbidité (P<0,05) lorsque le ratio FD/ADF augmente. En décomposant le RSD par type de pathologie, cet effet bénéfique se retrouve aussi bien sur l'Entéropathie Epizootique du Lapin (EEL) que sur la parésie (P<0,05), mais pas sur les diarrhées (P=0,27). L'influence du rapport FD/ADF sur le RSD est significative sur la première partie de l'engraissement (32 à 50 jours d'âge), avec une diminution de 2,7 points de RSD par 0,1 point de FD/ADF. En seconde partie de l'engraissement (50 à 71 jours d'âge), cet effet n'est pas significatif mais tend à réduire le RSD de 1,1 point par 0,1 point de FD/ADF (P=0,16). Concernant les performances, le Gain Moyen Quotidien (GMQ) (P=0,96) et l'Indice de Consommation (IC) (P=0,98) ne sont pas modifiés par ce ratio. Ces résultats suggèrent que l'effet bénéfique des FI et des FD sur le statut sanitaire peut être optimisé lorsque leur apport conjoint respecte un certain équilibre.

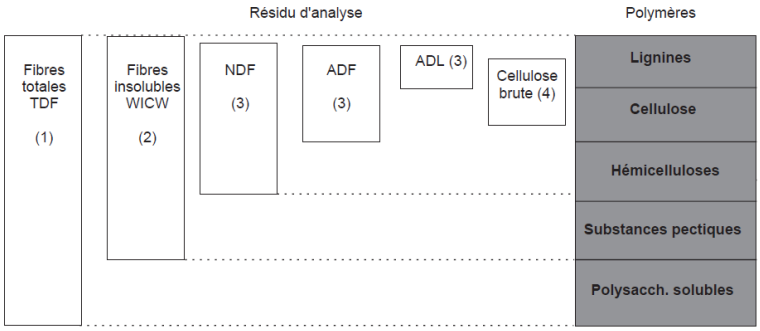
Abstract – Effect of the dietary ratio between digestible and indigestible fibers on the digestive health and performances of fattening rabbits. In animal nutrition, it is common to distinguish digestible fibres (DF) from indigestible fibres (ID), which both have benefits on rabbits' performances and health. In previous studies, dietary ID are usually represented by the ADF. The aim of this study is to explore further by means of a meta-analysis the influence of the ratio between DF and ID thanks to the DF/ADF ratio on the sanitary status and the performances of fattening rabbits. The database contains 28 diets from 8 trials run in the same experimental centre (3856 rabbits from Hyplus genetic), with a ratio DF/ADF ranging from 0,73 to 1,03. Within each trial, feeds from different selected diets are distributed with the same quantity and have a similar nutritional content (excepted for fibre). During the whole fattening period (32 to 71 days old), there is a significant decrease of the digestive sanitary risk (DSR) (P<0,01), the mortality and the morbidity (P<0,05) when the DF/ADF ratio increases. By breaking down the DSR into different types of pathologies, this beneficial effect is also observed on the Rabbit Epizootic Entheropathy (REE) and on paresis (P<0,05), but not on diarrhœæ (P=0,27). The influence of the DF/ADF ratio on the DSR is significant throughout the first part of the fattening period (32 to 50 days old): A 2,7 point reduction of in DSR is observed per 0,1 point of DF/ADF. Throughout the second part of the fattening period (50 to 71 days old), this effect is not significant but tends to decrease the RSD by 1,1 point per 0,1 point of DF/ADF (P=0,16). When it comes to performance, the Average Daily Gain (ADG) (P=0,96) and the Feed Conversion Ratio (FCR) (P=0,98) are not influenced by this ratio. These results suggest that the beneficial effect of DF and IF on health status can be optimized when their intake respects a certain balance.

Introduction

Les fibres sont des constituants importants de la nutrition cunicole, puisqu'elles représentent entre 32% et 51% de la matière sèche des aliments lapin (Gidenne, 2003). On les définit comme étant un ensemble varié de molécules composé principalement de polyosides et des lignines (Gidenne et al., 2015), sachant qu'en alimentation cunicole, on différencie communément les fibres digestibles (FD) des fibres indigestibles (FI) (Figure 1). Les FD comprennent une fraction des hémicelluloses, les pectines, et les polysaccharides solubles, qui ont une digestibilité fécale comprise entre 20% et 80%. Les FI recouvrent la fraction restante des hémicelluloses, la cellulose et la lignine, leur digestibilité fécale étant comprise entre 0% et 20% (Trocino et al., 2013 ; Gidenne et al., 2015). Plusieurs études ont démontré le rôle des fibres alimentaires sur la santé des lapins. Les FD modulent notamment l'activité fermentaire caecale car elles sont un substrat de la flore microbienne, à l'origine de la production d'acides gras volatils (AGV) qui diminuent le pH du cæcum, participant ainsi à la sécurité digestive des animaux (Gidenne, 2003 ; Combes et al., 2011 ; Trocino et al., 2013). Toutefois, Gidenne (2003) recommande une teneur maximale en FD des aliments lapins de 220-240 g/kg d'aliment si le niveau d'ADF minimal requis n'est pas atteint.

