SYNTHESE : CONTRIBUTION DE LA GENETIQUE ANIMALE A LA TRANSITION AGROECOLOGIQUE DES SYSTEMES D'ELEVAGE CUNICOLE

Mélanie Gunia, Frédéric Douhard, Davi Savietto, Marion Sautier, Valérie Fillon, Rachel Rupp, Carole C. Moreno, Sandrine Mignon-Grasteau, Hélène Gilbert, Laurence Lamothe, et al.

▶ **To cite this version:**

Mélanie Gunia, Frédéric Douhard, Davi Savietto, Marion Sautier, Valérie Fillon, et al.. SYNTHESE : CONTRIBUTION DE LA GENETIQUE ANIMALE A LA TRANSITION AGROECOLOGIQUE DES SYSTEMES D'ELEVAGE CUNICOLE. Journées de la Recherche Cunicole, ITAVI; INRAE; ASFC, Mar 2023, Le Mans (72000), France. hal-04047827

HAL Id: hal-04047827
https://hal.inrae.fr/hal-04047827

Submitted on 27 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

JRC

JOURNÉES DE LA RECHERCHE CUNICOLE

Ebook des présentations

22 & 23 mars 2023,
Le Mans

Co-organisées par

ITAVI

Association Scientifique Française de Cuniculture
ASFC
www.asfc-lapin.com

INRAE

N°1 en Europe en Nutrition du Lapin

(24 millions de lapins nourris chaque année avec notre expertise)

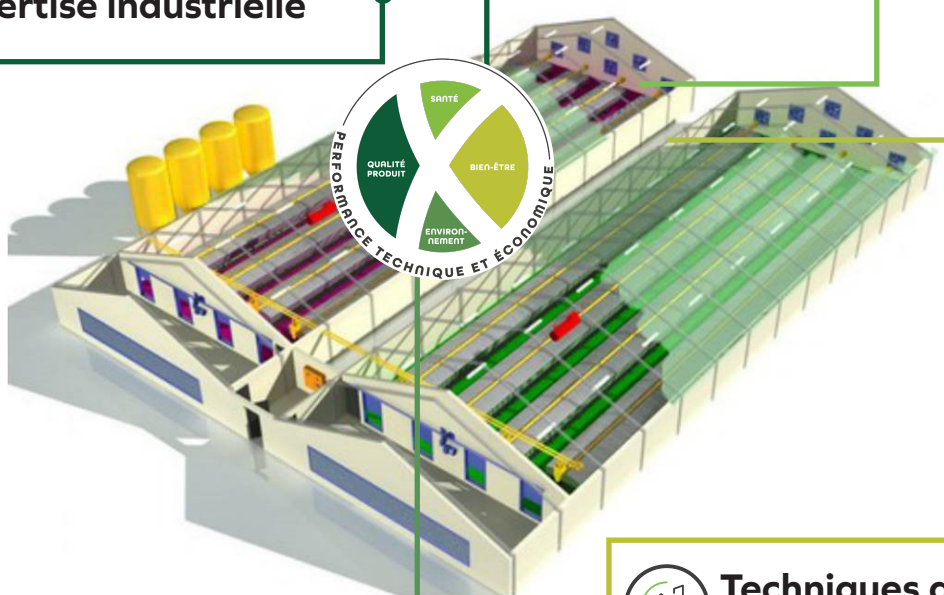
Matières premières
Expertise nutritionnelle
Matrice spécifique

Expertise industrielle

Outils et conseils en PROJET d'ELEVAGE

STABI'Projet DUO'clim System'DUO TECHNIQUE CUNICOLE

➔Performances techniques et économiques élevées



Techniques d'élevage & solutions informatiques

Lactafix Duréfix L@picOnnect ELIOTT les lapins pilotent

➔ Solutions informatiques : Lapins, lapines, réformes

Expertise en logements alternatifs

Cuniloft ➔Groupes au sol

DUO'flex parc plein air

➔Expertise en Parcs, Combi'Parcs...

Plus de 19 ans d'innovations en lapin à votre service !

Grâce à une gamme de produits (Prémix, solutions innovantes, produits liquides...) et de services (formulation spécifique...) dédiées aux lapins, nous offrons un service complet adapté à vos objectifs !

contact@mixscience.eu
www.mixscience.eu

miXscience INNOVATE FOR LIFE

© Marketing miXscience - Janvier 2023

TECHNA
More than Nutrition

ACTEUR INTERNATIONAL RECONNU DES FILIÈRES CUNICOLES

TECHNA conçoit des solutions additives & digitales et déploie ses expertises adaptées aux besoins de ses clients fabricants d'aliments sur leurs marchés.

Sa dynamique scientifique s'appuie sur des leviers majeurs comme le Centre de recherches Euronutrition ainsi que des partenariats techniques et industriels.

Forte de son équipe d'experts dédiés, TECHNA accompagne les projets cunicoles de ses clients en nutrition de précision, techniques d'élevages et choix stratégiques.

Zoom sur les thématiques phare de TECHNA :

- *Attentes sociétales & bien-être animal*
- *Fibres & santé digestive*
- *Démédication & Immunité*
- *Comportement et stratégies alimentaires*
- *Valorisations nutritionnelles & expression du potentiel*
- *Pilotage technico-économique collaboratif*

Internationally recognized player in the rabbit industry

Nos experts cunicoles / Our rabbit experts
Jennifer Raffin, Gwenaël Rebours & Paméla Vastel

TECHNA designs additive & digital solutions and deploys its expertise adapted to the needs of its feed mill clients in their own markets.

Its scientific dynamics is based on major levers such as the Euronutrition Research Centre as well as technical and industrial partnerships.
With its team of dedicated experts, TECHNA supports its clients in their rabbit farming projects in terms of precision nutrition, breeding techniques and strategic choices.

Focus on TECHNA's key topics:

- *Societal expectations and animal welfare*
- *Fibre & digestive health*
- *Demedication & Immunity*
- *Behaviour and feeding strategies*
- *Nutritional valorisation & potential expression*
- *Collaborative farm monitoring*

www.groupe-techna.com
contact-techna@groupe-techna.com
+33 02 40 85 41 41

EXPERTISE NUTRITION

Wisium et Evialis apportent à ses clients fabricants d'aliments son expertise Nutrition pour le choix des matières premières, les niveaux nutritionnels selon les besoins physiologiques des lapines et leurs lapereaux.

Nos **outils de recherche et développement en conditions challenge ou zootechnique** permettent de tester et valider l'ensemble de nos bases alimentaires et nos additifs nutritionnels.

L'appui terrain, la formation, les outils d'aide à la décision autour des performances accompagnent les éleveurs dans une approche globale gage de compétitivité.

La nutrition de précision et la maitrise des coûts alimentaires sont des priorités majeures dans nos actions.

LAPETY Wellap

BIEN-ÊTRE

Nutrition et éthologie du lapin au sol

P4L PARTNER FOR LIFE

DÉMÉDICATION

Le pilotage sanitaire des lapines

Gestion du jeune lapereau et de sa croissance

wisium NUTRITION & BEYOND

EVIALIS

ADM

Table des matières

Systèmes d'élevage, Economie, Environnement **1**

Déterminants, motivations et résistance aux changements concernant la réglementation sur le bien-être animal chez les éleveurs de lapins français, Chiron Pierre [et al.] 1

Création d'une " charte interprofessionnelle de bonnes pratiques en élevage cunicole ", Travel Angélique [et al.] 7

Démédication : analyse de 10 ans d'évolution des usages., Pedro Vincent [et al.] . 12

Croissance et viabilité des lapins engraissés en logement alternatif avec accès à un jardin d'hiver : 1ers résultats, André Flavie [et al.] 17

GAELA – une application smartphone pour une gestion assistée d'un atelier cunicole et le référencement des performances., Gidenne Thierry [et al.] 21

SYNTHESE - Cuniculture biologique ou au pâturage : systèmes, règlementation, performances technico-économiques, Gidenne Thierry [et al.] 26

Physiologie et qualité de la viande **38**

Une supplémentation en polyphénols module la maturation du microbiote et de l'épithélium intestinal lors de l'introduction de l'alimentation solide, Beaumont Martin [et al.] 38

Intérêt nutritionnel d'une gamme de produits de charcuteries élaborés avec de la viande de lapins recevant une alimentation enrichie en DHA d'origine algale, Palacios Clarisse [et al.] 45

Alimentation **50**

SYNTHESE : Introduction d'aliment solide au début de la vie, une stratégie de pilotage du microbiote pour préserver la santé du lapin ?, Paës Charlotte [et al.] . 50

Valeur nutritive de luzerne arborescente, de chou, et de seigle immature, en cuniculture biologique., Goby Jean Pierre [et al.] 59

Le sainfoin déshydraté en alimentation cunicole: effets d'une incorporation élevée sur les performances et la santé des lapines et des lapins en croissance, dans un environnement d'élevage sous-optimal, Gayrard Cécile [et al.] 63

Effet de taux élevés de chlorure de sodium sur l'état sanitaire, les performances de croissance et d'abattage de lapins en croissance, Colin Michel [et al.] 68

Impact de la teneur en Phosphore des aliments des lapins en engraissement sur leur performances et sur la teneur en phosphore de leurs déjections., Launay Claire [et al.] 73

Comparaison de deux programmes horaires de distribution d'aliment avant sevrage sur les performances des lapines en maternité et de leurs lapereaux, Robert Raphaël [et al.] 76

Reproduction **81**

Étude de la fraction protéique du lait de lapine de la population blanche pendant la période claustrale : lien avec la mortalité néonatale, Amroun Thilali [et al.] . . 81

Variabilité de la composition en oligosaccharides du lait et lien avec la carrière reproductive des femelles, Combes Sylvie [et al.] 86

Effets d'une exposition aigue a un pesticide sur les fonctions ovarienne et utérine chez la lapine de souche synthétique algérienne., Daoudi Zerrouki Nacira 91

Comportement, BEA, Logement **97**

Production et circulation des connaissances et des représentations relatives au Bien-Etre Animal au sein d'un Living-Lab : le cas du Living-Lab Lapin (3L), Doré Antoine [et al.] 97

Evaluation d'aménagements des logements visant à améliorer le bien-être des lapins en croissance et des lapines, Warin Laura [et al.] 102

Etude du comportement du lapin d'engraissement selon quatre modes de logement, Rebours Gwénaël [et al.] 108

Etude du comportement et de l'utilisation de l'espace de lapins en croissance élevés dans un nouveau système de parcs au sol, Gohier Charly [et al.] 113

Développement d'une méthode de dosage de la corticostérone pilaire chez les lapins pour évaluer leur stress et leurs capacités d'adaptation, Fillon Valérie [et al.] . . . 118

Génétique **124**

SYNTHESE : Contribution de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage cunicole, Gunia Mélanie [et al.] 124

Etude de la résilience de l'holobionte suite à une rupture de transmission symbiotique dans 2 lignées de lapins sélectionnées sur l'efficacité alimentaire, Renevey Marie [et al.] 137

Une expérience de sélection pour la résistance non-spécifique aux maladies, Gunia Mélanie [et al.] 142

Analyse génomique de la composition du microbiote caecal du lapin, Le Graverand Quentin [et al.] 146

Amélioration de l'efficacité de la sélection sur le rendement carcasse du lapin, Maupin Mickaël [et al.] 151

Pathologie, statut sanitaire **156**

SYNTHESE : Principes, cadre d'analyse et leviers d'action pour une gestion intégrée de la santé en élevage cunicole., Lamothe Laurence [et al.] 156

Etude SURVRECI : maîtriser les récidives de VHD dans les élevages cunicoles français, Huneau Adeline [et al.] 167

Liste des auteurs **171**

Systèmes d'élevage, Economie, Environnement

DÉTERMINANTS, MOTIVATIONS ET RÉSISTANCE AUX CHANGEMENTS CONCERNANT LA RÉGLEMENTATION SUR LE BIEN-ÊTRE ANIMAL CHEZ LES ÉLEVEURS DE LAPINS FRANÇAIS

Chiron P.[1], Doré A.[2], Fortun-Lamothe L.[1*]

[1] GenPhyse, INRAE, Université de Toulouse ENVT, 31320 Castanet-Tolosan, France
[2] AGIR, INRAE, Université de Toulouse, 31320 Castanet-Tolosan, France

[*]Auteur correspondant : laurence.lamothe@inrae.fr

Résumé – Dans un contexte d'évolution probable de la réglementation (initiative citoyenne « fin de l'ère en cage », ce travail vise à étudier les déterminants, les motivations et/ou les résistances aux changements chez les éleveurs de lapins en France. Nous avons tout d'abord réalisé 29 entretiens exploratoires que nous avons étudiés à travers une analyse thématique. Nous avons ensuite évalué le rapport au changement des éleveurs de lapins français grâce à un questionnaire proposé en ligne. Le rapport au changement a été évalué à travers deux variables synthétiques résumant l'intérêt pour l'innovation et les pratiques d'évolution (faible, moyen, fort). Les effets des variables technico-économiques et socio-démographiques (attributs sociaux, motivations internes et externes) sur le rapport au changement ont été analysés à l'aide de tests de Chi^2 et V de Cramer. Nous avons obtenu 78 questionnaires complets. Les résultats montrent un lien entre l'appétence pour l'innovation et les pratiques d'évolution ($P<0.001$). Il y a plus de variables sociodémographiques (33%, 21/63 ; $P<0,05$) que de variables technico-économiques (5%, 1/19 ; $P<0,05$) qui sont liées au rapport au changement. Les pratiques d'évolution sont plus influencées par les variables de motivations internes (6/16, économiques, techniques, facilitation du travail/confort des intérêts de l'agriculteur) que par les motivations externes (3/21, incitations sociétales, groupe familial ou environnement social proche). Ces résultats suggèrent que l'accompagnement de la transition doit être pensé en termes de types d'agriculteurs plutôt que de types d'exploitations.

Abstract – Determinants, motivations and resistance to change regarding animal welfare regulations among French rabbit farmers. The aim of this study is to investigate the determinants, motivations and/or resistances to change concerning animal welfare regulations among rabbit farmers in France. First, we conducted 29 exploratory interviews which we studied through a thematic analysis. We then assessed French rabbit farmers' attitudes to change using an online questionnaire. The relationship to change was evaluated through two synthetic variables summarizing evolutionary practices and the appetite for innovation (low, medium, high). The effects of the technical-economic and socio-demographic variables (social attributes, internal and external motivations) on the appetite for innovation and evolution practices were analyzed using Chi-square and Cramer's V tests. We obtained 78 complete questionnaires. The results showed a link between innovation appetite and evolutionary practices ($P<0.001$). There were more socio-demographic variables (33%, 21/63; $P<0.05$) than technical-economic variables (5%, 1/19; $P<0.05$) related to the relationship with change. Change practices are more influenced by internal motivation variables (6/16, economic, technical, work facilitation/comforting the farmer's interests) than by external motivations (3/21, societal incentives, family group or close social environment). These results suggest that transition support should be thought in terms of types of farmers rather than types of farms.

Introduction

Les consommateurs sont de plus en plus soucieux du bien-être des animaux et opposés aux systèmes d'élevage en cage (Delanoue et al., 2018). À la suite de l'initiative citoyenne européenne " End the Cage Age ", l'Europe s'est engagée à proposer de nouvelles réglementations interdisant l'élevage en cage (Rojek, 2021). Pour accompagner cette transition, il semble donc important de mieux connaitre les resistances et les motivations des éleveurs pour le changement. Dans cette étude, les changements renvoient majoritairement à des modifications du logement (taille, aménagements, nature du sol, enrichissements) ou de la conduite des animaux (logement des femelles en groupe par exemple).

Des travaux précédents ont montré que les caractéristiques sociales telles que l'âge et le niveau de formation agricole ont un effet sur les pratiques des agriculteurs (Liu et al., 2018 ; Borges et al., 2019). Les motivations économiques (productivité, prix; Borgen et Skarstad, 2007 ; Singha et al., 2012) ou non économiques (représentations sociales de l'animal et du bien-être animal ; Dockès et Kling-Eveillard, 2007 ; Borgen et Skarstad, 2007 ; Wellbrock et al, 2009) ainsi que les incitations externes (image sociale de la profession, appartenance à un groupement de producteurs; Michel-Guillou et Weiss, 2007 ;

Delanoue et al., 2018 ; Borges et al., 2019) ont aussi une influence sur les facultés d'adaptation des agriculteurs.

Les facteurs techniques à l'origine des améliorations et des innovations en élevages cunicoles sont en partie connus (Le Bouquin et al., 2013), mais on connaît beaucoup moins les facteurs sociologiques à l'origine des changements. Toutefois, des travaux ont montré que certains déterminants sociaux, tels que la législation, les systèmes de prime de prix fournis par l'abattoir, la volonté de développer un nouveau segment de marché et la collaboration collective pour répondre aux attentes sociétales jouent un rôle (de Greef et Rommers, 2021).

Dans ce contexte, ce travail avait pour objectif de comprendre les motivations et/ou les résistances des éleveurs.euses cunicoles à l'adoption de changements concernant la réglementation européenne à venir sur le bien-être animal. L'originalité de cette étude est de considérer à la fois les facteurs techniques et économiques mais aussi les facteurs sociodémographiques. L'étude comporte deux étapes complémentaires : (i) une étude qualitative exploratoire qui a servi de base pour construire (ii) un questionnaire déployé en ligne pour une étude quantitative.

1. Matériel et méthodes

1.1. Étude qualitative

Nous avons conduit des entretiens semi directifs (2h environ) auprès de 29 éleveu.rs.ses de lapins variant sur le sexe (8 femmes et 21 hommes), l'âge (moyenne 46 ans [23-63]), l'affiliation à un groupement de producteurs (24 affiliés et 5 indépendants), le débouché commercial (7 vente directe, 19 circuit long, 3 mixte), la localisation géographique, l'expérience professionnelle (moyenne de 22 ans [1-43]) et le nombre de lapines (moyenne 891 lapines [9-2300]).

1.2. Étude quantitative

Le questionnaire en ligne contenait 176 questions portant sur 9 thèmes (30 min): les caractéristiques économiques et techniques de l'atelier (nombre de lapines et de cages mère, type de bâtiments et de logements, emprunts et investissements…), la situation et la caractérisation sociologique des exploitants (âge, lieu de résidence principale, diplômes agricoles, diplômes du conjoint, milieu social d'origine, engagement.s personnel dans des associations et engagement.s professionnel.s), le statut et l'identité professionnelle (année d'installation, reprise de l'exploitation familiale, statut juridique de l'exploitation, nombre d'associés et de salariés, processus de vente), les évolutions de l'atelier cunicole et les perceptions de l'éleveur concernant les attentes sociétales autour de l'élevage. Le questionnaire a été réalisé en ligne en fin 2021 et a permis de recueillir 78 réponses complètes. La population des répondants avait les caractéristiques suivantes : 47 ans [8 % avaient moins de 30 ans et 33 % avaient plus de 55 ans], 67% d'hommes, origine variée (Pays de la Loire 30% ; Auvergne-Rhône-Alpes 20%, autre 50%), conduite en bande unique 54%, 941 femelles reproductrices [738-1143].

1.3. Analyses statistiques

Pour objectiver le rapport au changement, nous avons créé deux variables composites: (i) l'intérêt pour l'innovation **(IN)** en agrégeant les réponses sur la confiance dans les progrès permis par les innovations techniques, la nature des changements déjà réalisés; l'attrait pour la nouveauté et les aspects visés pour l'amélioration ; (ii) les pratiques d'évolutions **(EV)** en agrégeant les réponses sur les changements de pratiques (logement, gestion, alimentation, etc.) ou de conduite des animaux et la mise en place d'essais sur la ferme. Chaque variable contenait 3 classes : faible (n= 26 et 22 élevages, respectivement), moyen (n= 24 et 39) et fort (n=28 et 17).

Nous avons classé les variables indépendantes (variables explicatives) en quatre catégories : (i) les facteurs technico-économiques (19 variables telles que la taille de l'exploitation, le nombre de lapins et les prêts existants), (ii) les attributs sociaux (27 variables telles que l'âge, le niveau d'éducation, la catégorie socioprofessionnelle des parents), (iii) les motivations internes (16 variables telles que les dimensions économiques, techniques de l'atelier ou le travail et la santé de l'éleveur) et (iv) les motivations externes (21 variables telles que les influences extérieures de la société, de la famille ou de l'environnement social proche (voisins, amis)).

Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique R, version 4.1.3 (R Core Team, 2020). L'existence de relations entre les variables indépendantes (facteurs technico-économiques, attributs sociaux, motivations internes et motivations externes) et les variables dépendantes (**IN** et **EV**) a été testée à l'aide du Chi^2 et l'intensité de la relation a été testée à l'aide du V de Cramer. Tous les liens statistiques entre les variables sont disponibles (Chiron et al., 2022).

2. Résultats et discussion

2.1. Étude qualitative

Nous avons identifié neuf thèmes qui caractérisent les motivations des éleveurs de lapins et 8 thèmes qui caractérisent les résistances (Tableau 1). Certains thèmes sont identifiés à la fois comme des motivations et des résistances au changement. L'économie est le thème commun le plus cité (n=19 et 19, respectivement). Pour les motivations, le thème « économie » concerne l'augmentation de la productivité et la rentabilité, le positionnement sur un segment de marché (niche), ou le changement de pratiques pour économiser de l'argent (arrêt des antibiotiques). Pour les résistances, le thème « économie » concerne le refus des prêts par les banques, la lourdeur des investissements, le prix des produits pour les consommateurs. Viennent ensuite les

conditions de travail (n=16 et 12), la conception du bien-être des lapins (n=6 et 7), les attentes sociétales (alignement ou désapprobation; n=10 et 8), la dimension matérielle (opportunité ou scepticisme; n=10 et 10) et la santé animale (n=18 et 7). Il y a 3 thèmes spécifiques aux motivations: le soutien à la filière cunicole (n=19), l'intérêt pour l'innovation (n=6) et l'adhésion aux normes de certification (n=4). Il y a 2 thèmes spécifiques aux résistances : l'incertitude sur l'avenir (n=8) et l'âge (proche de la retraite ; n=4). Les entretiens ont aussi permis d'identifier ce que les éleveurs aiment ou pas dans leur métier et ce qu'ils identifient comme des menaces (Figure 1). Le sujet du bien-être animal est cité dans plusieurs thèmes, à la fois comme une motivation (alignement avec les demandes sociétales) et un frein au changement (scepticisme à l'égard des nouveaux systèmes, dégradation de la santé animale ou des conditions de travail).

Tableau 1 : Les catégories de résistance et de motivations des éleveurs cunicoles pour le changement.

Freins	Motivations
Économie (pertes ; 19[1])	Économie (gains ; 19[1])
Détérioration des conditions de travail (12)	Soutien de l'industrie cunicole (19)
Scepticisme à l'égard des nouveaux systèmes (10)	Améliorer/préserver la santé des animaux (18)
Désaccord avec les attentes sociétales (8)	Améliorer/préserver les conditions de travail (16)
Incertitude sur l'avenir (exploitation ou filière ; 8)	Alignement avec les attentes sociétales (10)
Dégradation de la santé des animaux (7)	Fenêtre d'opportunité (10)
Situation actuelle perçue comme satisfaisante pour le bien-être animal (7)	Intérêt pour l'innovation (6)
Âge avancé (pour investir ; 4)	Conception positive du bien-être animal par les agriculteurs (6)
	Adhésion aux normes de certification/label (4)

[1] le nombre indique le nombre d'éleveurs ayant indiqué ce type de frein ou de motivation.

2.2. Étude quantitative

Les variables intérêt pour l'innovation (**IN**) et pratiques d'évolution (**EV**) sont fortement corrélés (P < 0,001). Le Tableau 2 montre les relations entre ces deux variables. Les résultats suggèrent que l'éleveur est le principal moteur des changements (plus que le technicien ou conseiller commercial) en accord avec Ducrot et al. (2018).

Le Tableau 3 montre que les variables sociodémographiques (trajectoire professionnelle dont expérience non agricole, diplôme agricole, niveau d'éducation du conjoint de l'agriculteur) ont plus d'influence que les variables technico-économiques. Ceci est en accord avec des études précédentes (Lund et al., 2004).

Tableau 2 : Relation (%[1]) entre l'intérêt pour l'innovation (IN) et les pratiques d'évolution (EV).

	Pratiques d'évolution (EV)		
	Faible	Moyen	Fort
Intérêt pour l'innovation (IN)			
Faible	20	9	4
Moyen	8	19	9
Fort	0	22	9
Total	**28**	**50**	**22**

[1] Cette relation est statistiquement significative (P<0,001)

Les résultats montrent que l'établissement d'objectifs d'amélioration pour une ou plusieurs dimensions de l'atelier cunicole (travail, bien-être, santé…) est un facteur positif de changement de pratiques. Les objectifs d'amélioration portent généralement sur l'amélioration des performances de production, des conditions de travail, du bien-être ou de la santé des animaux.

Tableau 3 : Nombre de variables technico-économiques et socio-démographiques ayant un effet (+) ou non (-) sur l'intérêt pour l'innovation (IN) et/ou les pratiques d'évolution (EV)

		Socio démographique		
	Technico économique	Attributs sociaux	Motivations internes	Motivations externes
IN-/EV-	18	23	7	13
IN+/EV+	0	2	0	1
IN+/EV-	0	0	3	4
IN-/EV+	1	2	6	3
Total (%)	**19 (23%)**	**27 (33%)**	**16 (19%)**	**21 (25%)**

Les volets qualitatif et quantitatif de ce travail confirment que les éleveurs de lapins souhaitent améliorer leur exploitation et leurs pratiques à la fois pour des raisons financières et non financières, comme cela a été démontré précédemment pour diverses communautés d'éleveurs (Borgen et Aadnegard Skarstad, 2007). Ici, les raisons financières concernent généralement la motivation à améliorer la rentabilité, à faire des économies en réduisant ou en arrêtant des pratiques coûteuses telles que la supplémentation médicamenteuse, ou à pénétrer un segment de marché pour obtenir une prime de prix associée. Les raisons non financières visent à améliorer les conditions de travail en réduisant la pénibilité du travail et/ou le temps nécessaire aux tâches professionnelles. Les éleveurs de lapins ont également indiqué que l'amélioration pouvait porter sur le bien-être des animaux, par l'installation d'enclos au sol et de sols en plastique évitant les blessures aux coussinets plantaires. Nous constatons que les incitations sociétales ont moins d'effet pour faire évoluer les pratiques des éleveurs que le désir intrinsèque de changer qui est une condition préalable essentielle à la décision de progresser, comme cela a été montré pour la réduction de l'usage des antibiotiques (Ducrot et al.,

2018). Les raisons financières et non financières peuvent parfois entrer en synergie pour soutenir le changement comme cela est illustré par l'exemple des blessures aux coussinets plantaires des femelles, demande sociétales en lien avec le bien-être animal (raisons non financières) et réduction des pertes économiques liées à ces blessures (traitements, temps de soin, réformes ; raisons financières ; Borges et al., 2019).

L'image que l'éleveur de lapins a de son activité professionnelle, c'est-à-dire sa satisfaction générale à l'égard de son exploitation, le sentiment et la fierté que l'éleveur de lapins retire de sa profession, joue un rôle important dans le rapport que ces derniers entretiennent au changement. De même, la perception qu'a l'éleveur de l'avenir de son exploitation et de la filière cunicole influence sa réceptivité au changement. Les éleveurs de lapins ayant une vision optimiste de l'avenir obtiennent des scores plus élevés en matière de pratiques favorables au changement ou d'intérêt pour l'innovation. A l'inverse, l'incapacité à planifier l'avenir, l'instabilité du marché du lapin, les changements dans le secteur cunicole, la diminution du nombre d'éleveurs de lapins d'année en année et l'incertitude quant à la reprise ou non de l'exploitation ont tous été mentionnés comme des freins au changement. Ceci est concordant avec ce qui a été montré en production porcine (Wellbrock et al., 2009).