Figure 1 : Méthodes gravimétriques de dosage des fibres et nature du résidu d'analyse (Gidenne, 1996)

(1) TDF = total dietary fibre (Lee et al 1992) ; (2) WICW = water insoluble cell-wall (Carré et Brillouet 1989) ; (3) NDF = neutral detergent fibre, ADF = acid detergent fibre, ADL = acid detergent lignin (Van Soest et al 1991) ; (4) selon Weende.



Les FI ont également un effet bénéfique sur la santé des lapins en régulant le transit digestif et pouvant diminuer jusqu'à 20% le temps de rétention de l'aliment dans le tube digestif (De Blas et al., 1999 ; Gidenne, 2003). Cette amélioration de la motilité de l'intestin permet d'éviter la prolifération de bactéries potentiellement pathogènes et l'accumulation des produits de fermentation et des gaz, conduisant à une amélioration du statut sanitaire (Perez et al., 1996 ; Kimse, 2009). Gidenne (2003) recommande dans les aliments lapins une teneur minimum de 170 g d'ADF/kg d'aliment, qui est le critère communément reconnu comme étant représentatif de la teneur globale en FI de l'aliment. Ainsi, les FD et les FI sont des leviers pertinents pour gérer le statut sanitaire des lapins. Cependant, selon Gidenne (2003), les bénéfices des fibres sur le sanitaire peuvent aussi s'accompagner d'effets négatifs lorsqu'elles sont apportées en quantité excessive : pour les FD, augmentation du RSD, et pour les FI, réduction de la digestibilité et de la concentration énergétique de l'aliment, conduisant à une dégradation de l'indice de consommation (IC). Il semble donc important d'apporter dans l'aliment un équilibre optimum de FD et FI. A ce jour, quelques études ont porté sur le rapport FD/FI, dont Gidenne (2003) qui a abouti à une recommandation de FD/ADF<1,3 (avec ADF>15%) pour l'aliment de lapins en engraissement. Mais ces études (Carraro et al., 2007 ; Gidenne, 2003) présentent quelques limites : pour une plage de FD/ADF commune (1-1,3), les risques sanitaires digestifs (RSD) ont évolué de façon différente. De plus, les régimes utilisés présentent des écarts d'ingérés pour les nutriments autres que les fibres.

L'objectif de cette étude est donc d'approfondir, grâce à une méta-analyse, les connaissances sur l'influence du critère FD/ADF sur le statut sanitaire ainsi que sur les performances des lapins en engraissement dans un contexte de différentes modalités d'alimentation (régimes en partie ad-libitum ou non), et ce avec des animaux ayant au sein d'un essai le même ingéré nutritionnel (énergie, protéines, acides aminés).

1. Matériel et méthodes

Une méta-analyse a été réalisée à partir d'une base de données contenant 28 régimes alimentaires (représentant 3856 lapins) issus de 8 essais distincts conduits à la station expérimentale de Saint Symphorien (France), sur des lapins d'engraissement de souche Hyplus. Les essais ont été sélectionnés de façon à ce que au sein d'un essai :

- les régimes aient un ingéré quantitatif et nutritionnel (énergie, protéines, acides aminés) similaire
- le ratio FD/ADF soit différent entre les régimes. On obtient une plage comprise entre 0,73 et 1,03, qui respecte la recommandation de Gidenne (2003) (< 1,3)
- le RSD moyen soit supérieur à 3%. On obtient en période totale une plage comprise entre 3% et 42%.

L'effet du ratio sur l'état sanitaire a été évalué sur plusieurs critères : RSD (cumul de la mortalité et de la morbidité digestives), mortalité, morbidité, Entéropathie Epizootique du Lapin (EEL), parésie et diarrhée. L'effet du ratio a également été évalué sur des performances : Gain Moyen Quotidien (GMQ) et IC. L'ensemble des variables a été analysé à la fois sur les périodes 32-50 jours d'âge (période 1), 51-71 jours d'âge (période 2) et 32-71 jours d'âge (période totale).