L'image sociale de la production de lapin a une influence sur le rapport au changement (motivation externe). Ainsi, les éleveurs considérant avoir une bonne image sociale ont un score élevé d'intérêt pour l'innovation et un score élevé de pratique pro-changement. A l'inverse, les campagnes médiatiques attirant l'attention sur les conditions de logement des lapins peuvent donner une mauvaise image de leur profession et les empêcher de s'engager dans la transition. L'environnement familial (parents, conjoints, enfants) influence également les décisions et les pratiques des éleveurs, en termes d'organisation du temps de travail (Dufour et Dedieu, 2010), de sens donné au travail (Fiorelli et al., 2014), de décisions concernant l'atelier. De manière inattendue, on a constaté que les relations plus éloignées de l'agriculteur, telles que les voisins et les amis, influençaient l'intérêt pour l'innovation, notamment par le biais de discussions autour du bien-être animal.

Bien que l'étude quantitative n'ait pas révélé de lien entre le niveau d'attachement à un groupement de producteurs et la réceptivité au changement, l'étude qualitative a montré que le soutien des acteurs de la filière lapin était un levier de changement. Appartenir à un groupement de producteurs, c'est bénéficier du soutien de techniciens qui peuvent proposer d'apporter des changements, ou avoir le soutien de la communauté pour innover. Les organisations de producteurs jouent un rôle déterminant dans l'évolution des pratiques des éleveurs par le biais de cahiers des charges ou de formations de professionnels ou par des primes de prix directes comme celles garanties par l'abattoir (de Greef et Rommers, 2021).

Nos résultats montrent aussi que la perception de la future réforme "End the Cage Age" (Rojek, 2021) est liée au rapport au changement, mais ce rapport est personnel. Les incitations sociétales augmentent l'intérêt et les pratiques d'innovation chez certains et la réduisent pour d'autres.

Notons aussi que bien que cette étude propose une complémentarité entre une méthode qualitative et quantitative, les tests mobilisés sur les données issues du questionnaire présentent une limite. Les liens et leur intensité ne doivent pas être confondus avec des relations de causalité (cause à effet). Autrement dit, ces liens prennent place dans un contexte. Nous ne pouvons pas parler d'effet brut puisque l'existence de ces liens peuvent dépendre d'autres variables.

Conclusions

Les incitations sociétales poussent la filière cunicole et les éleveurs de lapins à évoluer vers une plus grande prise en compte du bien-être animal. Cette étude montre que les facteurs sociodémographiques, à savoir les motivations internes et externes, ont une plus grande influence sur les attitudes des éleveurs cunicoles français face au changement que les facteurs technico-économiques. Les motivations internes influencent principalement les pratiques d'évolution, tandis que les motivations externes ont surtout un effet sur l'intérêt pour l'innovation.

Au vu de ces résultats, les systèmes d'accompagnement à la transition devraient plutôt être pensés en termes d'attributs de l'éleveur (décrits ici par des variables sociodémographiques) plutôt que d'attributs de l'exploitation (décrits ici par des variables technico-économiques). Les résultats suggèrent de mettre en valeur les conséquences positives que le changement peut apporter aux éleveurs, en d'autres termes, les intérêts propres de l'éleveur (motivations internes) tels que la santé de ses animaux, l'organisation de son travail et la rentabilité de son entreprise. Cependant, les résultats montrent aussi qu'il est important de fournir aux éleveurs de lapins un soutien et un accompagnement sur la manière de tirer parti des primes de prix, des essais d'innovation et d'autres solutions pour accompagner les évolutions vers une meilleure prise en compte des demandes sociétales autour du bien-être animal en élevage.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Région Occitanie, le fonds FEDER et le CLIPP (projet Living Lab Lapins). Nous remercions vivement les éleveurs qui ont contribué à ce travail.

Références

Borgen S.O., Skarstad G.A. 2007. Norwegian pig farmers' motivations for improving animal welfare. Br. Food J., 109:891-905.https://doi.org/10.1108/00070700710835705

Borges J.A.R., de Faria Domingues C.H., Caldara F.R., da Rosa N.P., Senger I., Guidolin D.G.F. 2019. Identifying the

factors impacting on farmers' intention to adopt animal friendly practices. Prev. Vet. Med., 170:1-7. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.104718
Chiron P., Doré A., Fortun-Lamothe L. 2022. Factors affecting French rabbit farmers' adoption of pro-welfare innovations. World Rabbit sci. (in press)
de Greef K.H., Rommers J.M. 2021. The Dutch route to improve commercial rabbit welfare – rather collectively than by law. In Proc: 12th World Rabbit Congress, 3-5 November, 2021. Nantes, France. 1:1-4.
Delanoue E., Dockes A.C., Chouteau A., Roguet C., Philibert A. 2018. Social acceptability of French livestock production: debated issues and controversies on livestock production, points of view of multiple stakeholders. INRA Prod. Anim., 31:51-68.
Dockes A.C., Kling-Eveillard F. 2006. Farmers' and advisers' representations of animals and animal welfare. Livest. sci., 10:243-249. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2006.05.012
Ducrot C., Adam C., Beaugrand F., Belloc C., Bluhm J., Chauvin C., Rousset N. 2018. Contribution of sociology to the study of the decrease of antimicrobial use on farms. INRA Prod. Anim, 31:307-324. https://dx.doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.4.2395
Dufour A., Dedieu B. 2010. Conception of working time and organization in dairy farms. Cah. Agric., 19: 377-382. https://dx.doi.org/10.1684/agr.2010.0422
Fiorelli C., Porcher J., Dedieu B. 2014. Famille et élevage: sens et organisation du travail. In: Gasselin P., Choisis J-P., Petit S., Purseigle F., Zasser-Bedoya S. (Dir.) L'agriculture en famille: travailler, réinventer, transmettre, EDP Sciences INRA Institut National de la Recherche Agronomique, Les Ulis, France, 183-198.
Le Bouquin S., Rouxel G., Mihoc E., Chauveau V., Terrade F., Chauvin C. 2013. Human factors and antibiotic use in rabbit production: A study of some psychological determinants. In Proc: 15e Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 November, 2013. Le Mans, France. 1: 115-119.
Liu T., Bruins R.J., Heberling M.T. 2018. Factors influencing farmers' adoption of best management practices: A review and synthesis. Sustainability, 10:1-26. https://doi.org/10.3390/su10020432
Lund V., Hemlin S., White J. 2004. Natural behavior, animal rights, or making money–A study of Swedish organic farmers' view of animal Issues. J. Agric. Environ. Ethics, 17:157-179. https://doi.org/10.1023/B:JAGE.0000017393.31486.c2
Michel-Guillou E., Weiss K. 2007. Representations and behaviours of farmers with regard to sustainable development: A psycho-environmental approach. In: Larson A. B. (Ed.) Sustainable development research advances. Nova Science Publishers, Inc, New York, USA, 207-221.
Rojek B. 2021. European Citizens' Initiative: 'End the cage age'. EPRS. June 2021, PE 690.636
Singha A.K., Baruah M.J., Bordoloi R., Dutta P., Saikia U.S. 2012. Analysis on influencing factors of technology adoption of different land-based enterprises of farmers under diversified farming system. J. Agric. Sci., 4:139-146. http://dx.doi.org/10.5539/jas.v4n2p139
Wellbrock W., Oosting S.J., Bock B.B., Bela Njari B.A., Dobranić V. 2009. Low motivation and unawareness in small farmers as an obstacle for implementation of the EU pig welfare rules, Ital. J. Anim. Sci., 8:199-201. https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s3.199.

Figure 1 : Ce que les éleveurs aiment (A) ou pas (B) dans leur métier et ce qu'ils identifient comme des menaces (C)

CREATION D'UNE « CHARTE INTERPROFESSIONNELLE DE BONNES PRATIQUES EN ELEVAGE CUNICOLE »

Travel A. [1*], Chastagner A.[1], Puterflam J.[1], Warin L.[1], Bailliard A.[2], Gillet E.[3]

[1] ITAVI, 7 Rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris, France.
[2] FENALAP, 7 Rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris, France.
[3] CLIPP, 7 Rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris, France.

[*]Auteur correspondant : travel@itavi.asso.fr

Résumé – Sortir de la crise de la maladie virale hémorragique (VHD) est un enjeu particulièrement structurant pour la filière cunicole. La mise en œuvre et le respect des règles basiques de la biosécurité sont indispensables, en complément de la vaccination des reproducteurs. En parallèle, pour la filière, il est essentiel de pouvoir apporter aux consommateurs/citoyens, des garanties sur les pratiques en élevage et le respect du bien-être des lapins. Le projet EVALAP, porté par le CLIPP et animé par l'ITAVI, vise à co-construire et déployer une Charte interprofessionnelle de bonnes pratiques en élevage cunicole, qui fera référence pour toute la filière et dont le respect du contenu permettra de renforcer la prévention des maladies, tout en améliorant les conditions d'élevage des lapins au regard du bien-être animal. Cet article présente la méthode de construction de la Charte, son contenu et décrit les premiers résultats obtenus sur 14 élevages. Les modalités de déploiement et de communication à destination de la filière pour assurer sa mise en œuvre et son suivi sur le terrain, sont aussi présentées.

Abstract – Creation of an "interprofessional charter of good practices in rabbit farms". Overcoming the VHD crisis is a particularly important issue for the rabbit industry. The implementation and compliance with basic biosecurity rules are essential, in addition to the vaccination of reproductive rabbits. At the same time, for rabbit sector, it is important to be able to provide consumers/citizens, guarantees on breeding practices and on rabbit welfare. The EVALAP project, supported by CLIPP and led by ITAVI, aims to co-construct and deploy an inter-professional Charter of good practices in rabbit farms, which will serve as a reference for the entire sector and whose respect of the content will help to strengthen disease prevention, while improving rabbit breeding conditions with regard to animal welfare. This article presents the Charter's construction method, its content and describes the first results obtained on 14 farms. The methods of deployment and communication for the sector to ensure its implementation and monitoring in the field, are also presented.

Introduction

Sortir de la crise de la maladie virale hémorragique (VHD) est un enjeu particulièrement structurant pour la filière cunicole qui voit son nombre d'éleveurs diminuer année après année. C'est une source d'inquiétude importante pour la filière, la situation devenant critique pour l'ensemble des acteurs (éleveurs, abatteurs, sélectionneurs, fabricants d'aliments et de matériel). Il est essentiel de parvenir à maîtriser les contaminations VHD dans les élevages et tous les experts s'accordent à dire que la biosécurité est le moyen incontournable pour cela.

En parallèle, le mode de production du lapin de chair en cages fait l'objet de nombreuses remises en question de la part de certaines ONG. Au-delà de la question du logement, il est necessaire de pouvoir apporter aux consommateurs/citoyens, des garanties sur les pratiques en élevage cunicole et aller vers une plus grande prise en compte du bien-être animal. On peut citer à titre d'exemple, la présence d'aménagements ou enrichissement pour satisfaire l'expression de divers comportements naturels des lapins.

Dans ce cadre, l'élaboration d'une Charte interprofessionnelle des bonnes pratiques en élevage cunicole, portée par l'interprofession et faisant référence au sein de la filière, permettra à chaque éleveur d'identifier ses points de progrès pour renforcer la prévention des maladies, tout en améliorant les conditions d'élevage au regard du bien-être animal. Sa mise en œuvre devrait contribuer notamment à réduire le nombre de cas de VHD et ainsi stopper les cessations d'activité liés à cette maladie.

Cette Charte permettra également de répondre aux deux enjeux les plus importants de la filière cunicole aujourd'hui :

- Sociaux : le découragement des éleveurs sur le terrain n'est plus acceptable, la filière ne veut plus observer d'arrêts liés à des cas de VHD. Elle veut également apporter des garanties sur les bonnes pratiques en élevage cunicole face aux remises aux questions auxquelles elle doit faire face ;
- Economiques : l'impact financier pour une exploitation touchée par la VHD s'élève en moyenne à 12 000€ liés au surcoût de la vaccination (vaccination de 2 lots d'engraissement consécutifs) et à la perte d'animaux. La filière doit préserver des élevages et répondre aux attentes des clients pour conquérir de nouveaux marchés (export, restauration hors domicile, produits transformés).

L'objectif de cet article est de présenter la méthode de construction de la charte et son contenu et de décrire les résultats obtenus sur les 14 premiers élevages évalués en 2022.

1. Méthode

La Charte interprofessionnelle est une démarche de progrès qui repose sur l'élaboration d'une grille d'évaluation. Cette évaluation permet de vérifier en élevage, l'application des bonnes pratiques. Le travail s'est fait en 3 étapes qui sont détaillées ci-après : 1/ construction de la charte, 2/ élaboration de l'outil d'évaluation (EVALAP) et 3/ déploiement terrain.

a. Construction de grille et de l'outil d'évaluation

Le groupe de travail

Un groupe de travail a été constitué par le CLIPP (pilote du projet) et animé par l'ITAVI. Il rassemble des représentants professionnels des maillons production (7 groupements : CPLB, Terrena Production Lapins, CIAB Lapins, Elvilap, Eleveurs du Nord, Normandie Lapin, SICA LAPALLIANCE), sélection (Syselaf : Syndicat National des Sélectionneurs de Lapins Français) et abattoir (ALPM).

Liste des points de contrôle

Dans un premier temps, un recensement des documents ressources (réglementation, charte FENALAP, cahiers des charges groupements/distributeurs…) et leur analyse par grille de lecture ont été réalisés. Cette étape a permis à l'ITAVI de proposer au groupe de travail professionnel, une première liste de points de contrôle qui intègre l'ensemble des exigences des cahiers des charges existants en production cunicole. Ce groupe de travail s'est réuni à trois reprises entre 2021 et 2022, pour définir ensuite la formulation des questions, les méthodes de contrôle, le résultat attendu pour chaque point de contrôle et la notation associée.

L'application Evalap

Afin d'assurer la mise en œuvre de la Charte sur le terrain et son suivi, la grille d'évaluation a été dématérialisée et est accessible via une l'application smartphone EVA téléchargeable sur tous les stores (Android et iOS). EVA est un outil qui a été développé en 2017 à l'initiative des interprofessions de la volaille de chair (CIPC, CIDEF et CICAR) pour permettre une évaluation technique des élevages de volailles de chair et ainsi favoriser et valoriser les bonnes pratiques. Cette application a été élargie à la filière cunicole (d'où le nom EVALAP) en conservant les fonctionnalités développées pour la volaille de chair et en y intégrant la liste spécifique et le statut des points de contrôle à évaluer pour l'élevage des lapins de chair. Suite à une phase de tests terrain, les retours d'utilisateurs ont permis d'apporter quelques évolutions aux questions (formulation, ordre,…) et de faire évoluer certaines fonctionnalités de l'application.

b. Réalisation des premières évaluations

En octobre 2022, tous les groupements partenaires ont été formés à l'application et aux fonctionnalités du backoffice. Un guide d'accompagnement pour les auditeurs a été réalisé pour les aider au déploiement. Les groupements partenaires ont tous réalisés leurs premiers audits. Pour ce faire, le choix s'est porté sur des élevages connus pour avoir réalisé des évolutions en faveur de la biosécurité et du bien-être. Ceci dans l'objectif de s'approprier parfaitement la grille et l'outil mais aussi de comparer leur perception globale de l'élevage avec les résultats de l'évaluation EVALAP.

2. Résultats et discussion

a. Structure de la charte et points de controle

Cette Charte vérifie en premier lieu le bon respect de la réglementation (voir points "KO" – Tableau 1) mais couvre aussi l'ensemble des points clés de l'élevage en terme de biosécurité et de bien être, grâce à ces modules thématiques.

La grille comporte 2 modules :

- un module BIOSECURITE qui contient 116 questions et qui est découpé en 6 thématiques (les bonnes pratiques d'hygiène, le stockage des produits vétérinaires, les mesures de décontamination, la traçabilité, le respect de l'environnement et l'encadrement technique).

- un module BIEN ETRE ANIMAL qui contient 34 questions et qui est découpé en 5 thématiques (bonne alimentation, bon environnement, bonne santé,

comportement approprié de l'espèce domestiquée et Autre).

Bien que les thématiques soient équivalentes sur le module bien-être entre l'outil EVALAP et EBENE® (Warin et al., 2017), ces outils sont bien complémentaires. En effet, l'évaluation EVALAP (charte interprofessionnelle) repose sur des indicateurs de moyens (tels que 'le logement ne contient pas de matériel blessant' ou encore 'des interactions visuelles et / ou olfactives sont possibles entre les animaux, même si ces derniers ne peuvent pas se toucher') alors que l'évaluation EBENE® repose sur des indicateurs de résultats basés en partie sur l'observation directe des lapins (tels que 'dénombrement des animaux présentant des plaies' ou encore 'nombre d'interactions entre les lapins).

b. Catégories de questions et leur notation

Trois catégories de questions ont été définies selon le niveau d'exigence à atteindre et la notation associée a été adaptée (Tableau 2). Lors de l'évaluation chacune des questions est notées selon le niveau d'atteinte du résultat : résultat « satisfaisant » (S) qui vaut 1 point, résultat « à améliorer » (AA) qui vaut 0,5 point, résultat « non satisfaisant » (NS) qui vaut 0 point. Une question peut également être notée « sans objet » (SO) lorsque l'élevage visité n'est pas concerné, dans ce cas, cette question n'est pas prise en compte dans la note finale.

Tableau 2 : Description des catégories de questions, exigence, notation et mode de calcul associé

Catégorie de question	Niveau d'exigence	Réponses associées et intégration dans le calcul final
Obligatoire	Réglementaire	Réponses possibles : S et NS En cas de réponse NS la charte est non conforme et la note finale est de 0 (KO)
Classique	Pratique attendue faisant partie des exigences du socle commun défini par la filière	Réponses possibles : S/AA/NS/SO
Recommandée	Pratique recommandée	Réponses possibles : S/AA/NS/SO, mais cette réponse n'est pas prise en compte dans la note finale

Le résultat de l'évaluation est exprimé en pourcentage d'atteinte des objectifs c'est-à-dire la somme de points attribués tout au long du questionnaire divisé par le nombre de questions (excepté les questions recommandées et les questions classiques notées « sans objet »). Un élevage est considéré conforme lorsque la note de l'évaluation de la Charte est supérieure à 75% et qu'il n'y a aucun KO (résultats « non satisfaisant » sur une exigence réglementaire). Un élevage est considéré non conforme lorsque la note de l'évaluation est inférieure à 75% ou qu'il y a eu observation d'au moins un point KO.

c. L'application EVALAP et ses fonctionnalités

Chaque groupement cunicole partenaire dispose d'un compte qui lui permet d'accéder à l'outil, ses préférences (ajout de questions spécifiques pour personnalisation client) et à l'historique de ses visites (information élevages et compte rendu d'évaluation en pdf). L'application EVALAP permet de réaliser facilement le diagnostic complet (Figure 1). Le calcul des résultats est automatique. En fin d'audit, tous les points notés « non satisfaisant » ou « à améliorer » sont rappelés afin de les discuter avec l'éleveur pour trouver des pistes d'amélioration et définir un plan d'action. Le rapport d'audit est mis en forme et transmis immédiatement à l'éleveur et l'auditeur avec le plan d'action. Chaque auditeur a possibilité d'ajouter des commentaires et photos pour illustrer et formaliser une situation à améliorer et pouvoir visualiser son évolution lors d'une prochaine visite. Les exigences réglementaires (Tableau 1) notées « non satisfaisant » et « à améliorer » font l'objet d'un plan d'action à court terme avec réalisation d'une nouvelle visite pour lever la non-conformité au plus vite.

Chaque groupement dispose d'une interface web (back office) qui lui permet d'accéder à une base de données pour visualiser, exporter les résultats de toutes ses évaluations réalisées. Ces données remontent également de manière anonyme dans une base de données nationale gérée par le CLIPP, qui pourra générer des statistiques nationales.

d. Déploiement et premiers résultats

Depuis novembre 2022, les évaluations sur le terrain se déploient. Au moment de l'écriture du présent article 14 visites ont été réalisées par 4 groupements différents, essentiellement en régions Bretagne et Pays de la Loire. La durée moyenne de visite était de 1H45/élevage (maternité + engraissement). Les visites déjà réalisées n'ont pas mis en évidence d'élevages non conformes. La note moyenne de conformité à la Charte était de 92% ± 3, ce qui est très satisfaisant et confirme la sélection a priori de « bons » élevages. Sur le volet Biosécurité, les points qui peuvent être améliorés dans ces élevages concernent notamment la délimitation du site d'élevage et de la zone parking, la procédure complète de nettoyage et désinfection (intégrant les silos), le plan de gestion des effluents. Sur le volet Bien-être, le sol du logement constitué uniquement de grillage ou encore l'absence d'enrichissement ont été les points 'à améliorer' les plus fréquemment relevés.

Conclusion et perspectives

La mise en place de la « Charte interprofessionnelle de bonnes pratiques en élevage cunicole » s'appuie sur l'outil de progrès EVALAP. Cette démarche est complémentaire aux actions collectives (formations biosécurité et bientôt les formations référent bien-être animal) conduites ces dernières années par la filière, et vise à accompagner individuellement les éleveurs pour la mise en application des bonnes pratiques de biosécurité et de bien-être. La grille d'évaluation constituée formalise les exigences de la filière pour un socle commun de bonnes pratiques en élevages cunicoles français.

Cette Charte formalise l'engagement de la filière dans une démarche d'amélioration continue par l'intégration de recommandations (meilleures pratiques) et par l'établissement en fin de visite d'un plan d'action personnalisé. La constitution d'une base de données nationale permettra à la filière de se doter de référence sur le respect des bonnes pratiques de BEA et de biosécurité à l'échelle individuelle et collective.

Pour les groupements partenaires, le déploiement va s'étendre rapidement, avec un objectif de 1ère visite de tous leurs élevages d'ici l'été 2023. La démarche va bien évidemment être étendue à l'ensemble des groupements français. Des supports de formation et communication à destination de la filière accompagneront ce déploiement à l'échelle nationale. Par ailleurs, la mise en place d'une charte dédiée aux élevages reproducteurs (sélectionneurs, CIA et multiplicateurs) est en cours.

Lorsque le déploiement sera plus avancé, il sera intéressant de réaliser sur les mêmes élevages les évaluations EVALAP et EBENE®, permettant d'étudier les liens entre indicateurs de moyens et de résultats au travers la mise en relation des scores du module bien-être EVALAP et de l'application EBENE®.

Remerciements

Les auteurs remercient les groupements et les éleveurs pour leur engagement et le plan de relance FranceAgriMer (2021-2023) pour le financement du projet EVALAP.

Références

Warin L., Mika A., Souchet C., Bouvarel I., Bignon L. 2017. Construction d'une méthode pratique et partagée d'évaluation du bien-être du lapin d'élevage: EBENE. In Proc. 17èmes Journ. Rech. cunicole., 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France. pp 35-38.

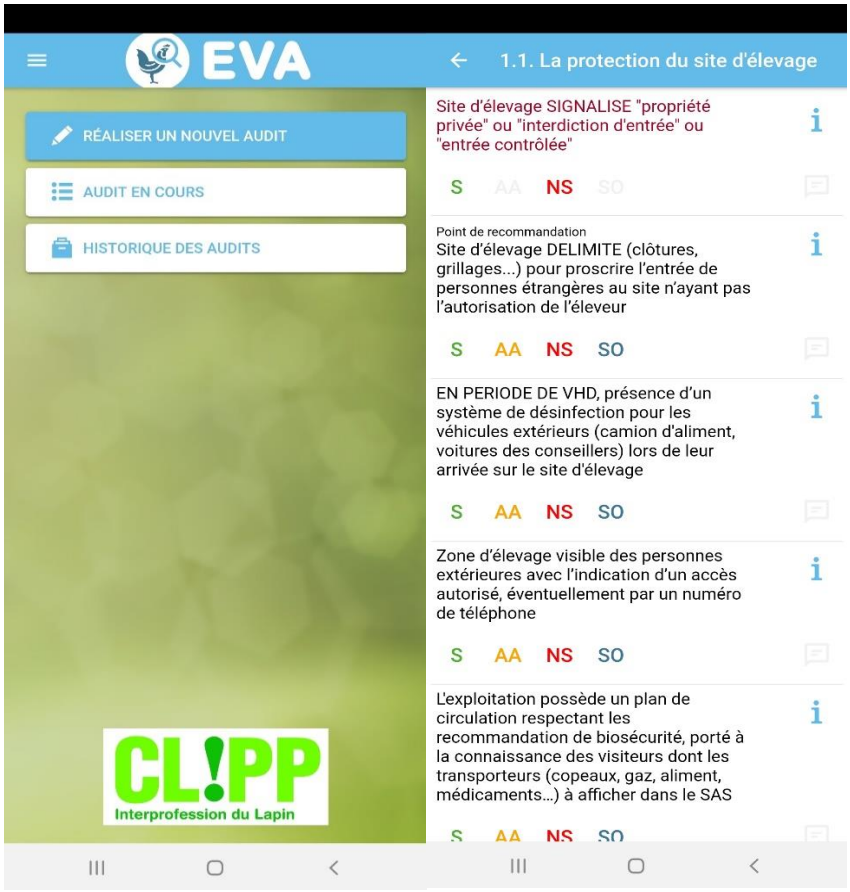


Figure 1. Visuel de l'application qui permettra d'évaluer le respect de la charte interprofessionnelle de bonnes pratiques en élevage cunicole

Tableau 1. Liste des points de contrôle réglementaires dits également KO, les réponses possibles à ces questions ne peuvent être que « satisfaisant » ou « non satisfaisant ».

Points de contrôle "KO" - Module BIOSECURITE
Site d'élevage **signalisé** "propriété privée" ou "interdiction d'entrée" ou "entrée contrôlée"
Silos d'aliment numérotés
Silos en bon état de fonctionnement et sécurisés (échelle protégée)
Présence d'au moins un SAS sanitaire par site d'élevage
Ramassage quotidien des cadavres
Bac d'équarrissage fermé et étanche
Bâtiments fermés à clé en l'absence de l'éleveur
Pour les visiteurs entrant dans l'élevage : mise à disposition d'une tenue spécifique, jetable ou lavée et protégée par un emballage hermétique
Médicaments stockés dans un placard, une enceinte ou un local fermant à clé, à l'abri de la chaleur, de la lumière et de la poussière
Respect des délais d'attente de la prescription /ordonnance
Vaccination des reproducteurs contre la VHD RHDV2
Respect du protocole de vaccination des reproducteurs et du plan de prophylaxie défini par le vétérinaire de l'élevage
Traçabilité selon la réglementation en vigueur (fiches ICA et fiches de suivi de lots)

Points de contrôle "KO" - Module BIEN ETRE
L'aliment est accessible aux animaux. Il est distribué en quantité suffisante et adapté aux stades physiologiques
Les systèmes d'abreuvement et d'alimentation sont propres et fonctionnels
Au moins 1 point d'eau est disponible par logement et ce/ces point(s) d'eau sont accessibles constamment
Les lapins élevés en batiments fermés ne sont pas maintenus en permanence dans l'obscurité ni exposés sans interruption à la lumière artificielle (sur une période de 24 heures)
La densité maximale en engraissement est de 45kg/m2 à 60 jours d'âge
Les animaux blessés (plaies, maux de pattes) et / ou malades reçoivent des soins spécifiques et adaptés
Le nombre d'animaux morts ou mis à morts (blessés, malades, faibles...) est consigné dans un registre conservé pendant au moins 5 ans
Un passage quotidien minimum est effectué dans le(s) bâtiment(s) d'élevage (observation des animaux)

DEMEDICATION : ANALYSE DE 10 ANS D'EVOLUTION DES USAGES

Pedro V.[*], Rousset N., Fourdin S.

7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS, France.

[*]Auteur correspondant : pedro@itavi.asso.fr

Résumé – Depuis 2011, la filière cunicole s'est engagée dans une démarche de réduction de l'usage des antibiotiques au travers de « son plan interprofessionnel de médication raisonnée ». Malgré un contexte économique difficile, cet enjeu fut perçu comme un challenge motivant pour les acteurs de la filière.

Plus de 10 ans après la mise en place d'indicateurs visant à suivre l'évolution des usages d'antibiotiques et à aider à piloter cette démarche, cette synthèse vise à présenter l'évolution pluriannuelle des indicateurs IFTA reproduction et croissance et l'évolution du recours à l'alimentation médicamenteuse, mis en perspective au regard des évolutions des indicateurs techniques et économiques elle s'appuie en particulier sur le réseau de collecte GTE RENACEB qui regroupe 429 ateliers d'élevages

Les principaux résultats montrent que les IFTA reproduction et croissance sont en diminution de 54 % et 50 % sur la période 2012 à 2021. Les résultats sont positifs et attestent de la capacité des producteurs à atteindre les engagements pris.

Abstract – Since 2011, the rabbit industry has been committed to reducing the use of antibiotics through its "interprofessional plan for rational medication". Despite a difficult economic context, this issue was perceived as a motivating challenge for the actors of the sector.

More than 10 years after the implementation of indicators to monitor the evolution of antibiotic use and to help steer this approach, this summary aims to present the multi-year evolution of the IFTA reproduction and growth indicators and the evolution of the use of medicated feed, put into perspective with regard to the evolution of technical and economic indicators.

The main results show that the IFTAs for reproduction and growth are down by 54% and 50% over the period 2012 to 2021. The results are positive and attest to the ability of producers to meet their commitments.

Introduction

Confrontée à l'évolution des attentes sociétales, notamment concernant la santé publique, la filière cunicole s'est engagée à réduire l'usage des produits antibiotiques. Pour prendre en compte cet enjeu, l'interprofession cunicole (CLIPP) a lancé en 2011 la charte interprofessionnelle de maîtrise sanitaire et de bon usage des traitements médicamenteux. Ainsi, un engagement collectif et volontaire des acteurs de la filière a permis la mise en place d'une multitude de leviers tels que des formations destinées aux agents de terrain (conseillers techniques, vétérinaires) pour optimiser la diffusion des connaissances auprès des producteurs, ou encore le développement d'outils de mesure sur la fréquence d'utilisation d'antibiotiques. Après dix ans d'implication et d'adaptation, quels sont les résultats obtenus en terme d'usage des antibiotiques ?

1. Matériel et méthodes

1.1. Mise en place des outils de suivi des usages

1.1.1 Les Index de Fréquence de Traitement Antibiotique (IFTA)

INRAE a proposé en 2011 un nouvel indicateur de suivi des usages d'antibiotiques adapté à la filière cunicole baptisé Index de Fréquence de Traitements Antibiotiques (IFTA) (Fortun-lamorthe *et al*., 2011). Cet indicateur a été défini sur deux période du cycle de production des lapins pour permettre un suivi plus précis et pertinent. Le premier, nommé IFTA r, s'applique aux femelles reproductrices comprenant la période entre deux inséminations. Le second, IFTA c, s'applique aux lapereaux en croissance de leur naissance jusqu'à leur vente.

- IFTA r (Index de Fréquence de Traitement Antibiotique en Reproduction) :

$$\Sigma = \frac{(nb\ principes\ actifs * nb\ jours\ de\ traitement)}{durée\ de\ cycle\ de\ la\ femelle}$$

- IFTA c (Index de Fréquence de Traitement Antibiotique en Croissance)

$$\Sigma = \frac{(nb\ principes\ actifs * nb\ jours\ de\ traitement)}{durée\ de\ vie\ du\ lapin}$$

L'évolution de l'IFTA se traduit par différents facteurs individuels ou communs :

- Une variation de la durée de traitement
- Une variation du nombre de principes actifs
- Une variation de la/les dose(s) administrée(s)
- Une variation de la durée des cycles

Les IFTA ont été retenus par la filière du fait de leur sensibilité qui permet d'apprécier facilement les évolutions de pratiques. Depuis 2010, les indicateurs IFTA r et IFTA c sont renseignés pour chaque bande centralisée dans le programme de références RENACEB. Ceci permet d'analyser et de constater l'évolution de ces indicateurs de façon pluriannuelle.

1.1.2. Observatoire des dépenses de santé

Depuis 2008, l'ITAVI collecte dans ses réseaux de références les dépenses de santé dont l'aliment médicamenteux, les dépenses en traitements curatifs (traitements antibiotiques sous prescription vétérinaire) et les dépenses en traitements préventifs (vaccins, anticoccidiens, autres) enregistrées par bande. Ces montants annuels globaux sont à prendre avec prudence, car les prix unitaires des produits administrés peuvent varier et ne permettent pas de connaître précisément la quantité de produits administrés. En plus de cet indicateur sur les dépenses de santé, une analyse des IFTA est venue s'ajouter en 2010 et permet aux éleveurs et aux organismes de production de se situer par rapport à la moyenne.

1.1.3. Analyse de groupe

Pour enrichir l'analyse, la comparaison de deux groupes d'utilisateurs d'antibiotiques a été réalisée pour évaluer les stratégies liées aux dépenses de santé.

2. Résultats

2.1 Présentation du réseau RENACEB

Entre 2010 et 2021, le nombre de bandes et d'ateliers collectés connait quelques variations et est sujet à une tendance à la baisse, du fait du solde négatif entre réaction et cessation d'activité lapin et des impacts de crises liées à la VHD. L'échantillon du réseau de référence RENACEB représente entre 80 % et 90 % de la production organisée selon les enquêtes réalisées par la FENALAP (fédération nationale des groupements de producteurs de lapins).

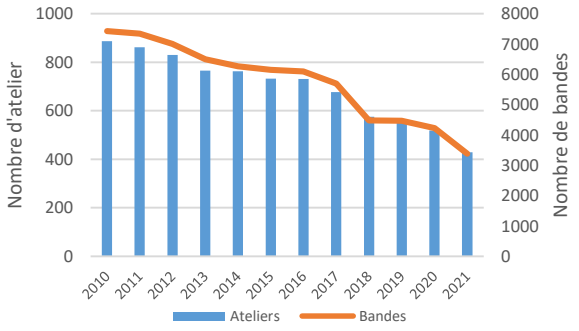


Figure 1 : Evolution des échantillons RENACEB depuis 2010

2.2. Chiffres clés de la démédication

2.2.1. Des indicateurs IFTA en baisse

On constate qu'en moyenne l'IFTA r a diminué de 71 % et l'IFTA c de 73 % entre 2010 et 2021. Toutefois, sur cette période, le nombre limité de bandes transmises entre 2010 à 2011 nécessite de prendre ces chiffres avec précaution. Néanmoins, en se basant sur l'année 2012 ou le nombre de données est plus conséquent, l'IFTA r diminue de manière quasi-continue et enregistre une baisse de 54 %. *A contrario*,

l'IFTA c connaît une évolution en deux phases. Une première phase de hausse a lieu entre 2013 et 2016. Les acteurs de la filière ont adapté leurs pratiques techniques, avant d'entamer une diminution ininterrompue de 2017 à 2021. Les efforts engagés sur cette seconde phase permettent de constater une diminution de l'IFTA c de 50 % entre 2012 et 2021.

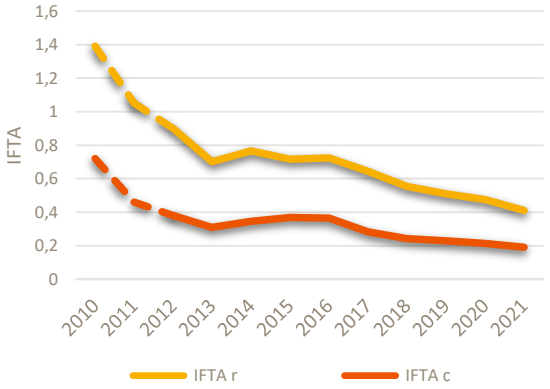


Figure 2 : Evolution des indicateurs IFTA moyen par bandes depuis 2010.

2.2.2. L'aliment médicamenteux suit la tendance

L'évolution du recours à l'aliment médicamenteux est également une donnée intéressante car elle permet de suivre une voie d'administration des antibiotiques particulièrement ciblée dans les objectifs de réduction. On constate qu'entre 2010 et 2012, la part des ateliers n'ayant pas recours à l'alimentation médicamenteuse est faible avant de connaitre une hausse en 2013. Cette progression est probablement en lien avec le lancement du plan Ecoantibio de 2012. De même que pour les IFTA c, une période de 2 ans semble avoir été nécessaire pour adapter les pratiques avant d'engager une progression ininterrompue du taux d'atelier délaissant l'aliment médicamenteux à partir de 2016. De 2013 à 2021, le taux d'ateliers n'ayant plus aucun recours à l'aliment médicamenteux a été multiplié par 2,5.

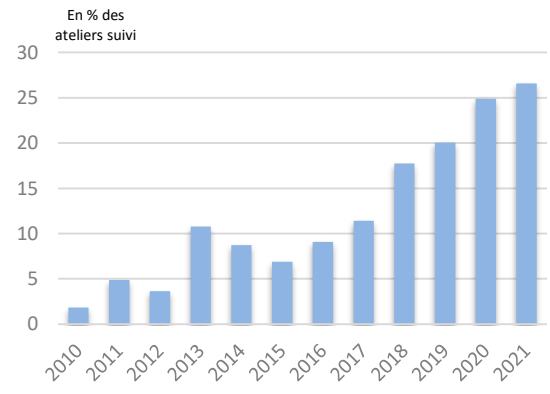


Figure 3 : Evolution de la part des ateliers n'utilisant pas d'aliment médicamenteux depuis 2010.

2.2. Stratégies liées aux dépenses de santé: comparaison de deux groupes d'utilisateurs d'antibiotiques

Pour mieux apprécier les tendances d'évolution et les résultantes économiques, une analyse a pu être réalisée sur la base d'un échantillon constant (ec) de 98 ateliers d'élevage suivis depuis 2017. Sur cette période de 5 ans toutes les données étaient disponibles, sans rupture de série et constituant un échantillon suffisamment important pour être robuste. Sur cet échantillon, l'IFTA r et c sont en baisse de 33 % et de 31 % entre 2017 et 2021. Ces chiffres sont cohérents avec ceux collectés pour l'ensemble des ateliers suivis sur la même période. L'échantillon constitué reste proche des valeurs IFTA r et c constatées pour le groupe complet. Entre 2017 et 2019, les IFTA r et c de l'échantillon connaissent une période de stagnation, qui est suivie d'une période de baisse ininterrompue. Il est intéressant de constater que la valeur des IFTA du quartile supérieur représentant les plus utilisateurs fait l'objet d'une forte diminution à partir de 2020.

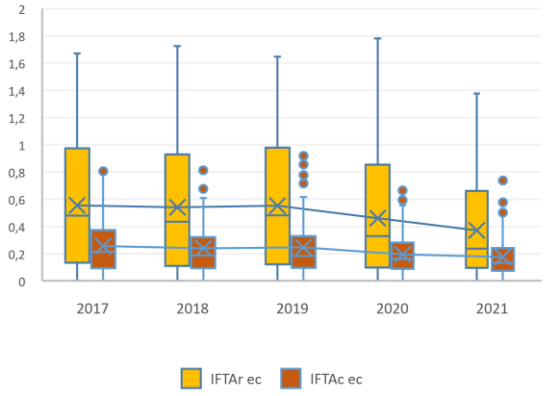


Figure 4 : Evolution des IFTA r et IFTA c à échantillon constant depuis 2017.

2.2.1. Stratégie économique

En utilisant la valeur médiane des moyennes IFTA r lissées sur la période 2017 à 2021 (IFTA r médiant = 0,487), l'échantillon constant a pu être scindé en deux groupes de même taille (49 exploitations pour chaque groupe). Ainsi, une analyse sur le coût sanitaire engagé entre le groupe le plus utilisateur d'antibiotiques (groupe supérieur) et le groupe le moins utilisateur (groupe inférieur) a pu être réalisé. Il en ressort une différence notable de la stratégie économique du levier sanitaire. En moyenne, le coût sanitaire du groupe supérieur se décompose à 47 % d'aliment médicamenteux, à 34 % de dépenses préventives et à 19 % de dépenses curatives. L'aliment médicamenteux reste un levier sanitaire hautement utilisé pour ce groupe. Toutefois, les coûts d'aliment médicamenteux sont en diminution a partir de 2019 mais restent la principale dépense de ce poste de charges. *A contrario*, les dépenses en aliment médicamenteux sont marginales dans le coût sanitaire du groupe inférieur. En moyenne, le coût sanitaire se décompose à 60 % de

dépenses préventives, à 25 % de dépenses curatives et à seulement 16 % d'aliment médicamenteux. Comme pour le groupe supérieur, les dépenses d'aliment médicamenteux sont en baisse, mais le groupe le moins utilisateur privilégieles dépenses préventives dans sa stratégie sanitaire. Il est intéressant de constater la similitude des dépenses curatives entre les deux groupes, compris entre 0,02 €/kg produit et 0,03 €/kg produit.

En moyenne lissée sur 5 ans, le coût sanitaire du groupe le moins utilisateur d'antibiotique est de 0,09 €/kg produit et est inférieur à celui du groupe le plus utilisateur qui est de 0,12 €/kg produit. Cet écart s'explique par les différences significatives au test de Student (p- value <0.05) des dépenses d'aliment médicamenteux et les dépenses préventives du groupe supérieur. Néanmoins, le délaissement de l'aliment médicamenteux observé dans ce groupe depuis 2019, semble montrer la poursuite des efforts engagés dans le contexte de démédication (cf. figure N°4).

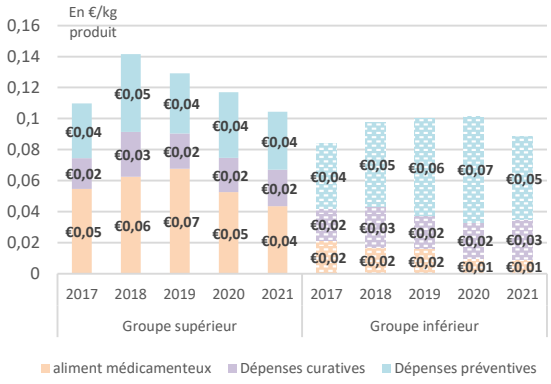


Figure 5 : Evolution coût sanitaire en €/Kg produit selon le groupe IFTA r depuis 2017

En moyenne lissée sur 5 ans, le coût alimentaire et sanitaire est de 1,01 €/kg produit pour le groupe le moins utilisateur contre 1,03 €/kg produit pour le groupe le plus utilisateur d'antibiotiques (différence non significative). Si le coût sanitaire du groupe moins utilisateur était significativement moins élevé que dans le groupe plus utilisateur, cet écart n'est donc plus constaté quand on regarde le coût global regroupant les postes alimentaires et sanitaires. Ceci s'explique par un prix de l'aliment significativement supérieur de 5,46 €/tonne chez le groupe le moins utilisateur. Il serait néanmoins intéressant de déterminer l'origine de cet écart du prix de l'aliment entre groupes afin de voir s'il est possible de cumuler la baisse des dépenses sanitaires sans détériorer le coût alimentaire, pour, au final, améliorer la marge.

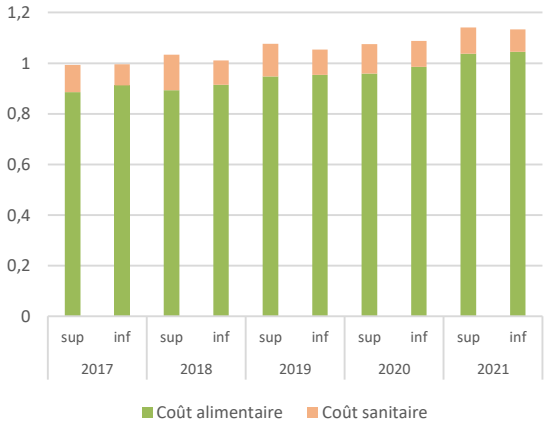


Figure 6 : Evolution du coût alimentaire et santé selon le groupe IFTA r à échantillon constant depuis 2017

3. Conclusions

Les efforts concertés de la filières cunicole française sont visibles et mesurables. L'évolution positive des indicateurs IFTA en diminution de 50 % sur la période 2012 à 2021 et le délaissement de l'alimentation médicamenteuse croissante depuis 2016 démontrent l'implication des producteurs pour atteindre les objectifs fixés par la chartre interprofessionnelle. L'ensemble des leviers actionnés par le plan interprofesionnel associé à l'ambition commune des acteurs de la filière ont permis d'engager une réduction des usages des produits antibiotiques avec une tendance qui se confirme sur ces dernières années. Il faut néanmoins rester prudent quant à l'avenir des usages antibiotiques. Les futures modifications de modèle de production, comme par exemple la mise en application de l'Initiative Citoyenne Européenne "End the Cage Age" pour la fin des cages en élevages, nécessitera probablement de nouvelles phases d'observations et d'adaptations des pratiques. Ces changements font l'objet d'une forte attente sociétale, contexte similaire à celui de la démédication dans lequel la filière cunicole a démontré des capacités d'actions et d'adaptations.

Remerciements

Remerciements aux organisations de production participant aux programme de références tehnico-économique RENACEB, ainsi qu'aux relecteur Nathalie ROUSSET et Simon Fourdin.

Références

COUTELET G., CHAUVIN C., JOUY E.,
LE BOUQUIN S., MOULIN G., 2015, "Réduction de l'usage d'antibiotiques : la démarche de la filière cunicole", 6p

LOPEZ S., NOUVEL L., PIEL Y., CAPDEVIELLE N., FAVIER C., MAHE B., 2017, “Comparaison des différents indicateurs de consomation d’antitbiotique et relation avec les performances zootechniques en élevage cunicole”, 4p

Fédération Nationale des Groupement de Producteurs de Lapins (FENALAP), 2021, “Bilan 2021, Enquête de groupement de producteurs”, 15p

PEDRO V., 2021, “Gestion technico-économique des élevage de lapins de chair” – programme RENACEB, Résultats 2021, 64p

CROISSANCE ET VIABILITÉ DES LAPINS ENGRAISSES EN LOGEMENT ALTERNATIF AVEC ACCÈS À UN JARDIN D'HIVER : 1ers RÉSULTATS

André F.[1*], Davoust C. [1*], Zecchin W. [2], Launay C.[3], Guené-Grand E. [3]

[1] Wisium, 56250 Saint-Nolff, France
[2] Soréal SE, 01540 Vonnas, France
[3] ADM, 02407 Chierry, France

[*]Auteurs correspondants : Flavie.Andre@adm.com et Chantal.Davoust@adm.com

Résumé – Au cours de ces dernières décennies, de nombreux progrès en terme de génétique, de nutrition et de démédication ont été réalisés en élevage cunicole, les conditions d'élevage et tout particulièrement de logement font l'objet d'une attention particulière. En effet, les attentes sociétales sont portées sur le bien-être animal en élevage et la filière cunicole n'y déroge pas. Suite à 8 essais réalisés en station expérimentale, le concept Wellap® a été mis en application sur le terrain et cette communication porte sur les performances obtenues dans une ferme commerciale en périodes printanière et estivale sur 6 bandes. Ce nouveau concept est composé de parcs au sol avec accès à un jardin d'hiver, les deux parcs, intérieur et extérieur étant dotés d'enrichissements. L'objectif de cette publication est de présenter les performances obtenues durant les six premiers mois de production de ce nouveau bâtiment en comparaison de celles obtenues dans le même élevage en conduite dite classique, dans des cages polyvalentes. La viabilité en engraissement est significativement meilleure pour les lapins logés en parcs avec jardin d'hiver (+0,9 point en parcs comparés aux cages polyvalentes ; P<0,01). Le poids à l'abattage (cages : 2,81 kg et parcs : 2,98 kg), le taux de saisies (cages : 0,16% et parcs : 0,45%), le rendement (cages : 59,6% et parcs : 59,3%) et la productivité (cages : 19,6 kg/IA et parcs : 20,8 kg/IA) ne sont pas significativement différents entre les deux modes de logement. La viabilité est supérieure dans cet élevage comparée aux moyennes nationales (cages : 96,7% versus 91,8 et parcs : 97,6% versus 92,1%). Le taux de saisies est quant à lui inférieur à ces mêmes références (cages : 0,16% versus 1,7% et parcs : 0,45% versus 4,0%). Une analyse complémentaire sur une année complète permettra d'évaluer un éventuel effet saison.

Abstract – Growth and viability of rabbits fattening in alternative housing with access to a winter garden : first results. Over the last years, many advances in terms of genetics, nutrition and demedication were made in rabbit production system, breeding conditions and especially housing is a sector where particular attention is paid. Indeed, societal expectations are focused on animal welfare in breeding and the rabbit industry is no exception. After 8 trials in the experimental station, the Wellap® concept was implemented in the field and this communication relates to the performances obtained in commercial farm during spring and summer on 6 bands. This new concept consist in pens on the floor with access to a winter garden, the two pens, indoor and outdoor, are equipped with enrichments. This concept have already been implemented at a breeder in the spring of 2022. The objective of this publication is to present the performances over the first six months of production of this new building in comparison with those of the same farm in so-called classic management, in multipurpose cages. Fattening viability is significantly better for rabbits housed in pens with access to a winter garden (+0,9 point in pens compared to multipurpose cages ; P<0,01). Slaughter weight (cages : 2,81 kg and pens : 2,98 kg), seizure rate (cages : 0,16% and pens : 0,45%), yield (cages : 59,6% and pens : 59,3%) and productivity (cages : 19,6 kg/IA and pens : 20,8 kg/IA) aren't significantly different between the two types of housing. Viability is superior on this farm compared to national averages (cages : 96,7% versus 91,8 and pens : 97,6% versus 92,1%). Seizure rates is lower than these same references (cages : 0,16% versus 1,7% and pens : 0,45% versus 4,0%). An additional analysis over a full year could include a possible seasonal effect.

Introduction

Les conditions d'élevage interrogent de plus en les consommateurs, notamment au regard du bien-être animal. L'utilisation de la cage grillagée est critiquée car les possibilités d'expression de la totalité du répertoire comportemental y sont jugées limitées. Afin de répondre à l'Initiative Citoyenne Européenne « End the Cage Age » qui a récolté 1,4 millions de signatures, la Commission européenne s'engage à présenter d'ici fin 2023, une proposition visant à supprimer progressivement l'utilisation des cages pour les animaux mentionnés dont font partie les lapins (European Union, 2022). Dans ce contexte, les professionnels de la filière cunicole se posent la question des performances d'un élevage au sol avec un accès jardin d'hiver et ventilation naturelle. En effet, l'élevage au sol répond positivement au besoin d'expression des comportements naturels. En revanche, une surveillance particulière doit être portée à la conception du bâtiment puisque la ventilation

naturelle nécessite une gestion différente de celle mise en place dans un bâtiment avec une ventilation dynamique. Le bien-être animal est donc au cœur de tous les débats mais comment se définit-il ? Il se traduit par un état mental et physique positif lié à la satisfaction des besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que des attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal (Anses, 2018).
Pour répondre aux attentes sociétales précédemment évoquées, plusieurs concepts de logements alternatifs conçus par des firmes privées ou des organismes publics ont récemment vu le jour (Leblatier et al., 2017 ; Roy et al., 2017 ; Fetiveau et al., 2020 ; Guené-Grand et al., 2020). Ces systèmes fournissent de nouvelles données terrain sur les performances et le comportement des animaux en engraissement. Il s'agit en effet de savoir si ces systèmes alternatifs peuvent se substituer à l'usage de la cage, et, ainsi, mieux répondre aux attentes des citoyens quant à l'expression de l'ensemble des comportements naturels et d'interactions des lapins. L'objectif de cette étude est de comparer les performances de croissance et la viabilité de lapins en engraissement logés en ferme commerciale dans des cages polyvalentes ou dans ce nouveau logement avec jardin d'hiver.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux et conditions d'élevage

L'élevage, situé en Rhône-Alpes-Auvergne, est composé de 2 salles polyvalentes avec ventilation dynamique, présence d'un cooling et extraction d'air. Elles sont équipées de 820 cages polyvalentes (maternité et engraissement) et d'un nouveau bâtiment d'engraissement de 1000 places équipé de parcs au sol donnant accès à un jardin d'hiver. L'élevage compte 450 lapines de souche Hycole qui sont inséminées avec le mâle PS59 Optima Hypharm pour produire les lapins de chair, sujets de cette étude. Le rythme de reproduction de cet élevage est de 49 jours.

La salle d'engraissement avec jardin d'hiver est située dans un bâtiment de 120 m² en panneaux sandwichs isolés. Le bâtiment a une largeur de 6m, dont 3m sont dédiés au logement des lapins en intérieur, 2m au logement en jardin d'hiver et 1m pour le couloir. Le bâtiment est composé de 10 parcs de 2m de largeur et 5m de longueur (3 m en intérieur et 2 m en jardin d'hiver), enrichis de 2 mezzanines de 0,72m² chacune. La surface déployée de chaque parc est donc de 11,44m² dont 10m² au sol. La ventilation est naturelle, de type statique, et se fait sur la longueur du bâtiment qui est ouvert au faîte. En hiver, 2 petites trappes amovibles sont ouvertes et permettent un accès 24h/24h au jardin d'hiver, tandis qu'en période estivale, une grande cloison translucide est retirée et permet un éclairage naturel quelle que soit la saison. La structure du bâtiment possède une saignée longitudinale sous toiture faisant office de lanterneaux, pour créer un flux d'air continu.

Le taux de MB/IA de cet élevage pour l'année 2022, s'élève à 86,4% soit 1,5 point de plus que la moyenne nationale de 2021 (84,9% ; Pedro, 2022). Le nombre de lapins nés vivants (10,3 par MB) et le nombre de lapins sevrés (8,6 par mise-bas) dans l'élevage sont similaires à ceux de la moyenne nationale (10,3 nés vivants et 8,7 sevrés, respectivement).

L'étude porte sur 6 bandes d'environ 4000 lapins chacune, dont les dates de sevrage et de vente sont présentées dans le Tableau 1. 1000 lapins par bande ont été logés en parc avec jardin d'hiver avec une densité de 40kg/m² à 65j d'âge. Le reste des lapins a été logé en cages collectives polyvalentes (0.385m*1m*0.3m) par groupe de 6 lapins, soit 40kg/m² également. Les effectifs sont disponibles dans le Tableau 2. Le sevrage est réalisé à 37j d'âge en moyenne et la durée d'engraissement est en moyenne de 46 jours dans les deux types de logement. Lors de la mise en lot au sevrage de la bande 1, les lapereaux les plus lourds, définis à l'œil, ont été logés en parc. Cependant, pour les bandes suivantes, l'attribution du logement s'est faite aléatoirement.