Les données ont été analysées par un modèle de covariance (Sauvant et al., 2005) grâce au logiciel R version 3.5.1®.

2. Résultats

2.1. Statut sanitaire

Dans notre base de données, le ratio FD/ADF des différents régimes est compris dans la plage 0,73 à 1,03, avec une moyenne par essai variant entre 0,81 et 0,96 (Tableau 1). Pour la majorité des régimes, les lapins étaient rationnés (26 régimes soit 93%), les autres régimes étant distribués à volonté (2 régimes soit 7%). Le fait d'exclure ces 2 derniers régimes ne modifie pas les tendances décrites ci-après.

Dans notre plage d'étude, lorsque le ratio FD/ADF augmente, le RSD est significativement diminué en période totale ($P<0,01$, $R^2=0.92$), ainsi qu'en première partie de la période d'engraissement ($P<0,05$, $R^2=0,89$). En seconde partie d'engraissement, le RSD tend à être réduit ($P=0,16$, $R^2=0,89$). Ainsi, dans l'intervalle 0,73 à 1,03, on peut prédire que l'apport de 0,1 point de FD/ADF supplémentaire permet de diminuer le RSD de 3,5 points en période totale d'engraissement (Figure 2).

Concernant la mortalité, on observe une diminution en période totale ($P<0,05$, $R^2=0,88$), ainsi qu'en première

partie de la période d'engraissement (P<0,05, R^2=0,89). Par contre, en seconde partie d'engraissement, la mortalité n'est pas réduite (P=0,55, R^2=0,73). Ainsi, l'apport de 0,1 point de FD/ADF supplémentaire permettrait de diminuer la mortalité de 1,7 point en période totale d'engraissement.

La morbidité est significativement réduite en période totale (P<0,05, R^2=0,84), et tend à être diminuée en première partie (P=0,09, R^2=0,84) d'engraissement. En seconde partie d'engraissement, la réponse au rapport FD/ADF diffère selon les essais. Ainsi, l'apport de 0,1 point de FD/ADF supplémentaire permettrait de diminuer la morbidité de 1,9 points en engraissement.

L'analyse a également été réalisée par typologie de pathologie du RSD. Concernant l'EEL, lorsque le ratio FD/ADF augmente, l'EEL est significativement diminuée en période totale (P<0,05, R^2=0,87), et tend à être réduite en première partie (P=0,17, R^2=0,86) et en seconde partie (P=0,11, R^2=0,89) d'engraissement. L'apport de 0,1 point de FD/ADF supplémentaire permettrait de diminuer l'EEL de 2,0 points en engraissement.

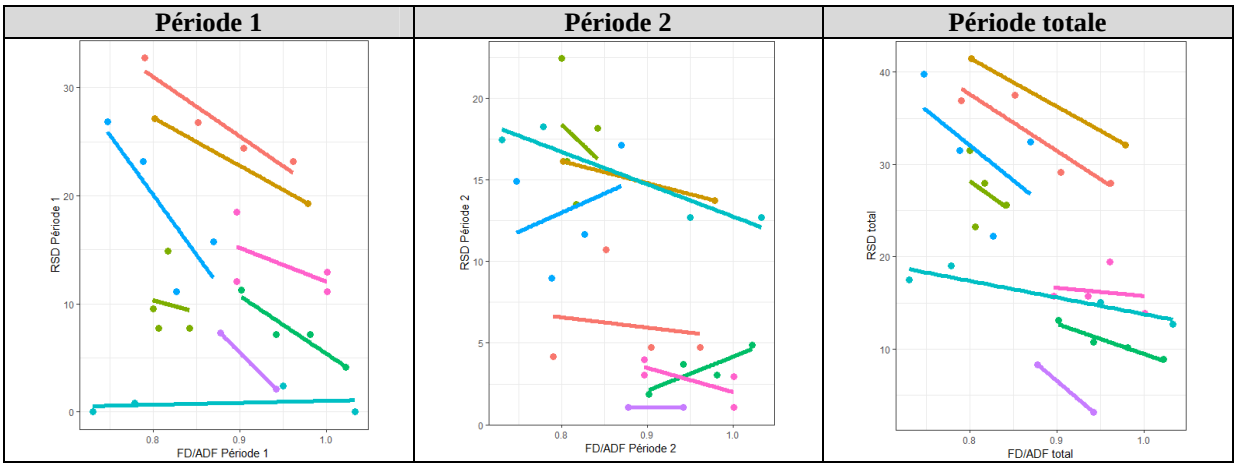
Les parésies sont significativement diminuées en période totale (P<0,05, R^2=0,49), et tendent à être réduites en première partie (P=0,07, R^2=0,50) d'engraissement. En seconde partie d'engraissement, la réponse de FD/ADF diffère selon les essais. Ainsi, on peut prédire que l'apport de 0,1 point de FD/ADF supplémentaire permet de diminuer les parésies de 0,5 point en engraissement.