Tableau 1 : Dates des 6 bandes étudiées en 2022

	Date de sevrage	Date de vente
Bande 1	9 mars	25 avril
Bande 2	27 avril	14 juin
Bande 3	16 juin	1 août
Bande 4	4 août	20 septembre
Bande 5	22 septembre	9 novembre
Bande 6	12 novembre	28 décembre

Tableau 2 : Effectifs de lapins au sevrage et à la vente en fonction de la bande et du logement

		Lapins au sevrage	Lapins à la vente
Cages	Bande 1	2296	2220
	Bande 2	2876	2750
	Bande 3	2996	2866
	Bande 4	3036	2966
	Bande 5	2911	2827
	Bande 6	2816	2740
Parcs	Bande 1	1000	977
	Bande 2	1000	977
	Bande 3	1000	979
	Bande 4	1000	970
	Bande 5	1000	977
	Bande 6	1000	967

Le programme alimentaire est similaire entre les deux lot de lapins : l'aliment est distribué durant 12h avec un aliment périsevrage riche en fibres de 28 à 50 jours suivi d'un aliment finition de 51 jours jusqu'à la vente. Leurs caractéristiques globales sont disponibles dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques principales des aliments utilisés en engraissement (valeurs théoriques)

	Périsevrage	Finition
ED (kcal/kg)	2300	2450
Protéine %	14,8	15,0
Matière grasse %	3,2	3,1
Cellulose brute %	18,4	16,5
Amidon %	8,2	15,5
Lysine %	0,70	0,68

Chaque parc est enrichi sur la partie extérieure et intérieure d'un bloc à ronger à base de 80% de fourrages (mélange pour moitié de luzerne et paille). Les cages n'en sont pas pourvues.

1.2. Mesures

La viabilité est relevée quotidiennement dans les deux bâtiments.

Les données d'abattage (poids vif, taux de saisies, le ratio de lapins déclassés et rendement) sont récoltées pour les deux types de logement.

1.3. Traitement des données

La viabilité a été comparée à l'aide d'un test de comparaison des fréquences (khi²).

Les autres performances (poids, rendement, saisies et productivité) ont été analysées à l'aide du test de Mann-Whitney.

Les poids de vente ont été standardisés à 81j du fait d'une durée d'engraissement variant d'1 à 4 jours selon les bandes. Pour cela, la même méthode de calcul que celle utilisée pour calculer la moyenne nationale a été employée (inférence du poids à 81j à partir du poids connu à l'âge d'abattage réel).

2. Résultats et discussion

2.1. Comparaison des performances des deux modes de logement

La viabilité pour les deux bâtiments est présentée dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Viabilité en engraissement en fonction de la bande et du logement

	Viabilité (%)		
	Cages	Parcs	P-value
Bande 1	96,7	98,8	NS
Bande 2	95,6	97,7	0,0043
Bande 3	95,7	97,9	0,0018
Bande 4	97,7	97,0	NS
Bande 5	97,1	97,7	NS
Bande 6	97,3	96,7	NS
Moyenne	96,7	97,6	0,0037

La viabilité des lapins en engraissement est supérieure dans les parcs comparés aux cages pour les bandes 2 et 3 ($P<0,01$; Tableau 4). Pour les 3 autres bandes, aucune différence significative n'a été montrée. Sur l'ensemble des 6 bandes, la viabilité est significativement meilleure pour les lapins logés en parcs ($P<0,01$). Les résultats de viabilité décrits précédemment dans des systèmes alternatifs à la cage sont mitigés. En effet, Leblatier et al. (2017), et Fetiveau et al. (2020), ont montré que la densité n'impacte pas la viabilité les lapins logés au sol. Par ailleurs, Roy et al. (2017) n'ont observé aucune différence de mortalité entre des lapins logés en cages ou en parcs. Cependant, la taille du groupe, l'accès à l'extérieur et le type de sol sont des paramètres qui ont pu dégrader la viabilité (Leblatier et al., 2017 ; Guené-Grand et al., 2020).

La viabilité de lapins est plus élevée dans cette étude que celle relevée à l'échelle nationale, à la fois pour les cages polyvalentes (96,7 vs 91,8%) et les parcs (97,6 vs 92,1%). Ces résultats témoignent d'un bon état sanitaire global dans l'élevage étudié.

Tableau 5 : Poids moyen des lapins à la vente selon la bande et le logement

	Poids de vente 81j (kg)	
	Cages	Parcs
Bande 1	2,87	2,88
Bande 2	2,93	2,85
Bande 3	2,63	2,79
Bande 4	2,81	2,98
Bande 5	2,80	3,08
Bande 6	2,83	3,27
Moyenne	2,81	2,98

Le poids de vente recalculé à 81j est en moyenne de 2,81kg pour les lapins logés en cage et de 2,98kg pour les animaux logés en parcs avec accès à un jardin d'hiver (Tableau 5). Pour la première bande, le poids final est équivalent entre les deux types de logement tandis que pour la deuxième bande, les lapins logés en cages polyvalentes sont en moyenne plus lourds (+0,080 kg) que les lapins logés en parcs. A partir de la troisième bande, les animaux logés en parcs sont plus lourds que ceux logés cages polyvalentes (différence moyenne de +0,263 kg).

Le poids moyen de vente à 81 jours des 6 bandes n'est pas différent entre les deux types de logements ($P = 0,13$). Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Leblatier et al. (2017) et Roy et al. (2017). En effet, ces études rapportent que le logement en parc dégrade le poids des lapins à la vente. Par ailleurs, Fetiveau et al. (2020) ont montré une dégradation du poids lorsque les lapins ont accès à l'extérieur (parcours herbager) ce qui n'est pas observé dans notre étude, à l'exception de la bande 2.

Tableau 6 : Effet du mode de logement sur le taux de saisie selon la bande (%)

	Taux de saisie (%)	
	Cages	Parcs
Bande 1	0,20	0,78
Bande 2	0,45	0,00
Bande 3	0,17	0,33
Bande 4	0,08	0,69
Bande 5	0,08	0,48
Bande 6	0,00	0,40
Moyenne	0,16	0,45

Pour cinq des six premières bandes, le taux de kilos saisis est numériquement plus faible pour les lapins logés en cages polyvalentes (-0,16 à -0,60 point ; Tableau 6). Mais, en moyenne sur les 6 bandes étudiées, le taux de saisie est similaire entre les deux types de logements (P = 0,11). Ce résultat est cohérent avec l'étude de Roy et al. (2017), dans laquelle les saisies étaient plus importantes pour les lapins logés en parcs (1,23%) par rapport aux cages (0,65%).

En comparaison des performances nationales, les taux de saisies de cet élevage sont inférieurs (0,16 vs 1,7%) bien que la durée d'engraissement soit plus importante. Même le taux maximum atteint par l'élevage étudié est inférieur à la moyenne nationale, à la fois pour les cages polyvalentes (0,45% vs 1,7%) et les parcs (0,45% en moyenne vs 4,0%).

Tableau 7 : Effet du mode de logement sur le rendement carcasse (%) en fonction de la bande

	Rendement carcasse (%)	
	Cages	Parcs
Bande 1	56,9	58,4
Bande 2	N.C.	N.C.
Bande 3	60,3	60,6
Bande 4	60,5	58,9
Bande 5	58,3	59,6
Bande 6	61,2	58,9
Moyenne	59,6	59,3

N.C. : Non Communiqué

Le rendement le plus faible pour les 6 premières bandes est de 56,9% (Tableau 7). Toutefois, cette valeur est au milieu de la grille de paiement. Il n'y a pas d'effet du mode de logement sur le rendement (59,6 et 59,3% en cages et en parcs, respectivement ; P> 0,1). Ceci est en accord avec les résultats de Roy et al. (2017) qui ne montraient pas de différence de rendement selon le type de logement.

Tableau 8 : Productivité selon la bande et le logement

	Productivité (kg/IA)	
	Cages	Parcs
Bande 1	20,7	20,8
Bande 2	20,4	20,2
Bande 3	18,4	19,4
Bande 4	20,1	21,4
Bande 5	19,5	21,4
Bande 6	18,4	21,3
Moyenne	19,6	20,8

En moyenne sur les 6 bandes étudiées, la productivité est numériquement supérieure de +1,2 kg/IA dans le système avec parcs comparés au systèmes en cages polyvalente mais cette différence n'est pas significative (P=0,06).

Conclusions

L'objectif de cette étude est de comparer les performances de lapins élevés dans des conditions similaires (même lieu de naissance et mêmes portées d'origine, programme alimentaire similaire) à l'exception du mode de logement : cages polyvalentes ou parcs avec jardin d'hiver. Ce dispositif permet de limiter les biais et d'isoler les effets du mode de logement sur les résultats obtenus. Cette étude a été réalisée dans une ferme commerciale dont les performances sont supérieures à la moyenne nationale, quel que soit le type de logement : cages polyvalentes ou parcs.

Nos résultats montrent que le taux de viabilité est plus élevé dans le logement en parcs avec accès à un jardin d'hiver comparé aux cages polyvalentes. Les autres performances de production sont similaires entre les modes de logement (croissance, rendement, taux de saisie). Ce sont les 1ers résultats, couvrant une période de mars à décembre, ils seront suivis d'une analyse intégrant toutes les saisons. Un calcul des indices de consommation et de marge sur coût alimentaire sera également intéressant sur une année de production.

Remerciements

Nous remercions l'éleveur pour la mise à disposition des données de performances, SOREAL SUD EST pour la synthèse de la GTE, l'ITAVI pour la mise à disposition des performance RENACEB 2021 ITAVI.

Références

Anses. 2018. Le bien-être animal en 8 questions.

European Union. 2022. European Citizens' Initiative. End the Cage Age.https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/qanda_21_3298

Fetiveau M., Savietto D., Warin L., Pujol S., Gidenne T., Huang Y., Fortun-Lamothe L. 2020. Outdoor access for growing rabbits : effect of stocking rate on behaviour and performance. 12th World Rabbit Congress.

Guene-Grand E., Davoust C., Launay C. 2020. A new alternative outdoor housing method (Wellap®) for fattening rabbits : first results. 12th World Rabbit Congress.

Leblatier L., Menini F.-X., Bourdillon A., Salaün J.-M., Le Floch A., Perdriau A. 2017. Effet d'un logement collectif en parc sur les performances zootechniques du lapin en engraissement en conditions d'élevage commercial.

Pedro V. 2022. Résultats technico-économique des élevages cunicoles français. Résultats 2021. Comité de pilotage. ITAVI.

Roy P., Fonteniaud J., Charrier J.-F., Lebas F. 2017. Performances de croissance et d'abattage de lapins engraissés en cages ou en parcs avec une alimentation rationnées. Effet de la distribution de foin. 17ème Journées de la Recherche Cunicole.

GAELA – UNE APPLICATION SMARTPHONE POUR LA GESTION ASSISTEE D'UN ATELIER CUNICOLE EN SUIVI INDIVIDUEL, ET LE REFERENCEMENT DES PERFORMANCES.

Gidenne T. [1], Huang Y. [1], Lombard S. [2], Savietto D. [1],

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet Tolosan, France
[2] Institut Technique de l'Agriculture Biologique : ITAB, 49100 Angers Cedex 2, France

[*]Auteur de correspondance : thierry.gidenne@inrae.fr

Résumé
GAELA est une application smartphone combinant l'aide à la décision (gestion de la reproduction) et l'enregistrement des performances (saisie unique, directe et sécurisée sur un serveur public) pour un atelier cunicole qui fait un suivi individuel des reproducteurs. GAELA est associée à un site web qui permet à l'éleveur de calculer les performances de son troupeau pour une période de temps choisie. Ainsi, les performances de reproduction ont été compilées pour 6 exploitations sur 2 années de production (2018-2020). La taille du cheptel était en moyenne de 30 femelles et variait largement entre les exploitations. En moyenne 3,9 saillies conduisent à 2,6 mises-bas par femelle/an (taux de fertilité de 66,8%), pour un nombre moyen de lapereaux nés vivants de 7,1. Cet échantillon partiel de données suggère des performances modestes en cuniculture biologique et aussi une grande variabilité de performances entre ateliers. Le référentiel de données s'accroit actuellement avec près de 40 élevages inscrits à GAELA. Ainsi, avec un plus grand nombre d'ateliers produisant régulièrement, il sera possible de fournir une analyse plus précise des performances technico-économique de la cuniculture biologique ou avec accès au pâturage.

Abstract : GAELA – a smartphone application to manage an organic rabbit farm and calculate performances.
GAELA is a smartphone application combining decision support (breeding management) and performance recording (single, direct and secure entry on a public server) for rabbit farming with an individual monitoring of reproductive females and males. GAELA is associated with a website that allows the farmer to calculate the performance of his flock for a chosen period of time. Performance of reproduction were compiled for 6 farms over 2 years of production (2018-2020). The livestock size averaged 30 does and varied largely among the farms. With 3.9 matings, 2.6 parturitions per female/year were obtained (66.8% fertility rate), with an average number of live kits born of 7.1. This short sample of data suggests modest performance in organic rabbit farming and also a large variability in performance between farms. The data base is currently growing with about 40 farms registered in GAELA. Thus, with a larger number of farms producing regularly, it will be possible to provide a more accurate analysis of the technical and economic performance of organic rabbit farming or with access to pasture.

Introduction

Le développement de la production biologique connaît une croissance importante depuis 2009. Cependant, l'élevage biologique de lapins reste un marché de niche en France (environ 50 exploitations), et la demande des consommateurs est supérieure à l'offre (Roinsard et al., 2016). Le cahier des charges français de la cuniculture AB contenait plusieurs règles, telles que le pâturage toute l'année, la reproduction naturelle et l'abattage après 100 jours d'âge, le logement en enclos (ou grandes cages)

Photo 1: Parc fixe sur pâturage

mobiles ou en parcs fixes (Photo 1). Il a été remplacé en janvier 2022 par le nouveau règlement Européenn qui préconise toujours l'utilisation maximale du paturâge mais qui a modifié certaines règles, tel que l'absence d'âge minimum d'abattage (plus de détails dans Gidenne *et al.*, 2023).

En cuniculture conventionnelle en bâtiment, les performances d'élevage sont référencées dans une base de données nationale depuis plus de 30 ans. Cela permet d'identifier les progrès ou les difficultés techniques des élevages cunicoles, et d'orienter les efforts de développement et de recherche. En cuniculture indépendante ou biologique, il n'existe pas de référentiel de performance. Ce manque de références techniques est un frein au développement de la filière cunicole " alternative ", car ces informations permettent aux éleveurs et aux conseillers d'établir, d'organiser et de dimensionner un projet d'installation.

Un premier un outil informatique de référencement de performances pour la cuniculture AB fût créé en 2016 (Gidenne *et al.*, 2020) à partir d'une application Excel (RTS2CuniBio). Néanmoins, cet outil était adapté au traitement d'un nombre limité de données d'élevages, et nécessitait une saisie manuelle à partir du traditionnel cahier d'élevage. Cette communication présente un nouvel outil informatique qui permet de gérer un référencement national de performances, associé à une application smartphone " GAELA ". GAELA permet la saisie directe et unique des performances par l'éleveur, produit une assistance à la gestion quotidienne de l'atelier d'élevage, et permet une gestion de la carrière des animaux reproducteurs. Cette application a reçu un prix Innov'Space en 2022. Actuellement, GAELA est associé à un site web qui permet à l'éleveur de calculer les performances de l'atelier pour une durée choisie.

1- Description de GAELA et calcul de performances

La première version de GAELA pour smartphone (sous Android) a été réalisée en 2018 (Figure 1). Elle permet la saisie directe "au champ" et unique, des informations concernant les reproducteurs (mâles ou femelles), la saillie, la parturition et le sevrage. GAELA génère des notifications en lien avec calendrier de travail (Figure 2).

Figure 1: GAELA - Menu "accueil"

L'ensemble des données d'élevage collectées sont sécurisées sur une base de données publique via un menu de synchronisation.

Figure 2: GAELA - Notifications

L'utilisateur peut afficher sur son smartphone les performances de reproduction de chaque femelle ou mâle précédemment enregistré. Actuellement, près de 40 éleveurs sont inscrits à GAELA.

Pour notre analyse descriptive préliminaire de performances, nous avons sélectionné 6 exploitations qui enregistraient régulièrement leurs données (de 2018 à 2020). Notre étude ne prétend donc pas donner une estimation de performances moyennes de la cuniculture AB, mais apporte une "photographie" ponctuelle sur ces élevages en vue d'identifier les potentialités productives, les principales contraintes et les possibilités de progrès.

2- Résultats et discussion

L'analyse a été limitée aux performances de reproduction (Tableau 1). La taille du cheptel femelle est très variable selon les exploitations, allant de 9 à plus de 70. Il convient de noter que de nombreux résultats de sevrage faisaient défaut, en particulier dans l'atelier D, où seulement 31,5 % des mise-bas ont été enregistrées avec des résultats de sevrage. Il y avait également une grande variabilité dans la gestion des femelles reproductrices, avec un rapport femelle/mâle de 6,2 en moyenne, mais allant de 2,6 à 7,0. Le rythme de reproduction (accouplement naturel) est peu intense, avec 3,9 accouplements par femelle par an, conduisant à une moyenne de 2,6 mise-bas/an/femelle (Tableau 2). L'intervalle entre les mise-bas est élevé avec une moyenne de 144 jours (près de 5 mois). Ces informations doivent néanmoins être prises avec précaution, car la saisie des données peut ne pas être complète dans certains cas, notamment dans les ateliers D et E où il manque beaucoup de données sur les mises-bas.

Tableau 1 : Données descriptives des 6 ateliers cunicoles AB sélectionnés

Atelier	A	B	C	D	E	F	Moyenne
Femelles reproductrices (nb moyen/an)	29,1	70,8	32,0	21,0	9,1	15,5	29,6
Mâles reproducteurs (nb moyen/an)	4,9	10,4	3,8	3,0	1,4	6,1	4,9
Ratio Femelle / mâle	5,9	6,8	8,5	7,0	6,4	2,6	6,2
Saillies (nb/an)	108	405	87	81	35	47	127
Mise-bas (nb/an)	68	241	69	53	20	38	81
Sevrages (nb/an)	64	204	45	17	16	26	62

Tableau 2 : Performances de reproduction

Atelier	A	B	C	D	E	F	Moyenne
Saillies/femelle/an	3,7	5,7	3,4	3,9	3,9	3,0	3,9
Saillies/mâle/an	21,8	38,9	23,0	27,1	24,9	7,8	23,9
Taux de fertilité, %	63,0	59,6	79,4	65,5	56,0	77,2	66,8
Nb de mise-bas/femelle/an	2,3	3,4	2,7	2,5	2,2	2,4	2,6
Intervalle entre mise-bas, jours	158,7	107,4	135,2	146,0	165,9	152,1	144,2
Nés totaux/mise-bas	7,7	9,5	7,9	8,5	7,8	5,3	7,8
Nés vivants/mise-bas	7,3	9,0	6,6	8,3	7,3	3,9	7,1

Le taux de fertilité (66,8 % en moyenne) présenté ici est supérieur à celui de l'étude précédente (60,3%; Gidenne *et al.*, 2020), mais varie assez fortement selon l'atelier (56 à 79 %). La taille de la portée (7,1 nés vivants) varie également fortement selon l'atelier (de 3,9 à 9,0), et s'avère plus faible que dans l'étude précédente (8,0 nés vivants, Gidenne *et al.*, 2020) basée sur les résultats de 6 élevages pendant 3 ans (2015-2017), et reste bien sur inférieure à celle de l'élevage cunicole conventionnel (≈10, Coutelet, 2015).

L'âge au sevrage est en moyenne de 57,2 jours (allant de 42,5 à 74,2 jours entre les 6 ateliers, Tableau 3). Le taux de survie des lapereaux au sevrage est en moyenne de 69,3 %, mais avec une forte variation selon les ateliers (46,2-89,0 %). A l'exception des résultats des ateliers E et F, les données étaient comparables à celles observées par des études précédentes (Lebas *et al.*, 2002 ; Gidenne *et al.*, 2020). Ainsi, le nombre de lapins sevrés par mise-bas est en moyenne de 5,1. Il faut noter que l'élevage F (1,8 lapin sevré par mise-bas) a enregistré anormalement beaucoup de mise-bas (n = 25) aboutissant à 0 lapereaux sevré. Ce type de résultats

mérite des vérifications supplémentaires pour d'abord identifier s'il y a eu des manquements de saisie de chiffres par cet atelier (oublis?). Si ce n'est pas le cas, identifier un problèmes sanitaire.

Ces données préliminaires suggèrent l'existence d'une marge de progrès importante dans la gestion de la reproduction, par exemple pour améliorer le taux de survie avant sevrage (gestion du logement, prophylaxie, etc.), tout en réduisant l'intervalle entre les mise-bas sans altérer le taux de survie après sevrage.

Tableau 3 : Performances de sevrage

Atelier	A	B	C	D	E	F	Moyenne
Âge au sevrage, jours	42,5	65,0	45,1	74,2	61,1	55,3	57,2
Nb sevrés / mise-bas	6,1	6,4	5,9	6,0	4,0	1,8	5,1
Nb sevrés /femelle/an	14,4	21,8	9,6	15,2	9,0	4,3	16,8
Taux de survie au sevrage, %	81,9	70,2	89,0	72,6	56,7	46,2	69,3

3- Perspectives et conclusions

Ces données préliminaires permettent d'identifier des contraintes de production de ces ateliers cunicoles AB, et ainsi de proposer quelques pistes de progrès techniques.

Une version évoluée de l'application GAELA a été livrée en fin 2022 avec de nouvelles fonctionnalités pour éviter la saisie d'informations erronées, par exemple la saisie d'une parturition alors que la saillie a eu lieu il y a moins de 29 jours ou plus de 33 jours (5% des cas dans la présente étude). D'autres nouvelles fonctions sont disponibles, comme la notification de palpation, les adoptions de lapereaux, la gestion de l'engraissement.

Bientôt sera disponible une fonctionnalité de gestion sanitaire de l'atelier: calendrier de vaccination, pathologies, causes de mortalité.

GAELA permet donc dès maintenant la construction d'un référentiel national "participatif" pour les élevages cunicoles "non conventionnels" (tels que les élevages AB). Associé à son site Web, GAELA permet à l'éleveur de visualiser son cheptel, ses performances, et permettra de construire un système de référence national. GAELA est donc adapté à tout élevage cunicole, souhaitant suivre la carrière individuelle de chaque reproducteur de son troupeau. GAELA peut également être facilement adapté à d'autres systèmes d'élevage (porcs, etc.).

En conclusion, L'application GAELA est simple et ergonomique, et est disponible sur demande à l'INRAE. Avec environ 40 élevages inscrits à GAELA, ce référentiel de données devient plus solide, et continue à s'accroitre. Ainsi, avec un plus grand nombre d'ateliers produisant régulièrement, il sera possible de fournir une analyse plus précise des performances technico-économiques de la cuniculture biologique ou avec accès au pâturage.

4- Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement les cuniculteurs de l'Association des Eleveurs de Lapin Bio de France (AELBF, https://www.facebook.com/aelbf/), sans lesquels aucune étude n'est possible.

Les auteurs remercient le programme de financement de l'INRAE pour l'agriculture biologique (AgriBio4, projet Cunipat), le département INRAE-PHASE (Physiologie Animale et Systèmes d'Elevage), INRAE-Transfert (projets "prématuration"), le consortium 3L, la région Occitanie et l'UE (FEDER); la région pays de Loire (projet DEvLapinBio) pour le soutien financier au développement de l'application smartphone GAELA.

REFERENCES

Coutelet G., 2015. Performances moyenne des élevages cunicoles en France pour l'année 2014. Résultats RENACEB. Cuniculture Magazine, 42, 39-40 (http://www.cuniculture.info/Docs/Magazine/Magazine2015/mag42-037-Renaceb.html; accessed on 12/11/2019)

Gidenne, T., Savietto, D., Goby, J. P., Fortun-Lamothe, L., Roinsard, A. 2020. A referencing system to analyse performances of French organic rabbit farms. Organic Agriculture, 10 (1): 125-129.

Gidenne T., Fortun-Lamothe L., Huang Y., Savietto D., 2023. Cuniculture biologique ou au pâturage : systèmes, règlementation, performances technico-economiques. In, "19èmes" Journées de la Recherche Cunicoles, 22 et 23 mars, Le Mans, France. ITAVI publ.

Lebas F., Lebreton L., Martin T., 2002. Lapins Bio sur prairie : des résultats chiffrés. Cuniculture, 29 (2): 74-80.

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, pp. 231-24

CUNICULTURE BIOLOGIQUE OU AU PÂTURAGE : SYSTÈMES, RÈGLEMENTATION, PERFORMANCES TECHNICO-ECONOMIQUES.

Gidenne T., Fortun-Lamothe L., Huang Y., Savietto D.,

GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet Tolosan, France
*Corresponding author: thierry.gidenne@inrae.fr

Résumé

La cuniculture avec accès des lapins au pâturage, réalisée essentiellement sous certification « Agriculture Biologique » (AB) reste encore marginale en France (environ 50 cuniculteurs) et ne produit pas suffisamment pour répondre à la demande des consommateurs. Cette synthèse a pour objectif de faire le point sur le fonctionnement et les performances actuelles des systèmes cunicoles AB ou basés sur la pâturage. Le lapin étant un animal herbivore, la cuniculture AB privilégie le pâturage, et bien maîtrisée, elle peut rémunérer un demi SMIC avec 40 lapines reproductrices sur 4 ha (pâtures et cultures complémentaires). Pour les porteurs de projet, outre l'accès à la terre, la gestion de la prophylaxie et de l'alimentation sont deux contraintes fortes des systèmes cunicoles AB. Le nouveau règlement Européen, applicable depuis janvier 2022, préconise l'utilisation maximale du pâturage mais, de façon contradictoire, permet d'installer un troupeau de 40 lapines sur seulement 200 m² de prairie, et n'oblige pas à une rotation des parcs entre deux groupes d'animaux, ce qui élève le risque de parasitisme. Les récentes études ont quantifié l'ingestion d'herbe (30 à 80 g MS/jour/lapin) et la croissance du lapin au pâturage (15 à 25 g/jour). Le cycle productif d'un atelier cunicole AB est extensif avec une moyenne de 2,7 mise bas par lapine et par an (contre 6,7 en système hors sol). Une forte progression technique semble possible, particulièrement sur la gestion de la reproduction.

Abstract : Organic rabbit farming or at pasture : systems, regulations, technical and economic performances.

Organic rabbit farming (ORF), marginal in France (about fifty farmers), do not produce enough to meet consumer demand. Rabbit is an herbivore and ORF favours grazing. If well managed it can pay a half-time salary with about 40 reproducing females on four ha (pastures and complementary crops). For the farmers, in addition to access to land, the management of prophylaxis and feeding are two main constraints of ORF systems. The new European regulation, applicable since January 2022, recommends the maximum use of pasture but, in a contradictory way, allows a flock of 40 reproducing does on only 200 m² of pasture. In addition, it does not require the rotation of the paddocks between 2 batches of animals, thus increasing the parasitism risk. Recent studies have quantified grass intake (30 to 80 g DM/day/rabbit) and growth of rabbits on pasture (15 to 25 g/day). The production cycle of an AB rabbit farm is extensive with an average of 2.7 parturitions per doe per year (*vs* 6.7 for intensive conventional systems). A strong technical progress seems possible, particularly on the management of the reproduction.

Introduction

La production Agricole Biologique (AB) connaît une croissance importante depuis 2009 dans plusieurs productions animales (œufs, lait, …). La production cunicole biologique (cuniculture AB) ne connaît pas cet essor, probablement à cause des difficultés techniques de la cuniculture au pâturage, mais aussi du fait d'un manque de références technico-économiques qui forment un obstacle à l'installation de nouveaux cuniculteurs. La cuniculture AB a débuté dans les années 1990 dans l'ouest de la France, mais se développe maintenant dans plusieurs régions françaises. Le premier Cahier des Charges Français (CCF) pour la cuniculture AB a été adopté en 2000 (JORF, 2000) puis modifié en 2010 (JORF, 2010). Il a été remplacé en janvier 2022 par le nouveau règlement Européen (CCUE : JOUE, 2018, 2021). Le CCF préconisait une utilisation maximale des fourrages, soit en pâturage direct soit par affourragement (en vert ou en sec), la reproduction naturelle, le logement en enclos mobiles ou en parcs (Photo 1). Les premières performances de production ont été publiées dès 2002 par Lebas *et al.*. La cuniculture AB est encore aujourd'hui un métier émergent avec environ 50 éleveurs en France. Actuellement, la demande des consommateurs en viande de lapin AB est supérieure à l'offre, ce qui

Photo 1 : Parc fixe sur pâturage

représente une opportunité de développement pour cette production.
La cuniculture AB a bénéficié d'un premier soutien des services publics à partir de 2010, pour analyser les contraintes de cet élevage (alimentation à l'herbe, parasitisme) et commencer à combler l'insuffisance des connaissances pour ces systèmes. Quelques outils sont maintenant disponibles pour les professionnels : fiches techniques de l'ITAB, application smartphone INRAE d'assistance à la conduite de l'élevage (GAELA, Huang *et al.*, 2021). Récemment, un guide d'installation en cuniculture AB a été publié (Roumet et al., 2021). Les contraintes et les potentialités productives de cet élevage sont mieux connues désormais, et font l'objet de cet article. Nous y présenterons le contexte et les composantes d'un système cunicole AB (alimentation, reproduction, prophylaxie), l'état actuel de connaissances sur la capacité de production, et les évolutions possibles dans la conception et la conduite de ces systèmes compte tenu de l'évolution récente de la réglementation Européenne sur l'agriculture biologique.

1. Rappels sur le contexte cunicole Français et sur la cuniculture AB en France

En 2010, le RGA (Recensement Général Agricole) comptabilisait 30 800 détenteurs de lapins reproducteurs, mais 28 600 personnes élevaient moins de 20 lapines et seulement 1 200 exploitations cunicoles professionnelles détenaient plus de 200 lapines reproductrices. Le nombre de cuniculteurs professionnels conventionnels diminue régulièrement depuis 30 ans, en raison d'une réduction de la rentabilité des ateliers et de l'élévation des coûts d'installation. Ceci conduit les éleveurs à accroître la taille de leur troupeau (Gidenne, 2018). En 2020 il faut compter environ 600 lapines pour une UTH (Unité de Travail Humain) dans un système conventionnel hors-sol. Actuellement, la France compte environ 700 ateliers cunicoles conventionnels référencés et fédérés au sein de groupements, qui en 2020 ont produit 28 millions de lapins pour 33 000 TEC (Tonnes Equivalent Carcasse)
En parallèle de la production conventionnelle, environ 15 000 lapins/an sont produits sous cahier des charges AB par une cinquantaine d'éleveurs, dont 20 possèdent plus de 30 lapines reproductrices. Cette faible offre de viande de lapin sous certification AB ne suffit pas à couvrir la demande actuel des consommateurs. Néanmoins, même si la cuniculture AB ne fait qu'émerger en France, notre pays est le premier pays producteur de lapin AB en Europe (et au monde) avec probablement plus de 90 % de la production.

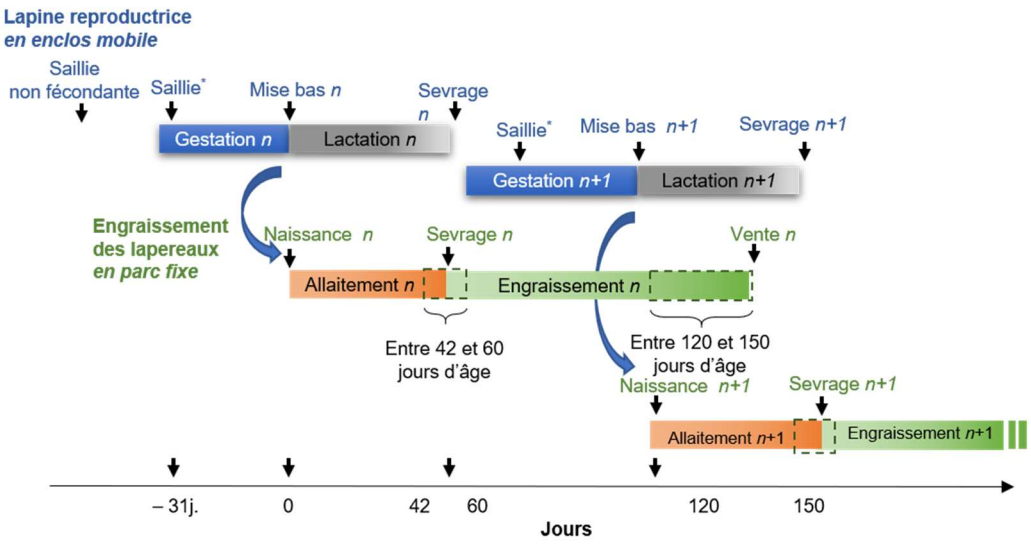
2. Systèmes cunicoles au pâturage et sous certification AB

2.1. Principaux systèmes cunicoles au pâturage en usage en France

Photos 2 : Enclos mobiles au pâturage

En 2000, le premier règlement Français pour la cuniculture AB adoptait le principe d'un usage maximum du pâturage et imposait un minimum de 60% de fourrage grossier dans la ration, comme pour les ruminants. Sous les contraintes du cahier des charges d'alors, trois types de systèmes (cf. section 4, figure 1) étaient possibles : i) des parcs fixes clôturés, ii) des petits enclos ou grandes cages mobiles (photos 1 & 2) et iii) des bâtiments fixes avec aire d'exercice.
Les deux premiers systèmes, basés sur un pâturage véritable, sont les plus utilisés, le pâturage en "enclos" mobile étant le plus souvent destiné aux adultes reproducteurs, tandis que des parcs fixes collectifs sont le plus souvent utilisés pour les lapins en croissance. Il existe aussi, des systèmes de parcs fixes "individuels" (10 à 20 m²) pour les reproducteurs adultes.
Le troisième système, en bâtiment fixe avec une aire d'exercice extérieure, nécessite un affouragement intensif pour répondre au règlement concernant le système alimentaire (*cf.* § 2.2). Ce système, presque absent en France, présente l'intérêt d'affronter des climats froids, ou de mieux contrôler la reproduction (contrôle des mises bas et protection des portées) comme le montrent quelques résultats obtenus en unité expérimentale à l'Université de Perpignan (Martin *et al.*, 2016 ; Legendre *et al.*, 2019).
Le système pâturant en parc fixe permet de simplifier le travail (pas de déplacement quotidien des enclos mobile) mais peut s'accompagner d'un risque parasitaire accru, car les animaux peuvent se souiller par leurs déjections. Cet incovénient peut être contré par le respect d'un délai de deux mois entre 2 groupes de lapins. Notons que le risque de prédation y est aussi supérieur par rapport au système en enclos mobile. Le système pâturant avec des enclos mobiles nécessite un temps de travail plus important, mais limite la création de zones de refus. Ce système limite également le contact des animaux avec leurs déjections ce qui limite le risque parasitaire.
Les logements des lapins sont conçus de manière artisanale par les éleveurs, avec une partie pâturage et une partie « abri » conçue en bois résistant pour protéger les animaux des intempéries et des

prédateurs. La protection contre les prédateurs (chiens, renards, fouines, rapaces, ...), se fait soit par du grillage (enclos mobiles…), soit par des clôtures électrifiées (parcs fixes). Des exemples de logements sont présentés dans le guide aux éleveurs publié récemment (Roumet et al., 2021).
Une analyse démographique indique que la population des cuniculteurs AB est relativement jeune, ce qui contraste avec la population des cuniculteurs conventionnels qui est vieillissante. Ainsi, les formations organisées par l'AELBF (Association des Eleveurs de Lapin Bio de France) reçoivent entre 15 et 20 cuniculteurs installés ou de nouveaux porteurs de projets, d'un âge variant entre 25 et 45 ans. Outre la formation technique à acquérir, l'accès au foncier est sans doute l'un des freins majeurs de cette production, même si le besoin est bien plus faible que pour les grands herbivores.



Production moyenne par cycle (voir tableau 5) : 5 lapereaux sevrés/mise bas, 140 jours d'intervalle entre mise bas (en moyenne). Production annuelle : 17 sevrés par lapine/an, soit pour 40 lapines un potentiel de vente de 580 lapins/an (avec une survie de 85% entre sevrage et vente).

Figure 2 : Cycle productif moyen en cuniculture AB.

Le cycle productif en cuniculture AB est assez extensif (Figure 2) comparé à celui des élevages cunicoles hors sols. La réglementation exige un sevrage à partir de 42 jours d'âge (contre 35 jours souvent pratiqué en cuniculture conventionnelle). Mais souvent le sevrage est plus tardif pour que les lapereaux pèsent au moins un kilo au moment du sevrage. Comme l'intervalle entre mise bas est en moyenne supérieur à 4 mois (cf. Tableau 3), une lapine sèvre environ 17 lapins par an, soit environ 14 lapins de 2,5 kg commercialisables. Ainsi, un troupeau de 40 lapines conduit à la production d'environ 560 lapins chaque année pour un chiffre d'affaire estimé à 14 000 €. Compte tenu des diverses charges (≈35%), cette production peut rémunérer environ un demi SMIC, à condition d'organiser la vente des produits en circuits courts (à la ferme, AMAP…). Ainsi, le plus souvent, les ateliers cunicoles AB sont associés à d'autres élevages ou productions végétales sur une même exploitation (Roinsard *et al.*, 2016).
Pour maximiser l'usage du pâturage (JORF, 2010), il est conseillé d'avoir une surface de pâtures et de production de foin d'environ 2 ha pour un troupeau de 40 lapines reproductrices et leurs descendances (Tableau 1). Pour le système cunicole AB le plus pratiqué en France (enclos mobiles pour les reproducteurs et parcs fixes pour les lapins en engraissement), 1 ha sera attribué pour les parcs fixes, et 1 ha pour les enclos mobiles. À cette surface de pâturage, il faut ajouter 2 ha pour les cultures de céréales et protéagineux pour complémenter les apports fourragers. Donc au total sont conseillés 4 ha pour installer un atelier cunicole AB de 40 lapines et leur descendance correspondant à 0,5 UTH.

2.2. Cuniculture sous certification AB – cohérences et incohérences, conséquences sur l'évolution des systèmes d'élevage

La nouvelle réglementation Européenne pour la cuniculture AB (CCUE) conserve divers critères déjà présents dans le CCF de 2010, tels que l'usage maximum du pâturage, un minimum de 60% de fourrage grossiers dans la ration, ainsi que les types de logements. En revanche, elle modifie divers critères tels que l'absence d'âge minimum à l'abattage (100j pour le CCF), mais un âge minimum de 42 jours pour le sevrage, ou l'absence d'obligation de

rotation des pâtures. Elle impose aussi que la partie abri des logements possède une hauteur suffisante pour que les animaux puissent se tenir debout les oreilles dressées (position de guet). Nous détaillons ci-dessous les modifications liées à l'accès au pâturage et à l'alimentation, qui nous semblent les plus importantes et capables de modifier sensiblement les systèmes cunicoles AB Français conçus pour respecter le CCF.

Tableau 1. Surfaces minimales recommandées de pâturage et de cultures en cuniculture AB* selon le CCF*.

Pâturages	**Norme minimale de surface***	**Surface pour 40 lapines, 5 mâles et 5 futures reproductrices**	**Surface minimale annuelle pour 40 lapines****
Reproducteurs, en enclos mobile	2,4 m²/jour/lapin	120 m²/jour	1,1 ha
Lapins en croissance, en parc fixe $	5,0 m²/lapin	750 m²$	0,075 ha
Total			**1,20ha**
Céréales et protéagineux	**Consommation individuelle£**	**Consommation annuelle** (3 allaitements par an de 42 jours) **pour 40 lapines**	**Surface à cultiverµ (ha)**
Reproductrices allaitantes en enclos mobile	300 g/jour x 0,4= 120g/jour	3 x 42 x 0,12 x 40 = 605 kg	0,20
Reproductrices non allaitantes	150g/j x 0,4= 56g/j	239 x 0,056 x 40 = 575kg	0,19
Mâles et futures reproductrices	140g/j x 0,4= 56g/j	0,056 x 10 x 365 = 204kg	0,07
Lapins en croissance $	120g/j x 0,4= 48g/j	0,048 x 70j x 150 x 3=1500kg	0,50
Total		**2 783 kg**	**0,96**

** : chiffrage en se basant sur le cahier des charges Français "CCF" (valide jusqu'à fin 2021); ** : en supposant une rotation tous les 3 mois; $: à raison d'une production de 30 portées de 5 lapins sevrés (tous les 120 jours, soit 3 sevrages par an), et au pâturage pendant 10 semaines, soit un besoin de surface de pâturage de 750m² ; £ : en estimant que la consommation de céréales est de 40% de l'ingéré total de matière sèche, pour être conforme à la réglementation qui impose un minimum de 60% de fourrages grossiers; µ : pour un rendement moyen (blé, pois) est de 3 t/ha (cultures AB).*

Tableau 2. Surface de pâturage selon le minimum réglementaire UE (CCUE).

	Hors période de pacage, bâtiment fixe, avec parcours extérieur végétal, de préférence herbages	**Espace extérieur Enclos mobile**
40 Lapines (gestante ou non, ou allaitante), avec lapereaux jusqu'au sevrage	[40 x 2,5 m²/lapine avec lapereaux] = 100m² minimum	2,5 m²/lapine avec lapereaux par jour (si déplacement quotidien), soit sur 73jours (31+72j) : [73j x 2,5m²] x 40= 7300m²
5 Lapines de remplacement	[5 x 2,5 m²/lapine avec lapereaux] = 12,5m² minimum	50j x 2,5m²] x 5= 625m²
5 Mâles adultes	5x 2,5 m² = 12,5m² minimum	73j x 2,5 x 5 m² = 912 m²
150 Lapins en engraissement*, du sevrage (42 j) à l'abattage (110 j)	150 X 0,5 m² = 75 m² minimum	150 X 0,4 m² = 600 m²
Total	**200 m² minimum**	**8425 m² minimum**

*Pour un atelier de 40 femelles reproductrices et leur descendance +5 mâles + 5 femelles de renouvellement (soit une rémunération d'un demi SMIC); *À raison de 25 lapines gestantes (sur 40) et 6 sevrés par portée = 150 lapereaux en engraissement par cycle de reproduction de 73 jours.*

Pour le nouveau règlement UE (CCUE, Figure 1), la notion de parcours végétalisé ou de parcs fixes n'est plus mentionnée, le déplacement quotidien d'un enclos mobile n'est pas obligatoire et il n'existe pas de délai minimum de retour (2 mois pour le CCF) sur la même parcelle. Outre que ces derniers points sont des facteurs d'accroissement du risque parasitaire, le nouveau règlement n'oblige pas à ce que la surface extérieure soit enherbée, mais interdit le béton (autorisé avec le CCF de 2010). Pourtant, le règlement Européen précise que l'usage du pâturage doit être maximisé, et que la ration doit contenir au moins 60 % de fourrages grossier. De plus, le chargement n'est pas limité, alors que le CCF limitait à 2 UGB/ha (Unité Gros Bovins), soit 100 lapines reproductrices/ha.

La surface réglementaire minimum de terrain pour installer un atelier cunicole AB de 40 lapines (≈0,5

UTH) est calculée au Tableau 2, pour les 2 systèmes possibles : bâtiment fixe ou en enclos mobiles. Pour comparaison avec le CCF de 2010, on se référera au Tableau 1. Dans un système avec bâtiment fixe, il suffit aujourd'hui d'une surface extérieure de 225 m² pour conduire un troupeau de 40 lapines ; et 8425 m² pour un système en enclos mobile (contre 12000 m² selon le CCF), si on suppose un déplacement quotidien (recommandé).

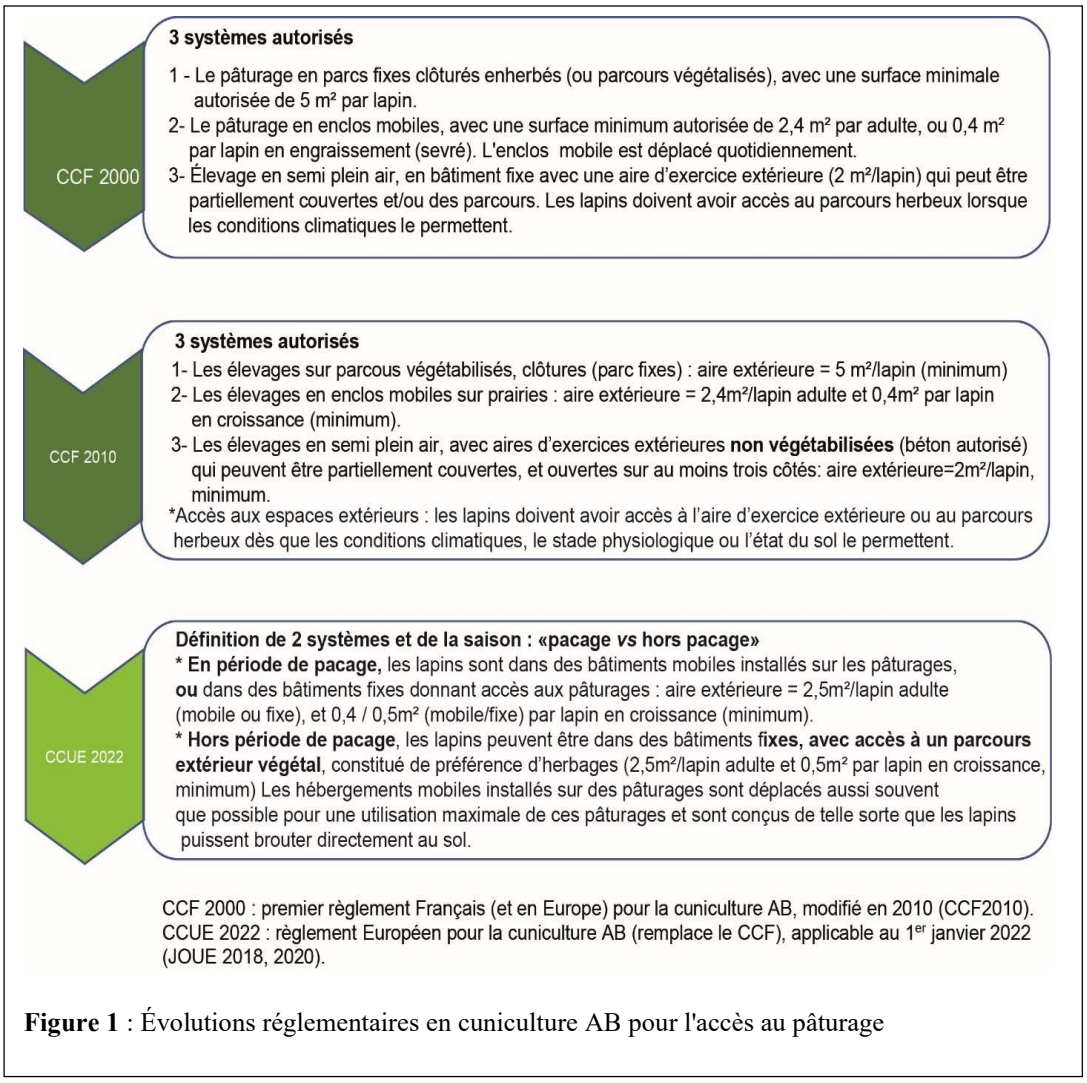


Figure 1 : Évolutions réglementaires en cuniculture AB pour l'accès au pâturage

Soulignons que pour le système en bâtiment fixe, la surface règlementaire minimale d'espace extérieur est bien insuffisante pour respecter le seuil minimum de 60 % de fourrage dans la ration. En effet, un lapin en croissance de 2 kg broute entre 0,5 et 1,0 m² par jour de pâture. Ainsi, la surface de 0,5 m² proposée par le règlement actuel est totalement brouté en environ 24 h. Pour atteindre 60 % de 120 g d'ingéré sec (soit 72 g de matière sèche ; MS) il faudrait donc que la surface à pâturer soit d'environ 1 m² (si légumineuse de belle qualité) par lapin et par jour. La surface minimale proposée pour un bâtiment fixe impose donc un affouragement quotidien intensif, ce qui ne correspond pas au règlement de base (JOUE, 2018) dans lequel il est spécifié :

i) les lapins ont accès aux pâturages pour brouter à chaque fois que les conditions le permettent ;

ii) les systèmes d'élevage reposent sur une utilisation maximale des pâturages.

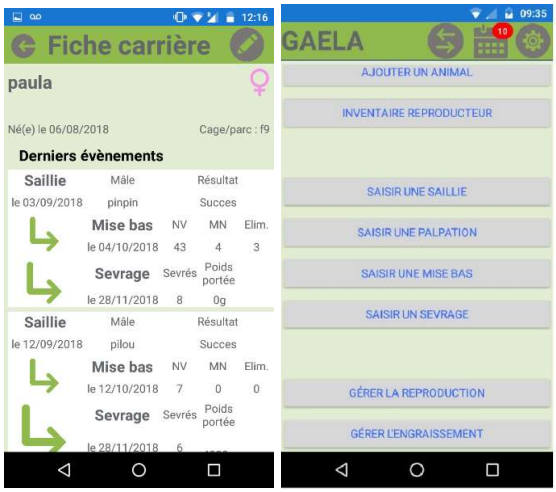
Pour le système en enclos mobile, le CCF (2010) imposait le déplacement quotidien des enclos mobiles. Or, la surface minimum pour le pâturage d'un troupeau de 40 lapines est estimée à 1,2 ha (Tableau 2). En saison de bonne production fourragère, cette surface peut produire suffisamment pour couvrir 60 % de fourrage grossier, mais ce n'est plus le cas en saison estivale ou hivernale, où un apport de foin sera nécessaire. Le nouveau règlement Européen permet à un cuniculteur AB de s'installer avec 200 m² de surface extérieure pour le pâturage d'un troupeau de 40 lapines reproductrices et sa descendance. Dans ce cas, l'éleveur devra produire ou acheter des fourrages et des compléments céréaliers, et le système ne permettra aux lapins que de brouter quelques jours. Le nouveau règlement

européen présente donc une incohérence forte entre une recommandation d'usage maximum du pâturage et les surfaces minimales règlementaires. En revanche, il devrait permettre à de nouveaux cuniculteurs ayant peu de terrain de s'installer, y compris dans des zones à climat froid où le système en bâtiment fixe présente un avantage.
Par ailleurs, l'ingestion « règlementaire » d'au moins 60 % de fourrages grossiers par le lapin n'est pas atteinte dans de nombreuses situations (Martin *et al*., 2016 ; Legendre *et al*., 2019). Des lapins en fin de croissance et disposant d'une offre abondante d'herbe de bonne qualité nutritionnelle peuvent atteindre ce seuil de 60 %. Si on considère que la luzerne déshydratée contenue dans l'aliment granulé complémentaire (en moyenne 25 %) contribue à l'apport de fourrage grossier, alors le niveau d'ingestion total de fourrage grossier est de 50 à 60 % de l'ingéré total de MS, et au maximum de 65 % en fin de croissance. Dans le cas de l'alimentation de la lapine allaitant une portée de plus de 5 lapereaux, il est recommandé de fournir librement un aliment complémentaire concentré riche en protéines et énergie (mélanges céréales/protéagineux, ou aliment commercial granulé), en parallèle du pâturage et d'un apport de foin. Dans ces conditions, l'ingestion de fourrage grossier représente environ 40 % des apports alimentaires. Ainsi, au vu des mesures réelles d'ingestion d'herbe (*cf.* 4.1), et des recommandations nutritionnelles pour satisfaire les besoins du lapin, il serait plus pertinent de fixer un seuil règlementaire pour la part de fourrage dans le régime alimentaire mieux adapté à la physiologie digestive du lapin (monogastrique et herbivore), qui est estimé à 40 % pour des lapines allaitantes, et à 50 % pour des lapins en croissance.

3. Performances technico-économiques et durabilité des ateliers cunicoles AB

3.1. Performances productives et économiques

En cuniculture conventionnelle, les performances techniques des élevages sont référencées dans une base de données nationale depuis plus de 40 ans par l'Institut Technique Avicole (ITAVI ; https://www.itavi.asso.fr/). Celle-ci permet d'identifier les progrès ou les difficultés techniques des élevages, et d'orienter les efforts de développement et de recherche. En cuniculture AB ou indépendante, l'absence de référentiel de performances freine le développement de cette filière, notamment pour permettre aux porteurs de projets d'organiser et de dimensionner leur installation. Un travail de création d'un référentiel de performances techniques pour la cuniculture AB a débuté à INRAE en 2017 (Gidenne *et al.*, 2020b). Désormais, ce référentiel est étendu, *via* le développement d'une application smartphone "GAELA" (Gestion Assistée d'un Élevage de LApin, Huang *et al*., 2021). Cette application, utilisée par l'éleveur, permet une gestion quotidienne des tâches de l'atelier cunicole (saillies, naissances, *etc.*) avec une saisie directe (dans l'atelier) et unique (pas de



GAELA = disponible gratuitement pour les éleveurs sur demande aux auteurs de cette synthèse.

Figure 3. Captures d'écran de l'application GAELA (Gestion Assistée d'un Élevage de LApin) : Application smartphone

retranscription depuis un cahier d'élevage) des données techniques (Figure 3). Ces données sont sécurisées sur un serveur via une synchronisation automatisée.
Plus de 30 cuniculteurs AB utilisent aujourd'hui GAELA. À titre d'illustration, les performances de reproduction de 4 ateliers cunicoles AB ayant régulièrement enregistré leurs performances 2018 à 2020 sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Données de performances pour quatre ateliers cunicoles AB*.

Élevage	A	B	C	D
Nb moyen de lapines / an	29,1	70,8	32,0	15,5
Nb moyen de mâles / an	4,9	10,4	3,8	6,1
Saillies/femelle/an	3,7	5,7	3,4	3,0
Mise bas/femelle/an	2,3	3,4	2,7	2,4
Intervalle entre 2 mise bas, jours	159	107	135	152
Âge au sevrage, j	42,5	65,0	45,1	55,3
Sevrés/mise bas	6,1	6,4	5,9	1,8
Sevrés/femelle/an	14,4	21,8	9,6	4,3
Taux de survie au sevrage, %	81,9	70,2	89,0	46,2

** Données recueillies de 2018 à 2020 avec l'application GAELA.*

La taille du cheptel varie beaucoup selon les exploitations, allant de 15 femelles (éleveurs en installation) à plus de 70 (éleveur installé depuis plus de 15 ans). Le rythme de reproduction (saillie naturelle) est extensif, un intervalle entre 2 mise-bas qui varie de 107 à 159j. Pour ces 4 élevages, l'âge au

sevrage est tardif et varie de 42 à 65 j. Le taux moyen de survie des lapereaux est également très variable selon l'atelier, puisque les plus anciens élevage (A à C) affichent un taux de survie moyen de 80 %, contre seulement 46% pour le plus récent. Ces données sont comparables à celles observées dans les études précédentes (Lebas *et al.*, 2002 ; Gidenne *et al.*, 2020b). Ces chiffres suggèrent une marge de progrès importante pour la gestion de l'atelier maternité sans nuire au taux de survie après le sevrage, en réduisant par exemple l'intervalle entre mises bas.