Tableau 1 : Moyenne et écart-type des valeurs nutritionnelles (FD, ADF, FD/ADF) des aliments utilisés pour des essais de la méta-analyse.

	FD[1] (% brut)	ADF (% brut)	FD/ADF		
Essais utilisés	Moy ± EC	Moy ± EC	Moy	Min	Max
Essai 1	19,3 ± 1,8	22,0 ± 0,2	0,88	0.79	0.96
Essai 2	19,0 ± 3,0	21,3 ± 0,4	0,89	0.80	0.98
Essai 3	17,6 ± 0,5	21,6 ±0,1	0,82	0.80	0.84
Essai 4	21,3 ± 0,1	23,5 ± 1,0	0,91	0.88	0.94
Essai 5	21,2 ± 0,9	22,0 ± 0,2	0,96	0.90	1.02
Essai 6	18,0 ± 2,4	20,8 ± 1,4	0,87	0.73	1.03
Essai 7	17,1 ± 1,1	21,2 ± 0,0	0,81	0.75	0.87
Essai 8	21,1 ± 1,4	22,3 ± 0,2	0,95	0.90	1.0

1: valeur calculée par formulation

Figure 2 : Effet de FD/ADF sur le RSD en première et deuxième périodes, et en période totale d'engraissement.



Enfin, pour les diarrhées, il n'y a pas d'influence du ratio FD/ADF ni en période totale (P=0,27, R^2=0,81), ni en seconde partie d'engraissement (P=0,93, R^2=0,74). En revanche, elles tendent à être réduites en première partie d'engraissement (P=0,06, R^2=0,85).

2.2. Performances

Dans notre étude, les Gain Moyen Quotidien (GMQ) et l'Indice de Consommation (IC) moyens en période totale sont respectivement de 42.7 g/jour et de 2.92. Lorsque le ratio FD/ADF augmente, le GMQ n'est pas significativement impacté ni en période totale (P=0,96, R^2=0,99), ni en première période (P=0,21, R^2=0,97) ni en seconde période (P=0,51, R^2=0,98) d'engraissement. De même, l'IC n'est pas significativement influencé par le ratio FD/ADF ni en période totale (P=0,74, R^2=0,98), ni en première période (P=0,27, R^2=0,68) ni en seconde période (P=0,78, R^2=0,93) d'engraissement.

3. Discussion

Peu d'études se réfèrent au rapport FD/ADF. Concernant le sanitaire, Gidenne (2003) a montré dans le cadre d'une méta-analyse comprenant 16 régimes, que le RSD reste stable (environ 20%) lorsque FD/ADF est compris entre 0,9 et 1,2 (2 régimes) ; puis qu'il augmente jusqu'à environ 65% quand le ratio FD/ADF est compris entre 1,2 et 1,7 (14 régimes) ; aboutissant à une recommandation de

FD/ADF<1,3. Dans une autre étude, l'évolution du ratio FD/ADF de 1 à 1,3 n'a eu aucun impact significatif sur le RSD, bien que ce dernier évolue de 41,7% à 30,6% (Carraro et al., 2007). Ces deux travaux, qui ont étudié l'influence du rapport FD/ADF sur le RSD, obtiennent donc deux résultats contradictoires pour une plage commune de FD/ADF (1-1,3). A noter que dans l'étude de Gidenne (2003), les lapins étaient nourris à volonté tandis que dans les travaux de Carraro et al. (2007) les lapins semblaient rationnés car leur consommation moyenne journalière (CMJ) était de 136 g.

Dans notre étude, lorsque le ratio FD/ADF augmente dans l'intervalle 0,73 à 1,03, on observe une amélioration du statut sanitaire (RSD, mortalité, morbidité) en période totale. Cet effet est plus marqué pour la première partie par rapport à la seconde partie de l'engraissement pour le RSD et la mortalité. De plus, il existe un effet du rapport FD/ADF en période totale sur l'EEL et les parésies, mais pas sur les diarrhées. Concernant les performances, l'IC et le GMQ ne sont pas significativement modifiés par la modulation du ratio FD/ADF dans l'aliment.

Bien que nos plages d'étude du rapport FD/ADF soient différentes, les résultats de nos travaux se rapprochent de ceux de Carraro et al. (2007), car on observe une diminution du RSD, sans modifications significatives des performances, lorsque le rapport FD/ADF augmente. A noter que 93% des régimes de notre étude étaient rationnés, les 7% de régimes distribués à volonté présentant la même tendance que les régimes restreints. Par contre, à notre connaissance, la littérature n'indique pas de résultats du ratio FD/ADF sur les types pathologies (EEL, parésies, diarrhées), et ce par période d'engraissement (32-50, 51-71, et 32-71 jours d'âge). A noter que les conditions de la station expérimentale entrainent peu de développement de parésies (0% à 3,2%), ce qui limite le périmètre d'analyse de ce critère.

Afin de comparer les résultats des différentes études utilisant le ratio FD/ADF, il est important de porter attention à la méthode de calcul des FD. En effet, les FD sont difficilement mesurables, et pour des contraintes d'ordre économique et logistique (temps d'analyse), elles sont généralement calculées et non mesurées (Gidenne, 2003). Ainsi on dénombre dans la littérature plusieurs façons d'estimer les FD (Gidenne, 2003 ; Alvarez et al., 2007 ; Carraro et al., 2007). Il serait donc intéressant, en terme de perspective, d'approfondir cette méta-analyse en utilisant une méthode uniformisée de calcul des FD, ainsi que des aliments ayant un ratio FD/ADF supérieur à 1,03. Ceci nous permettrait de déterminer si, quelque soit la valeur du rapport FD/AFD, le RSD décrit une réponse linéaire ou parabolique.

Conclusions

A partir d'essais menés dans un même contexte d'élevage, cette étude montre qu'il existe un effet bénéfique du ratio FD/ADF sur le statut sanitaire des lapins sans altérer leurs performances, lorsque celui-ci est compris entre 0,73 et 1,03. Cet effet est plus marqué pour la première partie par rapport à la seconde partie de l'engraissement pour le RSD et la mortalité. Ces résultats suggèrent que l'effet bénéfique des FI et des FD sur le statut sanitaire peut être optimisé lorsque leur apport conjoint respecte un certain équilibre.

Références

Alvarez JL., Marguenda I., Garcia-Rebollar P., Carabano R., De Blas C., Corujo A., Garcia-Ruiz A.I., 2007. Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Sci*., 15, 9-17.

Carraro L., Trocino A., Fragkiadakis M., XiccatoG., Radaelli G., 2007. Digestible fibre to ADF ratio and starch level in diets for growing rabbits. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 752-754.

Combes S., Fortun-Lamothe L., Cauquil L., Gidenne T., 2011. Piloter l'écosystème digestif du lapin : pourquoi, quand et comment ?. *14èmes J. Rech. Cunicoles Fr, Le Mans*, 33-48.

De Blas C., Garcia J, Carabano R, 1999. Role of fibre in rabbit diets, a review,. *Annales de Zootechnie*, 48 (1), 3-13.

Gidenne T., 1996, Conséquences digestives de l'ingestion de fibres et d'amidon chez le lapin en croissance : vers une meilleure définition. *INRA Prod. Anim*., 243-254.

Gidenne T., 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention : respective role of low digested and digestible fibre. *Rev Livestock Production Science*, 81, 105-117.

Gidenne T., 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health : a review. *Rev. Animal* ,9, 227-242

Gidenne T, Lebas F., Savietto D., Dorchies P., Duperray J., Davoust C., Fortun-Lamothe L., 2015, Nutrition et alimentation, *Le lapin : de la biologie à l'élevage*, 137-182

Kimse M., 2009.. Caractérisation de l'écosystème caecal et santé digestive du lapin : contrôle nutritionnel et interaction avec la levure probiotique *Saccharomyces cerevisae*, .Thèse, Université de Toulouse., 229 pages + annexes

Perez JM., Gidenne T., Bouvarel I., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Le Naour J., Messager B., Mirabito L., Lamboley B.,1996. Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance : conséquences sur les performances et la mortalité, *Annales de Zootechnie*, 45 (4), 299-309.

Sauvant D., Schmidely P., Daudin J.J., 2005, Les méta-analyses des données expérimentales : applications en nutrition animale, *INRA Prod. Anim.* 18, 63-73

Trocino A., Garcia J., Carabaño R., Xiccato G., 2013. A Meta-analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits, *World Rabbit Sci.*, 21, 1-15.

18èmes Journées de la Recherche Cunicole

réalisées

avec le partenariat privilégié de

Editées par : CUNICULTURE, 87A Chemin de Lasserre, 31450 CORRONSAC
supplément à CUNI*CULTURE*-Magazine – ISSN 2273 - 8142