Les performances économiques de six ateliers cunicoles AB ont été analysées en 2011 et comparées aux ateliers conventionnels du réseau de ferme de références (Cunimieux ; Coutelet, 2013). En cuniculture AB, les performances économiques sont très variables entre ateliers, mais présentent une marge nette de 87 €/ femelle/an (variation de 10 à 170 €), qui est supérieure à celle du réseau Cunimieux (34 €/femelle/an). Cela s'explique par un coût des intrants inférieur, mais surtout par les circuits de vente courts, qui permettent d'avoir un prix de vente plus élevé et de conserver la marge sur l'exploitation. D'ailleurs, le produit cunicole par femelle est supérieur en élevage AB comparés aux élevages cunicoles conventionnels (289 €/femelle/an *vs* 228 €/femelle/an).

3.2. Durabilité des élevages cunicoles AB

La durabilité de six ateliers cunicole AB a été comparée à celle de 69 ateliers cunicoles conventionnels (Tableau 4, Fortun-Lamothe *et al.*, 2013). Le score de durabilité économique des ateliers AB (71/100) est nettement supérieur à celui des ateliers cunicoles conventionnels (48/100). Ce résultat s'explique par une rentabilité légèrement plus élevée (voir 3.1, ci-dessus), mais surtout par une meilleure réponse aux objectifs de flexibilité, liée à la polyvalence de l'atelier (score 8,7/10 *vs* 3,3/10), à la faible dépendance aux intrants et à la meilleure autonomie financière (score 9,8/10 *vs* 5,6/10). Les performances environnementales sont légèrement plus élevées pour les ateliers AB (57/100 *vs* 47/100); et elles s'expliquent, par une utilisation plus économe de certaines ressources (énergie, carburant) : 3,9 *vs* 6,5 €/femelle/an), et une réponse légèrement meilleure à l'objectif de protection des écosystèmes via une préservation de la biodiversité supérieure en lien avec l'utilisation de races patrimoniales. Certaines dimensions se retrouvent pénalisées comme la consommation d'eau plus élevée (22 *vs* 11 €/femelle/an) ou le déploiement ou pas de protocoles de prophylaxie comparé aux élevages conventionnels (absence de sas, lavabo ou des pratiques tout-plein tout-vide, ou encore des vide sanitaire). Les performances sociales sont également meilleurs notées pour les ateliers AB que pour les ateliers conventionnels (50/100 *vs* 38/100). Ceci s'explique par une meilleure prise en compte des demandes du citoyen/consommateur (25/50 *vs* 14/50), liée à la commercialisation en circuits courts, aux services non agricoles rendus par ces ateliers, à des pratiques plus respectueuses du bien-être animal (*ex.* : rythme de reproduction plus lent, densité animale plus faible, absence d'utilisation d'hormone).

Un atelier cunicole AB avec 80 lapines reproductrices (soit 1 200 à 1 400 lapins vendus par an) permettrait une rémunération d'environ un SMIC mensuel, si la commercialisation est réalisée en circuit court. On peut aussi souligner que les ateliers cunicoles sont moins dépendants des aides d'état à la production, et ont un potentiel de créer trois fois plus de valeur ajoutée à l'hectare, que la production principale (Fortun-Lamothe *et al.*, 2013). C'est donc une voie de diversification intéressante, mobilisant relativement peu de foncier.

Tableau 4. Scores de durabilité des ateliers cunicoles AB ou conventionnels (réseau Cunimieux).

Piliers et objectifs de durabilité	Ateliers AB (n=6)	Ateliers conventionnels (n=69)
Économie (score sur 100)	**71**	**48**
dont Rentabilité (score sur 50)	*27*	*20*
dont Flexibilité-adaptabilité (score sur 50)	*44*	*28*
Environnement (score sur 100)	**57**	**47**
dont Utilisation des ressources (score sur 50)	*30*	*23*
dont Protection des écosystèmes (score sur 50)	*27*	*24*
Social (score sur 100)	**50**	**38**
dont Demandes du producteur (score sur 50)	*25*	*24*
dont Demandes du consommateur (score sur 50)	*25*	*14*

4. Techniques de production en systèmes cunicoles pâturant

4.1. Systèmes alimentaires

Le système alimentaire doit répondre aux deux critères règlementaires suivants (*cf.* Figure 1) :

i) Utilisation maximale du pâturage. Les lapins ont accès au pâturage pour brouter à chaque fois que les conditions climatiques le permettent. Il faut fournir des aliments fibreux si le pâturage direct est insuffisant, par affouragement avec des fourrages grossiers secs (foin) ou verts (coupes d'herbe, branches d'arbre fourrager) ou herbe conservée (qu'ensilage ou enrubannage).

ii) 60% minimum de fourrages grossiers dans la ration alimentaire (sur sec).

Un fourrage grossier peut être défini comme suit : aliment d'origine végétale riches en fibres (> 20 % de cellulose brute sur sec). Selon cette définition, les

ingrédients riches en fibres incorporés dans un mélange avec des céréales et tourteaux, et souvent compressés sous forme de granulé complets équilibrés, tels que la luzerne déshydratée, les pulpes de betteraves, le son de blé, *etc.* peuvent être considérés comme des fourrages grossiers. Selon la saison, l'apport de foin est nécessaire, sachant qu'un foin trop grossier (pauvre en feuilles) est peu appétant pour les lapins et sera faiblement ingéré (15 à 30 g MS/jour ; Duprat et al., 2016).
Comme le lapin est un herbivore monogastrique, il convient de compléter sa ration avec des aliments plus riches en énergie et/ou en protéines que les fourrages, tels que des mélanges céréaliers-protéagineux (avoine, orge, pois, féverole…), des racines (betteraves, …), ou encore avec des aliments granulés équilibrés. Cette complémentation est particulièrement nécessaire pour les lapines en lactation, afin de couvrir leurs besoins énergétiques et protéiques (Gidenne *et al.*, 2015).

a. Ingestion d'herbe par le lapin au pâturage
L'ingestion d'herbe par des adultes reproducteurs n'est pas documentée. Elle a été récemment mesurée pour le lapin en croissance (Martin *et al.*, 2016) avec la technique des coupes différentielles pour un système en enclos mobiles ayant 0,4 m² / jour de pâture et 60 g d'aliment complet granulé par lapin. Dans ces conditions, l'herbe ingérée représente de 46% à 50% de l'ingéré total de matière sèche (120 g/ lapin/jour). La quantité d'herbe ingérée dépend du poids vif du lapin (+7 g MS/jour pour chaque 100 g poids vif^{0,75}supplementaire), et de la biomasse disponible sur la prairie. Par exemple, l'ingestion d'herbe est plus élevée (79 g MS/jour/lapin) dans une prairie naturelle (saison printemps) où la biomasse disponible est plus abondante, que dans une pâture de fétuque élevée (44 g MS/jour/lapin) ou de sainfoin (51 g MS/jour/lapin). Plus la biomasse offerte est importante, plus l'ingestion d'herbe sera élevée : en moyenne + 6,8 g MS/jour par hausse de 10 g MS de biomasse offerte (Martin *et al.*, 2016).
L'ingestion d'herbe par le lapin en croissance est en moyenne de 51 g MS/lapin/jour, pour une quantité d'herbe offerte de 69 g MS/lapin/jour; ce qui correspond à un taux d'utilisation de l'herbe d'environ 75 % (pour 3 cm de hauteur de coupe). La capacité d'ingestion d'herbe fraîche (contenant 20 % de MS) est de 200 à 250 g/jour pour un lapin en croissance de 2,0 kg. Elle peut atteindre 750 g/jour (ou 150 g MS/jour) soit 35 % du poids vif (2,0 kg), ce qui peut lui permettre de couvrir ses besoins énergétique et protéiques pour la croissance.
Au pâturage, et en situation de choix entre la pâture et un aliment "granulé complet" distribué à volonté, le lapin va consommer au moins la moitié de sa ration (en MS) sous forme de granulé, et l'autre moitié sous forme d'herbe pâturée. Si le granulé ou le mélange de céréales (méteil) est restreint (par exemple, à 50 g/jour), alors le lapin consommera plus d'herbe.
Au pâturage, et sans choix avec un aliment plus concentré, le lapin peut ingérer de grandes quantités d'herbe. Ainsi, l'ingestion de luzerne fraîche peut dépasser 400 g/jour (soit environ 80 g de MS), pour un lapin de 1,5 kg, et peut atteindre 600 g/jour (120 g de MS), pour des végétaux frais et appétissants (carottes entières, choux ; Goby *et al*., 2013 ; 2017 ; 2021).
L'ingestion de foin sec est très peu documentée chez le lapin, bien que fréquemment distribué dans les systèmes AB actuels. Comme pour le pâturage, la qualité du foin est déterminante des quantités ingérées : un foin de légumineuse de bonne qualité, distribué seul, peut être consommé à un niveau assez élevé : 50 à 80 g MS/jour pour un lapin de 2,0 kg (Goby *et al.*, 2013 ; 2017). Mais souvent la consommation du foin est modérée voire faible (15 à 30 g MS/jour) puisqu'il est généralement distribué en complément d'aliments plus appétant (herbe, méteil, granulés).

b. Croissance du lapin au pâturage
Un lapin en croissance commence à pâturer dès 3 à 4 semaines d'âge. La durée de pâturage est d'environ 10 semaines ce qui permet aux animaux d'atteindre un poids de vente d'environ 2,4 kg à 100 jours d'âge lorsque le système alimentaire est mixte: pâturage + aliment "concentré" + foin. La vitesse de croissance des lapins dépend largement de la qualité de la pâture (*cf.* 4.1a), et en particulier sa teneur en protéines, (graminées *vs* légumineuses): une herbe riche en protéines est moins ingérée par le lapin (en moyenne, –4 g MS par chaque point supplémentaire de protéines) mais couvre mieux ses besoins protéiques pour la croissance. Ainsi, Joly *et al.* (2018) estiment que 90 g/jour d'aliment concentré et une surface de pâturage de 0,4 m²/lapin/jour permettent d'atteindre une vitesse de croissance d'environ 22 g/jour. Sans distribution d'aliment complémentaire, il faudrait tripler la surface de pâturage (Duprat *et al.*, 2016), et favoriser l'usage de légumineuses (sainfoin, luzerne, trèfles…), pour atteindre une croissance similaire.

c. Alimentation pratique en cuniculture AB
Au final, pour couvrir les besoins en pâturage d'un lapin en croissance, du sevrage (environ 1,0 kg à partir de 42 jours) à la vente (2,4 kg à 100 jours d'âge), il serait raisonnable d'attribuer :
i) En parc fixe : une surface de 25 m² par lapin pour couvrir les besoins de croissance avec un pâturage à 100% (pour une production d'herbe de 3 tonnes/ha, et si la proportion de légumineuse est d'au moins 50%). Si on complémente avec 40 % d'aliments concentrés, cette surface peut être égale ou supérieur à 15 m² par lapin.
ii) En enclos mobile : il faudrait accroître la surface quotidienne à pâturer de 2,4 m² à environ 5 m²/animal/jour, ce qui contraindrait à déplacer les

enclos mobiles actuels (surface d'environ 2,5 m²) deux fois par jour, ou bien à agrandir l'enclos.

Pour un troupeau de 40 lapines reproductrices qui vont sevrer environ 150 lapereaux par cycle (2 à 3 sevrages par an), il faut disposer d'un parc de 2250 m² (si 40 % d'aliment concentré) voire de 3750 m² en absence de complément. Pour assurer la rotation des parcs entre les groupes de sevrage, il est nécessaire de disposer *à minima* de deux parcs (soit 4500 à 7500 m²).
De plus, il est nécessaire d'apporter un complément céréalier à la ration. Le plus souvent, la production de céréales est réalisée dans la ferme. Ainsi, la quantité minimale de céréales pour un troupeau de 40 lapines et leur descendance est estimée à 2,8 tonnes/an (Tableau 1), soit une surface minimum de production d'environ 1ha.
Outre le pâturage et le foin, le lapin peut valoriser d'autres ressources fourragères : arbres fourragers, racines, produits de maraîchage, *etc.*
Actuellement, on connait peu les valeurs nutritives de fourrages mesurées au pâturage, puisque les premières mesures de digestibilité au pâturage n'ont été réalisées très récemment (Goby *et al.*, 2021). Cependant, des estimations peuvent être obtenues par comparaison avec les valeurs nutritives des aliments chez le cheval (*cf.* www.feedipedia.org ; www.equipedia.ifce.fr ; www.feedtables.com), qui est un animal physiologiquement proche du lapin d'un point de vue digestif (fermentateur caecal). Pour le lapin, les valeurs retenues seront similaires (céréales, graines protéagineuses) ou 5 à 10% inférieure (fourrages) à celles obtenues chez le cheval.

4.2. Reproduction et génétique

Chez la lapine l'ovulation n'est pas spontanée mais provoquée par l'accouplement. En conséquence, l'insémination artificielle impose l'injection d'un analogue de la GnRH pour déclencher l'ovulation (Theau-Clément, 2008). Comme la réglementation AB interdit l'utilisation des hormones, la reproduction se fait donc par saillie naturelle.
La réglementation AB Européenne impose une période minimale d'allaitement de 42 jours. Théoriquement, une lapine pourrait réaliser 5 cycles de reproduction par an, voire plus si la saillie est réalisée avant le sevrage. Mais dans la pratique, le sevrage est souvent réalisé tardivement (entre 42 et 60 jours d'âge). De plus, en saison hivernale (jours courts) la réceptivité des lapines est moindre et plusieurs saillies peuvent être nécessaires pour aboutir à une gestation. Ainsi, le nombre moyen de mises-bas par lapine et par année est de 3 en cuniculture AB (Tableau 3).
La grande majorité des cuniculteurs AB utilisent des races patrimoniales (Fauves-de-Bourgogne, Papillon, *etc.*), répertoriées et conservées par les éleveurs de la Fédération Française de Cuniculiculture (FFC : https://www.ffc.asso.fr/ffc/). Les performances reproductives des races patrimoniales, mesurées par Bolet *et al.* (2004), sont assez proches de celles obtenues en cuniculture AB (Tableau 3), avec des taux de fertilité variant entre 35 et 68%, un taux de mortalité au nid élevé et variable (10 à 38%) et un nombre moyen de sevrés par portée de 4,8 lapereaux. La cuniculture AB pourrait potentiellement tirer parti de souches de lapins plus productives, ou de leur croisement avec des races patrimoniales (Savietto *et al.*, 2021). Ce volet reste à étudier, sachant qu'actuellement aucun programme de génétique n'est développé spécifiquement pour la cuniculture AB ou au pâturage (Gunia *et al.*, 2023). Des démarches de sélection participative mériteraient aussi d'être envisagées.

4.3 Prophylaxie en système cunicole pâturant

En élevage conventionnel, les principales pathologies des lapines adultes sont les troubles respiratoires (pasteurellose) et les pododermatites (staphylococcose), tandis que les diarrhées (colibacillose, entéropathie épizootique du lapin, coccidioses) dominent la pathologie des lapins en croissance (Licois et Marlier, 2008). En cuniculture AB, les adultes sont principalement touchés par des pathologies virales (myxomatose et maladie hémorragique virale "VHD"), et les maladies digestives restent prédominantes chez les jeunes lapins : diarrhées péri sevrage, parasitisme (helminthiases et coccidioses).
La prophylaxie contre les maladies virales s'appuie essentiellement sur la vaccination. En pratique, et dans les zones à forte présence de lapins et de lièvres sauvages, une vaccination précoce des lapereaux (avant le sevrage, environ 28 jours de vie) est recommandée. Enfin, l'éleveur doit être attentif au calendrier vaccinal de son cheptel, notamment les reproducteurs. Les doses de rappel sont essentielles, tant pour la myxomatose que pour la VHD.
Le risque parasitaire, dominé par les coccidioses reste un problème majeur en cuniculture au pâturage. De plus, le nouveau règlement Européen pour la cuniculture AB n'impose plus de délai minimum entre deux passages de lapins sur une parcelle, et n'impose plus un déplacement quotidien des enclos mobiles. Ces deux éléments sont donc des facteurs de risques supplémentaires d'infestation parasitaire, en particulier pour les coccidioses. Ainsi, il conviendrait de développer les connaissances sur la maîtrise du risque parasitaire pour la cuniculture au pâturage, car cela reste un facteur majeur de pertes d'animaux en croissance.

5. Recherches et perspectives en cuniculture au pâturage – alternative à l'élevage hors-sol ?

Les recherches sur la cuniculture au pâturage ou AB sont peu nombreuses et souvent limitées à une analyse descriptive : performances de production,

qualité de viande, première évaluation des performances économiques et de la durabilité des systèmes (Fortun-Lamothe *et al.*, 2013). En Europe, l'Italie, l'Espagne et la France sont les seuls pays ayant publié des études sur des systèmes cunicoles AB. En France les recherches se sont focalisées sur la nutrition et le parasitisme, notamment sur l'ingestion d'herbe et la gestion du pâturage, et ont conduit à d'assez nombreuses publications, dont un guide d'installation en cuniculture AB (Roumet *et al.*, 2021), et des outils numériques tel que l'application GAELA.

Néanmoins, plusieurs contraintes techniques limitent la cuniculture au pâturage, et mériteraient des études spécifiques : la faible fertilité des reproducteurs en saison automnale et hivernale en lien avec la durée du jour ; la gestion du risque parasitaire en lien avec la rotation des pâturages ; la valeur nutritive des pâturages très méconnue pour le lapin ; les maladies métaboliques du jeune lapin en relation avec une forte ingestion d'herbe fraiche, entre autres.

En termes d'alternatives à la cuniculture hors-sol, un modèle expérimental de système cunicole avec accès au pâturage[1] a été développé par INRAE, en lien avec les préoccupations sociétales autour du bien-être des animaux (Fetiveau *et al*., 2021). L'intégration arboriculture et cuniculture fait aussi l'objet de recherches à INRAE (Savietto et Drusch, 2022[2]), avec un regard sur les services rendus par les lapins à un verger de pommiers (brouter l'herbe entre les arbres, fertilisation du sol, et potentiellement prophylaxie du verger).

Conclusions

Même si la France présente le plus grand nombre d'ateliers cunicoles AB en Europe, cette production reste marginale. Cette situation pourrait évoluer puisque la demande des consommateurs est supérieure à l'offre et qu'elle bénéficie d'une bonne image sociétale. La création d'un référentiel technique associé à un nouvel outil numérique, et le développement d'un réseau de professionnels, pourra soutenir ce développement et aider à relever plusieurs défis : contribuer à la rationalisation technique de la production, mieux gérer la dispersion géographique avec des outils de travail collaboratif, augmenter la taille de la filière pour mieux la structurer, maintenir ou réduire les coûts de production.

Le nouveau règlement Européen, moins exigeant sur la surface et les modalités d'accès au pâturage, pourrait néanmoins modifier le fonctionnement des systèmes actuels, entrainer un risque plus élevé de parasitisme lié à la plus forte densité d'animaux et l'absence de rotation sur les parcours, et par conséquence dégrader l'image de ce métier. Ce règlement devrait susciter de nouveaux programmes de recherche, en particulier pour faciliter la transition depuis les anciens règlements nationaux.

Enfin, les connaissances sur la cuniculture au pâturage sont encore trop parcellaires pour soutenir efficacement cette production. Il convient notamment de conduire des recherches sur la conduite de la reproduction chez cette espèce sensible à la photopériode, et la maitrise du parasitisme en lien avec l'alimentation au pâturage.

Remerciements

Les auteurs remercient: l'association des éleveurs de lapin Bio de France (AELBF), la coordination agricole Biologique de la région Pays de Loire, le CIVAM Mayenne. En France, les recherches en cuniculture AB ont bénéficié du soutien de: INRAE via le programme pour l'agriculture biologique "AgriBio4" (Projet Cunipat), le département INRAE-PHASE, ainsi que les Métaprogrammes SANBA (Projet Panorama) et METABIO Projet Lapoesie). La région Occitanie et les fonds FEDER ont également soutenue les recherches en cuniculture hors-sol (le consortium 3L).

Références

Bolet G., Brun J.M., Lechevestrier S., Lopez M., Boucher S., 2004. Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms. Anim. Res., 53, 59-65.

Coutelet G., 2013. Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins de chair en France en 2012. Journées Rech. Cunicole, Le Mans, France, 15, 111-114.

Coutelet G., 2015. Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins de chair en France en 2014. In : Journées Rech. Cunicole, Le Mans, France, ITAVI publ., Paris, France, 16, 193-197.

Duprat A., Goby J.P., Roinsard A., Van Der Horst F., Le Stum J., Legendre H., Descombes M., Theau J.P., Martin G., Gidenne T., 2016. Pasture finishing of organic rabbit: grass intake and growth – first results. In: World Rabbit Congress. Qin Y., Li F., Gidenne T. (Eds). Qingdao, China, Chinese Assoc. Anim. Sci. Vet. Medicine, 11, 931-934.,

Fetiveau M., Savietto D., Gidenne T., Pujol S., Aymard P., Fortun-Lamothe L., 2021. Effect of access to outdoor grazing and stocking density on space and pasture use, behaviour, reactivity, and growth traits of weaned rabbits. Animal, 15, 100334.

Fortun-Lamothe L., Gidenne T., Roinsard A., 2013. Lapin bio : du râble, vous avez dit durable ? Alter Agri n°120, 25-28.

Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchies P., Duperray J., Davoust C., Fortun-Lamothe L., 2015. Nutrition et alimentation. In : Le lapin. De la biologie à l'élevage. Gidenne T. (Ed), Quae éditions, 152-196.

Gidenne T., Lebas F., Fortun-Lamothe L., 2020a. Feeding behaviour of rabbits, In: De Blas C., Wiseman J. (Eds). Nutrition of the rabbit, 3rd edition, CABI; Wallingford; UK, pp. 254-274.

Gidenne T., Savietto D., Goby J.P., Fortun-Lamothe L., Roinsard A. 2020b. A referencing system to analyse performances of French organic rabbit farms. Organic Agriculture, 10, 125-129.

[1] https://www.inrae.fr/actualites/lapins-au-paturage-recherche-dun-compromis-entre-performances

[2] https://www6.paca.inrae.fr/ueri/Page-d-accueil/Actualites/Faire-paturer-des-lapins-dans-des-vergers-de-pommiers

Gunia M., Douhard F., Savietto D., Sautier M., Fillon V., Rupp R., Moreno-Romieux C, Mignon-Grasteau S., Gilbert H., Fortun-Lamothe L., Ducos A., 2023. Contribution de la génétique animale à la transition agroécologique des systemes d'élevage cunicole. Journées Rech. Cunicole, Le Mans, France, ITAVI publ.

Goby J.P., Huck C., Fortun-Lamothe L., Gidenne T., 2013. Intake growth and digestion of the growing rabbit fed alfalfa hay or green whole carrot: first results. In: 3rd ARPA Conference, Raharjo Y. (Ed). 27-29 august, Denpasar, Bali, Indonesia, 76.

Goby J.P., Coullet S., Huck C., Bannelier C., Gidenne T., 2017. Ingestion et digestion de fourrages secs et verts pour le lapin – première approche pour la luzerne et la carotte entière. Journées Rech. Cunicole, Le Mans, France, ITAVI publ., 17, 189-192.

Goby J.P., Bannelier C., Gidenne T., 2021. Nutritive value of cabbage and pelleted complete feed in free-ranged organic growing rabbit. In: Proc. Annual Conf. Eur. Fed. Anim. Prod., Davos Swiss. 72, 411.

Huang Y., Gigou M., Goby J.P., Roinsard A., Savietto D., Gidenne T., 2021. Digital breeding and assisted management in organic rabbit farming: the first results. In: World Rabbit Congr., Gidenne T. (Ed). Nantes, France. INRAE-ASFC Publ., Comm. F-06, 12, 4.

Joly L., Goby J.P., Duprat A., Legendre H., Savietto D., Gidenne T., Martin G., 2018. PASTRAB - a model for simulating intake regulation and growth of rabbits raised on pastures. Animal, 12, 1642-1651.JORF, 2000. "CC-REPAB-F "-Cahier des Charges concernant le mode de production et de préparation biologique des animaux et des produits animaux définissant les modalités d'application du règlement CEE N° 2092/91 modifié du Conseil et/ou complétant les dispositions du règlement CEE n° 2092/91 modifié du Conseil.

JORF, 2010. Cahier des charges concernant le mode de production biologique d'animaux d'élevage et complétant les dispositions des règlements (CE) n° 834/2007 modifié du Conseil et (CE) n° 889/2008 modifié de la Commission ("CC FR Bio").

JOUE, 2018. Règlement (UE) 2018/848 du parlement européen et du conseil du 30 mai 2018, relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et abrogeant le règlement (CE) n o 834/2007 du Conseil. 14 juin 2018 (L150/1).

JOUE, 2020. Règlement d'exécution (UE) 2020/464 de la commission du 26 mars 2020 portant certaines modalités d'application du règlement (UE) 2018/848 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les documents nécessaires à la reconnaissance rétroactive des périodes de conversion, la production de produits biologiques et les informations communiquées par les États membres. 31 mars 2020 (L98/2).

Lebas F., Lebreton L., Martin T., 2002. Lapins Bio sur prairie : des résultats chiffrés. Cuniculture, 29, 74-80.

Legendre H., Goby J.P., 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.

Licois D., Marlier D., 2008. Pathologies infectieuses du lapin en élevage rationnel. INRA Prod. Anim., 21, 257-268.

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.

Roinsard A., Van der Horst F., Fortun-Lamothe L., Cabaret J., Boucher S., Roland L., Gidenne T., 2016. Lapin Bio : développer une production cunicole durable en agriculture biologique. Innov. Agro

Roumet A., Uzureau A., Favé M.C., Gidenne T., Leray M., Orain P., Theau-Clement M., Thomas S., Weber S., 2021. Élever des lapins Bio : Guide éleveur.se.s.

Savietto D., Debrusse A.M., Bonnemere J.M., Labatut D., Aymard P., Combes S., Fortun-Lamothe L., Gunia M., 2021. Reproductive performance of a maternal rabbit cross: Fauve-de-Bourgogne X INRA 1777. In: 12th World Rabbit Congr., Gidenne T. (Ed). Nantes, France.

Savietto D., Drusch S., 2022. Le lapin, le pommier et les bénéfices écosystémiques interspécifiques. Conception d'un système d'association arboriculture – élevage. Séminaire du MP Metabio, 2022, Paris.

Theau-Clément M., 2008. Facteurs de réussite de l'insémination chez la lapine et méthode d'induction de l'œstrus. INRA Prod. Anim., 21, 221-230

Physiologie et qualité de la viande

UNE SUPPLEMENTATION EN POLYPHENOLS MODULE LA MATURATION DU MICROBIOTE ET DE L'EPITHELIUM INTESTINAL LORS DE L'INTRODUCTION DE L'ALIMENTATION SOLIDE CHEZ LE LAPIN

Martin Beaumont [1] *, Chloé Bredon[1], Céline Barilly[1], Corinne Lencina[1], Lise Gallo[1], Patrick Aymard[1], Christelle Knudsen[1], Sylvie Combes[1]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, Castanet-Tolosan, France..

[*]Auteur correspondant : martin.beaumont@inrae.fr

Résumé – Le but de cette étude était d'étudier si la composition des premiers aliments solides ingérés par les lapereaux pouvait influencer la maturation de l'épithélium intestinal ainsi que la composition et l'activité métabolique du microbiote digestif. Pour cela, nous avons testé les effets d'une supplémentation en polyphénols (PP), connus pour agir conjointement sur le microbiote et sur l'épithélium. Trois groupes de lapereaux ont été comparés. Le premier groupe était exclusivement allaité de 18 à 25 jours. Les deux autres groupes étaient allaités et avaient accès entre 18 et 25 jours à un aliment solide supplémenté ou non avec 50 ppm d'un extrait de raisins riche en PP (concentration >80%). A 25 jours, le caecum a été prélevé pour analyser la composition du microbiote et pour étudier le métabolome. Une analyse histologique du tissus caecal a été réalisée et les cellules épithéliales ont été isolées pour analyser l'expression de gènes impliqués dans la fonction barrière. Le poids du caecum était deux fois plus élevé chez les animaux consommant des aliments solides supplémentés ou non en PP comparativement à ceux exclusivement allaités. L'analyse de la β-diversité a montré que l'introduction de l'alimentation solide et la supplémentation en PP ont modifié la structure du microbiote. L'introduction de l'alimentation solide a augmenté l'abondance relative des genres *Roseburia* et *Ruminococcus* mais ce résultat n'était pas observé lorsque l'aliment était supplémenté en PP. A l'inverse, l'augmentation d'un genre de *Lachnospiraceae* n'était observée que dans le cas de la supplémentation en PP. L'introduction de l'alimentation solide a réduit le pH du contenu du caecum mais cet effet n'était pas observé dans le cas de la supplémentation en PP. En effet, l'introduction de l'alimentation solide a augmenté la concentration du butyrate uniquement en l'absence de supplémentation en PP. L'ingestion d'aliments solides supplémentés ou non en PP a fortement augmenté la concentration de certains métabolites bactériens aromatiques tels que le 2,4,6-trihydroxybenzoate. Cependant, la concentration de certains métabolites aromatiques augmentait uniquement avec l'aliment témoin (ex : 3-phenylpropionate) ou l'aliment supplémenté en PP (ex : 3,5-dihydroxyphenylpropionate). La hauteur des cellules épithéliales du caecum et l'expression du gène *NOS2* étaient plus élevées chez les animaux ingérant des aliments solides non supplémentés en PP, indiquant une maturation épithéliale plus importante. En conclusion, une supplémentation en PP module la co-maturation du microbiote et de l'épithélium induite par l'introduction de l'alimentation solide.

Abstract – Polyphenols modulate the maturation of the gut microbiota and intestinal epithelium at the onset of solid food ingestion in rabbits. The aim of this study was to investigate whether the composition of the first solid feeds ingested by rabbits could influence the maturation of the intestinal epithelium and the composition and metabolic activity of the gut microbiota. To this end, we tested the effects of polyphenol (PP) supplementation, known to act jointly on the microbiota and the epithelium. The first group was exclusively suckling from 18 to 25 days. The other two groups were suckling and had access between 18 and 25 days to a solid feed supplemented or not with 50 ppm of a grape extract rich in PP (concentration >80%). At 25 days of age, the cecum was collected to analyze the composition of the microbiota and to study the metabolome. Histological analysis of the cecal wall was performed and epithelial cells were isolated for expression analysis of genes involved in the barrier function. Caecum weight was twice as high in animals consuming solid food supplemented or not with PP compared with those exclusively suckling. The β-diversity analysis showed that the introduction of solid feed and PP supplementation altered the structure of the microbiota. The introduction of solid food increased the relative abundance of the genera *Roseburia* and *Ruminococcus* but this result was not observed when the feed was supplemented with PP. Conversely, the increase in one genus of *Lachnospiraceae* was only observed with PP supplementation. The introduction of solid feed reduced the pH of the cecal contents but this effect was not observed in the case of PP supplementation. Indeed, the introduction of solid feed increased the butyrate concentration only in the absence of PP. The ingestion of solid feed supplemented or not with PP strongly increased the concentration of some aromatic bacterial metabolites such as 2,4,6-trihydroxybenzoate. However, the concentration of other aromatic metabolites increased only with the control feed (3-phenylpropionate) or the PP-supplemented feed (3,5-dihydroxyphenylpropionate). Cecal epithelial cell height and gene expression of NOS2 were higher in animals ingesting solid feed not supplemented with PP, indicating a higher maturation level. In conclusion, PP supplementation modulates the co-maturation of the microbiota and epithelium induced by the introduction of solid feed.

Introduction

Les lapereaux allaités commencent à ingérer des quantités significatives d'aliments solides au cours de la troisième semaine de vie. Cette modification nutritionnelle majeure coïncide avec une maturation du microbiote intestinal, caractérisé par une augmentation de l'abondance des bactéries spécialisées dans la dégradation des glucides végétaux complexes (Read et al., 2019; Beaumont et al., 2020, 2022; Paës et al., 2022). Cette modification de la composition du microbiote est associée à une adaptation de son activité métabolique en lien avec la disponibilité de nouveaux substrats dérivés des plantes (Beaumont et al., 2020). L'adaptation du microbiote à l'ingestion d'aliments solides s'accompagne d'une maturation de la barrière épithéliale intestinale avec par exemple une diminution de la perméabilité (Beaumont et al., 2020, 2022). Nos expérimentations menées *in vitro* suggèrent que les métabolites produits par le microbiote lors de l'introduction de l'alimentation solide pourraient jouer un rôle dans la maturation de l'épithélium digestif (Beaumont et al., 2020).

La co-maturation du microbiote et de la barrière intestinale au début de la vie joue un rôle déterminant dans la susceptibilité future à des pathologies infectieuses, inflammatoires et métaboliques (Al Nabhani and Eberl, 2020). Le développement de stratégies nutritionnelles visant à piloter la co-maturation du microbiote et de la barrière intestinale au début de la vie pourrait donc permettre de programmer la santé du lapin à long terme.

Les polyphénols (PP) sont des composés présent dans les plantes, généralement peu digestibles, et connus pour leurs effets sur les bactéries du microbiote intestinal ainsi que sur les cellules de l'hôte animal (Brenes et al., 2016; Rodríguez-Daza et al., 2021). Les PP peuvent avoir une action à la fois antibactérienne contre certaines bactéries tout en favorisant la prolifération d'autres bactéries, via la libération de niches écologiques ou en raison de la capacité de bactéries à métaboliser les PP (Rodríguez-Daza et al., 2021). De plus, la métabolisation des PP par les bactéries du microbiote entraine la production de nombreux métabolites bioactifs (Rodríguez-Daza et al., 2021). Enfin, les PP sont connus pour leurs effets généralement bénéfiques sur le stress oxydant, l'inflammation et la fonction de barrière de l'intestin.

Dans ce travail, nous avons formulé l'hypothèse qu'une supplémentation en PP dans les premiers aliments solides ingérés par les lapereaux allaités pourrait modifier la co-maturation du microbiote et de la barrière épithéliale. Nous avons choisi d'étudier les effets d'un extrait de pépin et peau de raisin riche en PP. L'objectif de notre étude était de caractériser les effets de l'introduction d'un aliment solide supplémenté ou non en PP sur la composition et l'activité métabolique du microbiote ainsi que sur l'épithélium intestinal chez des lapereaux allaités.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

Le protocole a été mis en place dans l'installation expérimentale PECTOUL (GenPhySE, INRAE, Toulouse). Les animaux ont été manipulés selon la règlementation européenne (2010/60/EU) et en accord avec la législation française (NOR : AGRG1238753A 2013). Ce protocole a reçu un avis favorable du comité d'éthique « Science et sante animales » N◦115 (SSA_2021_007).

Les portées de 12 lapines primipares (INRAE 1777, seconde parité) ont été égalisées à 10 lapereaux. De la naissance au jour 18 tous les lapereaux étaient exclusivement allaités (Figure 1). De 18 à 25 jours, les portées ont été réparties en trois groupes (4 portées par groupe). Dans le premier groupe (**Lait**), la taille de portée à été réduite à 5 lapereaux afin de maintenir un allaitement exclusif jusqu'à 25 jours. Le second groupe (**Lait+Solide**) était allaité et avait accès à un aliment solide témoin (composition présentée dans le tableau 1). Le troisième groupe (**Lait+PP**) était allaité et avait accès à l'aliment solide témoin supplémenté avec 50 ppm de Nor Grape 80 (Nor-Feed ; aliment PP). Il s'agit d'un mélange d'extraits de pépins et de peau de raisin contenant plus de 80% de polyphénols, principalement des proanthocyanidines (>60%). La taille des portées n'a pas été réduite dans les deux groupes consommant des aliments solides (n=10 lapereaux par portée).

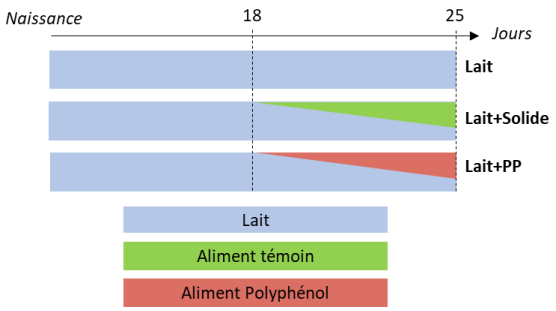


Figure 1 : Représentation du schéma expérimental.

L'allaitement été contrôlé pendant toute la durée de l'expérience en plaçant la femelle dans le nid des lapereaux une fois par jour pendant environ 5 minutes. Les fèces déposées par la lapine dans le nid ont été retirés après l'allaitement pour éviter l'ingestion solide. L'ingestion d'aliments solides a été déterminée par pesée des mangeoires des lapereaux à laquelle la femelle n'avait pas accès.

A 25 jours, 3 lapereaux par portée ont été abattus par électronarcose suivi d'une exsanguination (12 lapereaux par groupe). Le caecum a été isolé, pesé et le pH du contenu a été mesuré. Le contenu a été

congelé à -80°C pour l'analyse du microbiote et du métabolome. Un échantillon de tissu caecal été prélevé pour isoler les cryptes épithéliales qui ont été congelées à -80°C dans du TriReagent selon un protocole décrit précédemment (Beaumont et al., 2022). Des sections transversales de caecum ont été fixées dans une solution de Carnoy pour l'analyse histologique.

Tableau 1 : Composition de l'aliment

	Témoin	Polyphénols
Ingrédients (g/Kg)		
Blé	232	232
Tourteau de tournesol	103	103
Tourteau de soja	103	103
Pulpe de betterave	164	164
Luzerne déshydratée 15	344	344
Huile de tournesol	25	25
Prémix Témoin	**30**	0
Prémix Nor-Grape 80*	0	**30**
Composition (g/100 g MS)		
Protéines	16,9	16,9
Lipides	4,5	4,6
Cellulose brute	10,8	10,8
ADL	3,9	3,9
ADF	14,6	14,6
NDF	29,7	29,9
Cendres	8,1	8,2
Amidon	14,3	13,9

* Concentration finale de Nor-Grape dans l'aliment : 50 ppm.

1.2. Caractérisation du microbiote et du métabolome

La composition du microbiote caecal a été analysée par séquençage d'amplicons de l'ARNr 16S comme décrit précédemment (Beaumont et al., 2022). Le métabolome a été analysé par deux techniques complémentaires, la résonnance magnétique nucléaire (Beaumont et al., 2022) et la spectrométrie de masse (réalisé par la société Metabolon, Inc., Etats-Unis).

1.3. Caractérisation de l'épithélium intestinal

L'analyse de l'expression de gènes dans les cellules épithéliales isolées a été réalisée par RT-qPCR comme décrit précédemment (Beaumont et al., 2022). Des coupes des sections transversales de caecum fixées dans la solution de Carnoy ont été colorées bleu alcian et acide periodique de Schiff (permettant de marquer les mucines) par la plateforme d'histologie ANEXPLO (GenoToul, Toulouse). Les lames ont été numérisées et les mesures suivantes ont été effectuées : taille des cryptes (indicateur de prolifération), nombre de cellules en gobelet par crypte (production de mucus) et hauteur des cellules épithéliales (marqueur de différentiation).

1.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R. Les effets de l'ingestion d'aliments solides ou de la supplémentation PP sur la structure de la communauté microbienne caecale (beta diversité) ont été testés par PERMANOVA après calcul d'une matrice de distance de Bray Crutis. Les analyses univariées ont été réalisées avec des modèles mixtes incluant le groupe en effet fixe (Lait ou Lait+Solide ou Lait+PP) et la portée en effet aléatoire. Les moyennes ajustées ont été comparées deux à deux. Les P-values ont été ajustées pour les tests multiples (procédure de Benjamini-Hochberg).

2. Résultats et discussion

2.1. Ingestion d'aliment solide et poids des lapereaux

Un niveau d'ingestion supérieur d'aliment solide a été observé pour l'aliment témoin comparativement à l'aliment PP entre 24 et 25 jours d'âge (Figure 2A). La présence des PP pourrait réduire l'appétence pour l'aliment ou exercer des effets antinutritionnels mais cette observation doit être nuancée en raison de la variabilité observée et du faible nombre de portées par groupe (n=4). Le niveau d'ingestion d'aliment solide plus faible dans le groupe Lait+PP était associé à une croissance ralentie par rapport aux deux autres groupes (Figure 2B).

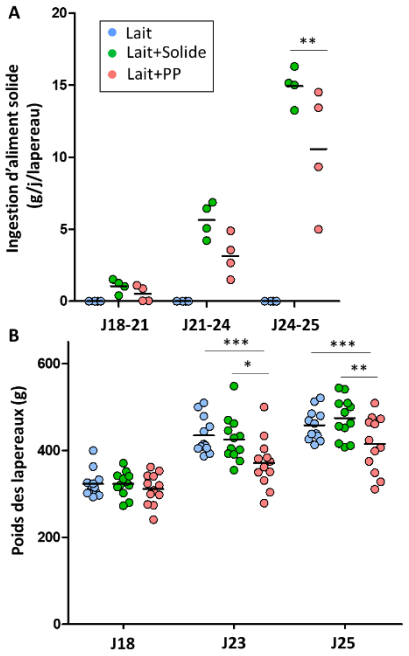


Figure 2 : Ingestion d'aliment solide (A) et évolution du poids des lapereaux abattus (B).

2.2. Composition du microbiote caecal

Le poids du caecum était deux fois plus élevé dans les deux groupes consommant des aliments solides que dans le groupe exclusivement allaité (Figure 3A). Ce résultat s'accompagne d'une modification de l'écosystème caecal induit par l'introduction de

l'alimentation solide. En effet, chaque groupe avait une la structure du microbiote caecal distincte des autres groupes, indiquant un effet de l'introduction de l'alimentation solide et des PP (Figure 3B, variance expliquée : 26%). La richesse du microbiote (nombre d'espèces observée) n'était pas significativement différente entre les groupes (données non présentées).

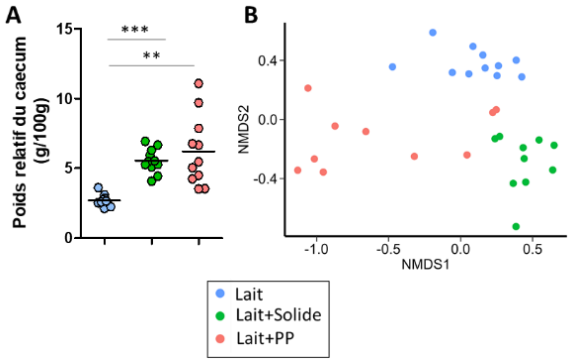


Figure 3 : Poids du caecum exprimé relativement au poids du lapin (A) et structure du microbiote représenté par une analyse NMDS avec la distance de Bray-Curtis (B).

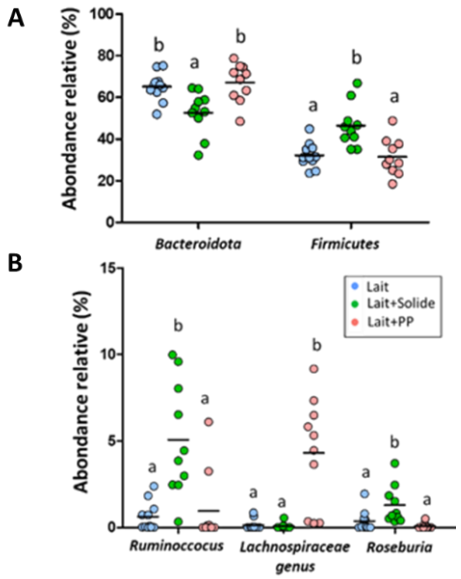


Figure 4 : Abondance relative de phyla (A) et de genres (B) bactériens dans le ceacum.

L'ingestion de l'aliment solide témoin a réduit l'abondance des Bacteroidota et augmenté l'abondance des Firmicutes mais cet effet n'a pas été observé avec la supplémentation en PP (Figure 4A). L'absence d'inversion du ratio Bacteroidota/Firmicutes classiquement observé lors de l'introduction de l'alimentation solide (Read et al., 2019; Paës et al., 2022) pourrait indiquer une inhibition de la maturation du microbiote dans le groupe supplémenté en PP. De même, l'abondance de genres bactériens spécialisés dans la dégradation des glucides végétaux (*Ruminoccocus* et *Roseburia*) a augmenté uniquement dans le groupe ingérant de l'aliment solide témoin (Figure 4B). A l'inverse, la supplémentation en PP a induit une augmentation de l'abondance d'un genre de *Lachnospiraceae* (Figure 4B). Cet effet pourrait s'expliquer par la capacité de ces bactéries à métaboliser les polyphénols (Rodríguez-Daza et al., 2021).

2.3. Activité métabolique du microbiote caecal

L'ingestion de l'aliment solide témoin a réduit le pH du contenu du caecum et cet effet n'était pas observé lorsque l'aliment était supplémenté en PP (Figure 5A). Ce résultat suggère une réduction par les PP des réactions de fermentations classiquement mises en place lors de l'introduction de l'alimentation solide (Beaumont et al., 2020, 2022). En effet, l'augmentation de la concentration d'acétate induite par l'ingestion d'aliment solide était réduite par la supplémentation en PP et l'augmentation de la concentration de butyrate était observée uniquement avec l'aliment témoin (Figure 5B). Ce résultat pourrait s'expliquer par la moindre abondance des bactéries butyrogènes observée chez les animaux supplémentés en PP (Figure 4B).

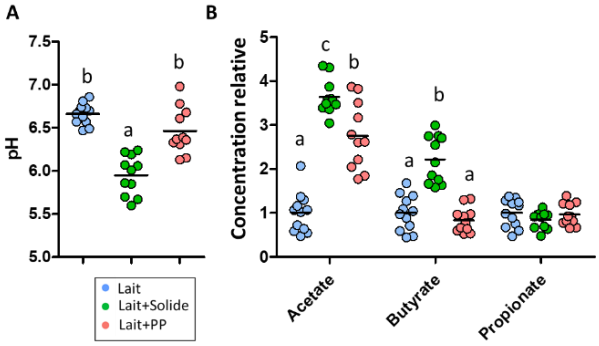


Figure 5 : pH (A) et concentrations relatives des acides gras à courtes chaînes (B) dans le contenu caecal.

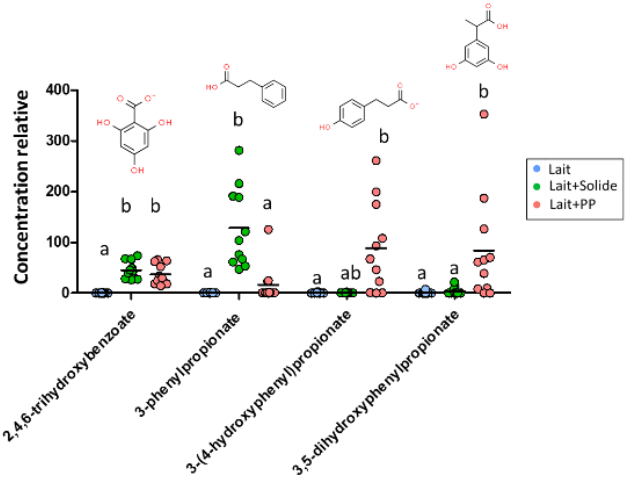


Figure 6 : Concentrations relatives de métabolites aromatiques dans le contenu caecal.

L'ingestion d'aliments solides a augmenté la concentration relative de métabolites aromatiques dans le contenu du caecum (Figure 6). Certains de ces

métabolites étaient augmentés quelque soit l'aliment alors que d'autres étaient augmentés soit avec l'aliment témoin soit avec l'aliment supplémenté en PP. Ces différences pourraient s'expliquer par la présence d'une bactérie capable de produire ces métabolites ou par la nécessité d'apporter les PP précurseurs au microbiote.

2.3. Maturation de l'épithélium

La profondeur des cryptes épithéliales n'était pas différente entre les groupes (Figures 7A et B), indiquant un niveau similaire de prolifération. Le nombre de cellules à mucus était réduit lorsque les lapereaux ingéraient des aliments solides supplémentés ou non en PP (Figures 7A et C). La hauteur des cellules épithéliales était augmentée lors de l'ingestion de l'alimentation solide témoin mais pas lorsque l'aliment était supplémenté en PP (Figures 7A et D). Ce résultat suggère que la différentiation de l'épithélium induite par l'introduction de l'alimentation solide est réduite par la supplémentation en PP. Cet effet pourrait être lié à la réduction par les PP de la production de butyrate, car ce métabolite est connu pour induire la différentiation épithéliale (Beaumont et al., 2020).

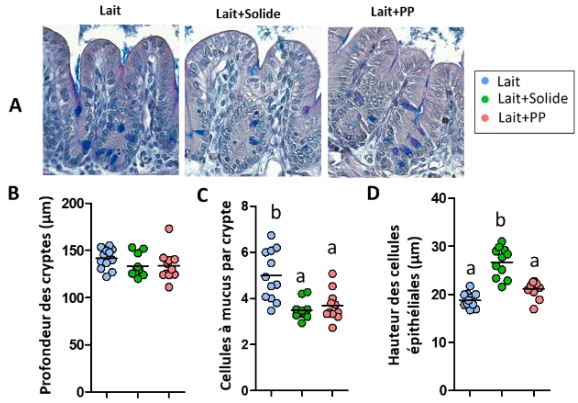


Figure 7 : Coupes histologiques de la muqueuse caecale (A). Profondeur des cryptes (B), nombre de cellules à mucus par crypte (C), hauteur des cellules épithéliales (D).

L'ingestion de l'aliment solide témoin a augmenté l'expression du gène de l'enzyme pro-oxydante NOS2 et a réduit l'expression du gène du peptide anti-microbien LYZ (Figure 8), comme observé dans une étude précédente (Beaumont et al., 2022). Ces effets n'étaient pas observés lorsque l'aliment était supplémenté en PP (Figure 8). L'inhibition de la maturation du microbiote induite par les PP pourrait expliquer l'absence d'adaptation des mécanismes de défense de l'épithélium lors de l'introduction de l'alimentation solide. Des effets directs des PP sur les cellules épithéliales (antioxydants ou antiinflammatoire) pourrait également expliquer ces résultats.

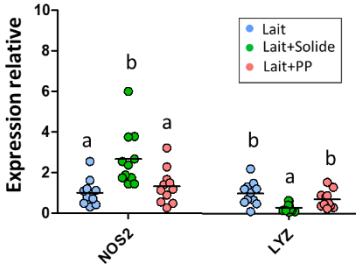


Figure 8 : Expression relative des gènes « nitric oxide synthase inducible » (NOS2) et « lysozyme » (LYZ) dans les cellules épithéliales caecales.

Conclusions

La supplémentation en PP des premiers aliments solides ingérés par des lapereaux allaités modifie le processus de co-maturation du microbiote et de l'épithélium dans le caecum. Les mécanismes sous-jacents et les conséquences à long terme pour la santé des lapereaux restent à déterminer.

Remerciements

Les auteurs remercient : les animaliers de l'installation expérimentale PECTOUL (GenPhySE, INRAE) ; Carole Bannelier (GenhySE, INRAE) pour l'analyse de la composition chimique des aliments ; Gwénaël Rebours pour la formulation du Prémix (TECHNA) ; les plateformes technologiques du réseau GenoToul. Ce travail a été financé par le projet ANR JCJC MetaboWean (ANR-21-CE20-0048).

Références

Al Nabhani, Z., and Eberl, G. (2020). Imprinting of the immune system by the microbiota early in life. *Mucosal Immunol* 13, 183–189. doi: 10.1038/s41385-020-0257-y.

Beaumont, M., Mussard, E., Barilly, C., Lencina, C., Gress, L., Painteaux, L., et al. (2022). Developmental Stage, Solid Food Introduction, and Suckling Cessation Differentially Influence the Comaturation of the Gut Microbiota and Intestinal Epithelium in Rabbits. *J Nutr* 152, 723–736. doi: 10.1093/jn/nxab411.

Beaumont, M., Paës, C., Mussard, E., Knudsen, C., Cauquil, L., Aymard, P., et al. (2020). Gut microbiota derived metabolites contribute to intestinal barrier maturation at the suckling-to-weaning transition. *Gut Microbes* 11, 1268–1286. doi: 10.1080/19490976.2020.1747335.

Brenes, A., Viveros, A., Chamorro, S., and Arija, I. (2016). Use of polyphenol-rich grape by-products in monogastric nutrition. A review. *Animal Feed Science and Technology* 211, 1–17. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.016.

Paës, C., Gidenne, T., Bébin, K., Duperray, J., Gohier, C., Guené-Grand, E., et al. (2022). Early Introduction of Plant Polysaccharides Drives the Establishment of Rabbit Gut Bacterial Ecosystems and the Acquisition of Microbial Functions. *mSystems*, e0024322. doi: 10.1128/msystems.00243-22.

Read, T., Fortun-Lamothe, L., Pascal, G., Le Boulch, M., Cauquil, L., Gabinaud, B., et al. (2019). Diversity and Co-occurrence Pattern Analysis of Cecal Microbiota Establishment at the Onset of Solid Feeding in Young Rabbits. *Front Microbiol* 10, 973. doi: 10.3389/fmicb.2019.00973.

Rodríguez-Daza, M. C., Pulido-Mateos, E. C., Lupien-Meilleur, J., Guyonnet, D., Desjardins, Y., and Roy, D. (2021). Polyphenol-Mediated Gut Microbiota Modulation: Toward Prebiotics and Further. *Frontiers in Nutrition* 8.

INTERET NUTRITIONNEL D'UNE GAMME DE PRODUITS DE CHARCUTERIE ELABORES AVEC DE LA VIANDE DE LAPIN RECEVANT UNE ALIMENTATION ENRICHIE EN DHA D'ORIGINE ALGALE.

Palacios C.[1], Delarue J.[2], Colin M.[1*], Le Minous A.E.[3], Guezenec A.[3], Van Lissum M.[4], Caillaud L.[1], Prigent A.Y.[5]

[1]COPRI SAS, Coat Izella N°2, 29830 PLOUDALMEZEAU (FRANCE)
[2]Université de Bretagne occidentale - Laboratoire Régional de Nutrition Humaine, Université de Brest, Hôpital de la Cavale Blanche - Boulevard TANGUY PRIGENT - 29200 BREST
[3]ADRIA DEVELOPPEMENT, 20 Avenue plage des Gueux - 29196 - QUIMPER Cédex
[4] FEELOFOOD, Champs fleuri, 86120 - SAINT LEGER DE MONTBRILLAIS
[5]EARL 3L, Coat Izella N°4, 29830 PLOUDALMEZEAU (FRANCE)

*E-mail auteur : copri@wanadoo.fr

Résumé – De précédents travaux ont souligné les grandes capacités d'accumulation du DHA dans la viande de lapin et l'intérêt de la viande de lapin ainsi enrichie dans des menus destinés à compenser le déficit de consommation du DHA dans la population. Le niveau de consommation de viande de lapin restant faible, le présent travail vise à proposer de nouveaux produits inspirés de la charcuterie : pâtés, rillettes, saucissons. Ces produits proviennent exclusivement de viande de lapin recevant une alimentation enrichie en DHA d'origine algale. Les pâtés présentent des taux élevés de DHA aussi bien en valeur absolue (220 à 240 mg /100 g) qu'en valeur relative. Ils ont un profil nutritionnel supérieur aux produits vendus comme pâté de lapin dans le commerce, et ils bénéficient d'un classement en B au Nutriscore ainsi que de nombreuses possibilités d'allégations. Les rillettes et saucissons représentent également des apports importants de DHA en absolue (140 à 200 mg /100 g) mais ont des taux relatifs beaucoup plus faibles que les pâtés (0,6 à 0,7 % des acides gras) ce qui limite les possibilités d'allégations. Ces produits représentent une alternative intéressante dans le cadre d'un menu destiné à augmenter la consommation de DHA, particulièrement pour les personnes présentant un besoin élevé tels que les femmes durant leur grossesse, les premiers mois d'allaitement, les jeunes enfants, les personnes âgées, les sportifs et les personnes souffrant de maladies chroniques.
Mots clés : Lapin – DHA – Viande

Abstract –**NUTRITIONAL VALUE OF A RANGE OF DELI PRODUCTS MADE FROM RABBIT MEAT FED WITH A DIET ENRICHED WITH DHA OF ALGAE ORIGIN**
Previous works have underlined the great capacity of accumulation of DHA in rabbit meat and the interest of rabbit meat thus enriched in menus intended to compensate the deficit of DHA consumption in the population. The level of consumption of rabbit meat remains low, and the present work aims to propose new products inspired by delicatessen products: pâtés, rillettes, sausages. These products come exclusively from rabbit meat fed a diet enriched with algae DHA. The pâtés have high levels of DHA both in absolute value (220 to 240 mg /100 g) and in relative value. They have a higher nutritional profile than products sold as rabbit pâté in the market, and they benefit from a B rating in the Nutriscore as well as many possibilities of allegations. Rillettes and sausages also represent important DHA intakes in absolute terms (140 to 200 mg /100 g) but have much lower relative levels than pâtés (0.6 to 0.7 % of fatty acids) which limits the possibilities of allegations. These products represent an interesting alternative to increase DHA consumption, particularly for people with a high need such as women during pregnancy, the first months of breastfeeding, young children, the elderly, athletes and people suffering from chronic diseases.
Key word: Rabbit – DHA – Meat

Introduction

L'enrichissement en DHA (acide docosahexaénoïque - C22:6w3) de la viande de lapin par l'incorporation de microalgues (*Schizochytrium*) a déjà fait l'objet de plusieurs publications qui ont souligné les grandes capacités d'accumulation de cet acide gras dans cette viande (Colin et *al*., 2017; Van Lissum et *al*., 2019; Colin et *al*., 2021; Lebas et *al*., 2021). Cette technique d'enrichissement est également utilisée pour les oeufs (Guriec et *al*., 2016 ; Colin et *al*., 2018) et dans une moindre mesure pour la viande de poulet (Colin et *al*.,2021). Par ailleurs les poissons maigres et gras (Palacios, 2021) sont naturellement riches en DHA (Loiseau et *al*., 2022). Les bienfaits de ce nutriment dans la diminution des risques de maladies dégénératives telles que la maladie d'Alzheimer (Krolak-Salmon, 2020) et la dégénérescence maculaire liée à l'âge (Merle, 2012) sont très documentés, ainsi

que ses effets dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Delarue, 2018), en particulier lorsqu'il est associé à l'EPA (acide éicosapentaénoïque - C20:5w3). Or la population de la plupart des pays (hormis quelques exceptions comme le Japon et la Corée) est carencée en DHA (Colin et *al*., 2021). Ainsi des menus associant viande de lapin, oeufs et viande de poulet enrichis en DHA, à du poisson en quantité réduite, pourraient permettre de couvrir les besoins en DHA de la population sans bouleversement des habitudes alimentaires (Colin et *al*., 2018 ; 2021; Palacios et *al*., 2022). Ces auteurs soulignent l'intérêt de la viande de lapin dans de tels menus mais constatent en même temps que son faible niveau de consommation ne permet pas d'avoir une incidence significative au niveau des apports en DHA de la population générale. Pour accroitre l'attractivité de ces menus et augmenter la consommation de viande de lapin, ils proposent d'autres formes de consommation de celle-ci tels que des pâtés (Prigent et *al*., 2013, Van Lissum et *al*., 2016), des rillettes ou du saucisson (Colin et *al*., 2021), avec la viande de lapin riche en DHA comme seule source carnée.

Cette publication présente ces différents produits élaborés à partir de viande de lapin recevant une ration enrichie en DHA d'origine algale, comme unique source carnée et en souligne les avantages nutritionnels.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

Ce travail repose sur l'élaboration d'une gamme de charcuterie exclusivement à base de lapin dont la viande est enrichie en DHA par incorporation de microalgues (*Schizochytrium*) dans l'alimentation des lapins. Plusieurs essais ont été menés et concernent 3 types de produits :

- Pâté en 2013 et 2019, 2 types de pâté, un pâté nature et un pâté aux algues.
- Rillette en 2019, 2 types de rillette, une rillette nature et une à la moutarde à l'ancienne.
- Saucisson en 2020, spécialement étudié pour la consommation nomade.

1.2. Approvisionnement en viande

Les lapins provenaient de l'EARL 3L (Exploitation agricole à Responsabilité limitée) où ils étaient produits dans des conditions et avec les performances déjà décrites (Colin et *al*. 2019). Ils recevaient un aliment dosant 16 % de protéines et 18 % de cellulose brute et contenant 0,20 % de DHA provenant de *Schizochytrium.*

1.3. Fabrication des charcuteries

La contrainte imposée aux 2 unités de fabrications étaient :

- D'utiliser la viande de lapin enrichie en DHA comme seule source carnée.
- De proscrire l'utilisation d'additifs chimiques.

Dans ce but, les process correspondant aux bonnes pratiques des métiers (DILA, 2001) ont été adaptées par

- Adria Développement à 29000 Quimper pour les pâtés et les saucissons.
- La SARL Portier Salmon Le clos du Maine à 53170 Arquenay pour les rillettes.

1.4. Analyses et tests consommateurs

Les produits ont été analysés sur 4 à 6 échantillons mélangés et analysés en pool. On a ainsi déterminé :

- ✓ La composition chimique de base : Humidité (Méthode NF V 04 401), protéines (Méthode Dumas), matière grasse (Méthode NF V 04 401), matières minérales (Méthode NF V 04 401)
- ✓ Le profil d'acides gras (NF ISO 12966-4).
- ✓ Les paramètres nécessaires au calcul du Nutriscore : sucres solubles totaux (Méthode interne Labocea Cali-MO-008), Fibres totales (Méthode AOAC 985-29), sodium (Méthode interne Labocea Cali-MO-0110).
- ✓ Les tests consommateurs.

Un test de commercialisation en conditions réelles a été réalisé au magasin de producteurs de l'EARL 3L à Ploudalmézeau (29 830) et sur le marché de producteurs de Saint Pabu (29 830) pour les pâtés et les rillettes. Ce test a duré 3 ans (9/2019 à 9/2022) et a concerné 2 290 verrines de pâté et 1 010 verrines de rillettes. Les objectifs étaient de déterminer si le positionnement économique de ces produits, nécessairement plus élevé qu'une charcuterie de lapin standard constituait un obstacle à leur commercialisation et de recueillir d'éventuelles remarques des consommateurs sur leurs qualités organoleptiques.

2. Résultats et discussion

2.1. Pâtés

Les 2 pâtés se caractérisent par un apport élevé en oméga 3 totaux dont le DHA à la fois en teneur absolue (600 à 900 mg /100 g de produit pour les oméga 3 totaux ; 160 à 240 mg /100 g de produit pour le DHA) et en teneur relative (15 à 16 % des acides gras pour les oméga 3 totaux ; 4,4 % pour le DHA) (Tableau 1). L'EPA est présent en quantités faibles (11 à 18 mg /100 g de produit). Ces analyses confirment donc l'intérêt nutritionnel du produit et la contribution potentielle de ces pâtés à la couverture des besoins en oméga 3 et en DHA de la population.

Par ailleurs les caractéristiques nutritionnelles de ces 2 pâtés sont totalement différentes de celles de la plupart des produits vendus comme « Pâté de lapin » qui ne

contiennent en général que 20 à 30 % de viande de lapin (Tableau 2). Ils sont légèrement plus riches en protéines (+1,3 pt), 3 fois moins gras tout en apportant 5 à 10 fois plus d'oméga 3 (Ciqual, 2022) et beaucoup moins énergétiques (- 77 %).

Tableau 1: Composition chimique et teneurs en acides gras oméga 3 des pâtés de lapin enrichis en DHA.

	Pâté nature*	Pâté aux algues
Composition chimique		
Humidité (%)	72,1	70,2
Protéines (%)	17,5	17,7
Matière grasse (%)	6,3	6,0
Matières minérales (%)	2,1	2,3
Energie (kcal / 100g)	138	140
Teneurs en oméga 3		
Omega-3 (% AG)	16,1	15,6
Omega 3 (mg / 100g)	886	846
Omega 3 (mg / 100 kcal)	642	604
ALA (% AG)	10,8	10,4
ALA (mg / 100g)	605	604
ALA (mg / 100 kcal)	438	431
DHA (% AG)	4,5	4,3
DHA (mg / 100g)	243	227
DHA (mg / 100 kcal)	176	162
EPA (% AG)	0,3	0,4
EPA (mg / 100g)	11,0	17,2
EPA (mg / 100 kcal)	8,0	12,3
DHA + EPA (mg / 100g)	254	239
DHA + EPA (mg / 100 kcal)	184	171

*Recette de base

AG : Acides gras, ALA : Acide alpha-linolénique (C18:3ω3), EPA : Acide eicosapentaénoïque (C20:5ω3), DHA : Acide docosahexaénoïque (C22:6ω3)

Tableau 2 : Caractéristiques nutritionnelles des pâtés 100 % viande de lapin enrichie en DHA en comparaison avec les valeurs rapportées par Ciqual (2022).

	Pâté 100 % lapin enrichi en DHA	Référence pâté de lapin Ciqual (2022)
Protéines (%)	17,6	16,3
Matières grasses (%)	6,15	20,2
Matières minérales (%)	2,2	2,1
Energie (kcal / 100g)	139	247

Ces valeurs permettent à ces pâtés d'être classés en catégorie B au niveau du Nutriscore, alors que la plupart des pâtés disponibles dans le commerce sont en catégories D ou E (Tableau 3).

L'apport de DHA + EPA dépassant 80 mg /100 kcal pour les 2 pâtés permet de les présenter comme sources ou riches en oméga 3 (Règlement CE N°1924/2006) et d'alléguer sur la diminution des risques cardiovasculaires, cérébraux et visuels (Règlement UE N°432/2012). Les teneurs en acide α-linolénique (ALA) permettent d'indiquer sur le contenant que les pâtés sont source ou riche en oméga 3 (Règlement CE N°1924/2006) contribuant au maintien d'une cholestérolémie normale (Règlement UE N°432/2012).

Tableau 3 : Caractéristiques nutritionnelles utilisées pour le calcul du Nutriscore,

	Pâté nature*	Pâté aux algues
Composition chimique pour le calcul du Nutriscore		
Energie (KJ / 100g)	553	587
Sucres simples (g / 100g)	3	4
AGS (g / 100g)	1	1
Sodium (mg / 100g)	500	556
Fibres (g / 100g)	1	1
Protéines (g / 100 g)	18	18

*Recette de base

AGS : Acides gras saturés

Les oméga 3 en général et le DHA en particulier sont connus pour être peu stables et diminuer lors de la conservation des denrées alimentaires (Colin et Teillet, 2009). On pouvait donc craindre que le taux d'oméga 3 ne baisse et qu'il ne soit plus possible d'alléguer. Un essai de conservation a donc été réalisé en mesurant leur teneur dans des verrines de pâtés après 6 mois et 3 ans (Tableau 4). La teneur en ALA est peu affectée par la durée de conservation. En revanche, le taux de DHA + EPA diminue d'environ 25 % en 3 ans. Même si cette évolution représente une perte non négligeable de nutriments à haute valeur nutritive, les teneurs en oméga 3 et en particulier en DHA + EPA restent largement suffisantes pour maintenir les allégations évoquées précédemment. En outre, ces produits ont été proposés et consommés régulièrement pendant cette période de 3 ans et aucun goût de rancissement ou autre caractéristique désagréable n'ont été rapportés par les consommateurs.

Tableau 4 : Evolution de la teneur en oméga 3 des pâtés au cours du temps

Mois après fabrication	0	6	36	Evolution en 36 mois (%)
Pâté nature*				
ALA (mg / 100 g)	605	593	581	-4,0
ALA (mg / 100 kcal)	438	430	421	-4,0
DHA (mg / 100 kcal)	176	159	127	-27,8
EPA (mg / 100 kcal)	8,0	8,8	7,9	-28,2
DHA + EPA (mg / 100 g)	254	232	186	-27,9
DHA + EPA (mg / 100 kcal)	184	168	135	-27,9
Oméga 3 totaux (mg / 100 g)	886	853	794	-10,4
Oméga 3 totaux (mg / 100 kcal)	642	618	575	-10,4
Pâté aux algues				
ALA (mg / 100 g)	604	567	552	-9,8
ALA (mg / 100 kcal)	431	405	394	-9,8
DHA (mg / 100 kcal)	162	164	123	-24,1
EPA (mg / 100 kcal)	12,3	12,9	9,0	-24,8
DHA + EPA (mg / 100 g)	239	248	185	-24,3
DHA + EPA (mg / 100 kcal)	171	177	132	-24,3
Oméga 3 totaux (mg / 100 g)	846	832	764	-9,6
Oméga 3 totaux (mg / 100 kcal)	604	594	546	-9,6

*Recette de base

ALA : Acide alpha-linolénique (C18:3ω3), EPA : Acide eicosapentaénoïque (C20:5ω3), DHA : Acide docosahexaénoïque (C22:6ω3)

Le test de marketing réalisé sur 2 290 verrines de pâté a permis de constater la satisfaction des consommateurs avec nombre d'entre eux fidélisés et rachetant régulièrement les pâtés. En particulier, durant ce test, aucune remarque n'a été formulée sur d'éventuelles odeurs ou saveurs désagréables même après 3 ans de stockage.

2.2. Rillettes et saucisson

Les rillettes et les saucissons sont des préparations beaucoup plus grasses que les pâtés : environ 30 % de matière grasse versus 6,0 à 6,5% (Tableau 5).

Tableau 5 : Composition chimique et teneurs en acides gras oméga 3 des rillettes et saucissons

	Rillette nature*	Rillette à la moutarde	Saucisson
Composition chimique			
Humidité (%)	48,4	49,4	24,9
Protéines (%)	18,4	19,1	35,5
Matière grasse (%)	31,8	29,4	30,2
Matières minérales (%)	2,1	2,54	6,8
Energie (kcal / 100g)	360	343	427
Teneurs en oméga 3			
Oméga 3 (% AG)	8,6	8,5	8,7
Oméga 3 (mg / 100g)	2414	2078	2092
Oméga 3 (mg / 100 kcal)	671	606	490
ALA (% AG)	7,7	7,7	8,0
ALA (mg / 100g)	2185	1884	1915
ALA (mg / 100 kcal)	606	549	448
DHA (% AG)	0,77	0,70	0,60
DHA (mg / 100g)	199	164	147
DHA (mg / 100 kcal)	34,0	47,8	34,0
EPA (% AG)	0,0	0,0	0,0
EPA (mg / 100g)	0,0	0,0	0,0
EPA (mg / 100 kcal)	0,0	0,0	0,0
DHA + EPA (mg / 100g)	199	164	147
DHA + EPA (mg / 100kcal)	34	48	34

AG : Acides gras, ALA : Acide alpha-linolénique (C18:3ω3), EPA : Acide eicosapentaénoïque (C20:5ω3), DHA : Acide docosahexaénoïque (C22:6ω3)

Les teneurs relatives en oméga 3 dans les rillettes et saucissons (Oméga 3 en pourcentage des acides gras totaux) sont 13 à 18 fois plus faibles que dans les pâtés (0,6 à 0,7 % versus 4,5 %) probablement en raison de l'utilisation importante de graisse viscérale qui fixe beaucoup moins les oméga 3 que les graisses structurelles (Colin et Teillet, 2009). Cependant, en raison de leur taux élevé de graisse, ils représentent un apport absolu d'oméga 3 non négligeable pour les oméga 3 totaux (2 000 à 2 400 mg /100 g de produit pour les oméga 3 totaux) et pour le DHA (140 à 200 mg /100 g de produit pour le DHA). Ils peuvent donc également participer à la couverture des besoins en DHA des populations dans le cadre du menu enrichi en DHA, contrairement aux produits standard à base de viande de porc pour lesquels la teneur en DHA est pratiquement nulle.

Les rillettes et les saucissons à base de viande de lapin enrichie en DHA sont classés D au niveau du Nutriscore (Tableau 6) alors que les produits équivalents à base de viande de porc sont pratiquement systématiquement classés E montrant qu'il est possible d'améliorer les caractéristiques nutritionnelles même pour des spécialités dont l'aspect santé n'est pas le point fort

Tableau 6. Caractéristiques nutritionnelles utilisées pour le calcul du Nutriscore

	RN*	RM	S
Caractéristiques impliquées dans calcul du Nutriscore			
Energie (KJ / 100g)	1489	1421	1778
Sucres simples (g / 100g)	0,0	0,05	2,5
AGS (g / 100g)	7,43	6,63	5,94
Sodium (mg / 100g)	509	641	2347
Fibres (g / 100g)	0,3	1,1	1,8
Protéines (g / 100 g)	18,4	19,1	35,5
Nutriscore	D	D	D

*Recette de base

RN : Rillette nature, RM : Rillette à la moutarde, S : Saucisson, AGS : Acides gras saturés

En outre, grâce à leur teneur élevée en ALA, les rillettes Nature peuvent alléguer « Riche en oméga 3 » et les saucissons « Source d'oméga 3 ». Le taux de DHA rapporté à l'énergie étant supérieur à 40 mg / 100 kcal, les rillettes à la moutarde peuvent alléguer « contribue au bon fonctionnement du cerveau » et « contribue au maintien d'une vision normale » ce qui n'est le cas ni des rillettes nature ni des saucissons. L'absence d'EPA dans ces produits interdit toute communication sur le système cardiovasculaire.

Enfin, comme pour les pâtés, le test marketing portant sur 1010 verrines de rillettes s'est traduit par une totale satisfaction des clients avec de nombreux cas de consommateurs fidélisés achetant régulièrement. Aucune remarque n'a été formulée sur d'éventuelles odeurs ou saveurs désagréables même après 3 ans de stockage.

Conclusions

En conclusion, les charcuteries à base de viande de lapin enrichie en DHA d'origine algal constituent une solution intéressante en permettant de réaliser un apport significatif de DHA dans un contexte hédonique et convivial. Colin et *al.*, (2021) recommandent d'en consommer un minimum de 50 grammes par semaine correspondant à une consommation de 120 mg de DHA soit la moitié du besoin quotidien. Une telle pratique

permet en outre d'augmenter la consommation de viande de lapin. Elle ouvre en outre les portes de nouveaux marchés pour la viande de lapin notamment les consommateurs particulièrement sensibles aux apports de DHA dans leur régime alimentaire, tels les femmes durant leur grossesse et l'allaitement, les jeunes enfants, les personnes âgées, les sportifs et les personnes souffrant de maladies chroniques. Cette approche est facilitée par le fait que ces produits bénéficient de plusieurs allégations nutritionnelles.

Remerciements

Les auteurs remercient la région Bretagne et le département du Finistère pour leurs aides financières concernant ce projet.

Références

Ciqual, 2022. Table de composition nutritionnelle des aliment, URL : https://ciqual.anses.fr/

Colin, M., Teillet, B., 2009. Effet de l'augmentation du taux d'oméga-9 dans l'aliment sur les performances de croissance et la qualité de la viande de lapin. Intérêt d'une utilisation simultanée d'antioxydants. Rapport Valorial Omegalap, 1-229

Colin, M., Delarue, J., Caillaud, L., Prigent A.Y., 2017. Effet de l'incorporation de Schizochytrium dans l'alimentation des lapins sur leurs performances et la teneur en DHA de leur viande, Journée de la Recherche Cunicole, Le Mans (FRANCE), 21-22 Novembre 2017, 79-82.

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 composés de produits provenant d'animaux terrestres enrichis naturellement. Journées francophones de nutrition, Nice, 28-30 Novembre 2018, PO 21.

Colin, M., Delarue, J., Prigent, A.Y., Guriec, N., Alain, C., Raguénes, N., Ibrahim Dalieh, R., Van Lissum, M., 2018. Étude des possibilités d'enrichissement de l'œuf en nutriments essentiels (oméga 3, vitamines, oligo-éléments) par apport de ces nutriments dans l'alimentation de la poule. 4émes Nutrition, alimentation, métabolisme, santé, Rennes, 4 octobre 2018.

Colin, M., Lebas, F., Delarue, J., Caillaud, L., Van Lissum, M., Prigent, A.Y., 2021. Meat from rabbits fed Vegetable DHA can be an important part of a DHA-oriented human diet. 12th Word rabbit congress, Nantes, 3-5 Novembre 2021, Communication Q08.

Colin, M., Delarue, J., Palacios, C., Caillaud, L., Boutinon, A., Prigent, A.Y., 2022. Elaboration d'une stratégie alimentaire permettant de couvrir les besoins en DHA par une association de poissons et de différents produits d'origine terrestre. Journées francophones de Nutrition, Toulouse, 16-18 Novembre 2022, PO 01_12.

Delarue, J., 2018. Acides gras polyinsaturés à longue chaîne n-3 et risque cardiovasculaire : un procès d'inefficacité. Cahiers de nutrition et de diététique, 53, 86-99.

DILA., 2001.Guide des bonnes pratiques d'hygiène. Charcuterie artisanale. Editions des journaux officiels, Paris, 245 pages.

Guriec, N., Ibrahim Dalieh, R., Delarue, J., Peron, M., Colin, M., Claveau, C., Van Lissum, M., 2016. Enrichissement en DHA des œufs par incorporation de DHA de 2 origines différentes. Journées francophones de nutrition, Montpellier, 30 novembre – 2 décembre 2016, PO 048.

Krolak-Salmon, P., 2020. The physiopathology of Alzheimer's disease : the central role of amyloid – Psychiatrie – Gériatrie, 20, 120S2-120S6

Le Minous, A.E., 2019. Qualification nutritionnelle de pâtés de lapins issus d'un mode de production innovant, Document interne ADRIA, Quimper (France), 1-17

Le Minous, A.E., 2020. Etude mise au point de produits de snacking et de restauration rapide à base de viande de lapin avec de nouveau profils nutritionnels, Document interne ADRIA, Quimper (France), 1-41

Lebas, F., Colin, M., Delarue, J., Caillaud, L., Van Lissum, M., Prigent, A.Y., 2021. Rabbit is particularly interesting to deposit DHA in its meat, without effects on meat's organoleptic quality. 12th Word rabbit congress, Nantes, 3-5 Novembre 2021, Communication Q14.

Loiseau, C., Palacios, C., Delarue, J., Sauvaget, D., Lebreton, F., Colin, M., 2022. Développement d'une méthode permettant l'identification et la sélection des produits pouvant revendiquer l'allégation « riche en oméga-3 » au sein d'une enseigne de distribution. Journées francophones de nutrition, Toulouse, 16-18 Novembre 2022, PO01_025.

Merle, B., 2012. Nutrition et dégénérescence maculaire liées à l'âge : approche épidémiologique du rôle des lipides, Ecole doctorale société, politique, santé publique, 1-272

Palacios, C., 2021. Intérêt nutritionnel du Menu DHA-E pour la personne âgées, Document interne Copri, Ploudalmézeau (France), 1-87

Prigent, A.Y., Delarue, J., Caillaud, L., Colin M., 2013. Elaboration de pâtés de lapins naturellement enrichie en DHA. 11èmes Journées francophones de nutrition – Cahier de nutrition et de diététique 48, Bordeaux 11-13 décembre 2013, S59.

Règlement (UE) N° 432/2012 de la commission du 16 mai 2012 établissant une liste des allégations de santé autorisées portant sur les denrées alimentaires, autres que celles faisant référence à la réduction du risque de maladie ainsi qu'au développement et à la santé infantiles, 2021, version consolidée du 17/05/2021, 1-55

Règlement (CE) N° 1924/2006 du parlement européen et du conseil du 20 décembre 2006 concernant les allégations nutritionnelles portant sur les denrées alimentaires, 2014, version consolidée du 13/12/2014,1-31

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.

Van Lissum, M., Delarue, J., Lebas, F., Prigent, A.Y., Caillaud, L., Colin., 2019. 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 acides gras essentiel – une revue, 18ème Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 mai 2019, Nantes, 50-55.

Alimentation

INTRODUCTION D'ALIMENT SOLIDE AU DEBUT DE LA VIE, UNE STRATEGIE DE PILOTAGE DU MICROBIOTE POUR PRESERVER LA SANTE DU LAPIN ?

Charlotte PAËS.[1,2], Thierry GIDENNE.[1], Karine BÉBIN.[3], Joël DUPERRAY.[4], Charly GOHIER.[5], Emeline GUENÉ-GRAND.[6], Gwénaël REBOURS.[7], Patrick AYMARD.[1], Anne-Marie DEBRUSSE.[1], Laurence LAMOTHE.[1], Martin BEAUMONT.[1], Sylvie COMBES.[1]

[1]GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31326, Castanet-Tolosan, France
[2] INP-Purpan, Université de Toulouse, 31076, Toulouse, France
[3]CCPA, 35150, Janzé, France
[4]EVIALIS, Lieu dit Talhouët, Saint-Nolff, 56250, France
[5]MiXscience, Bruz, 35170, France
[6]Wisium, Chierry, 02400, France
[7]TECHNA, Couëron, 44220, France

[*]Auteur correspondant : charlotte.paes@purpan.fr

Résumé – **alimentation précoce du lapereau et orientation du microbiote digestif**
L'importance du microbiote intestinal dans le maintien de la santé du lapin et l'occurrence des maladies digestives est désormais bien démontrée. Sa prise en compte apparaît aujourd'hui fondamentale dans la lutte contre les entéropathies dans un contexte de réduction de l'usage d'intrants médicamenteux en élevage cunicole. Plusieurs leviers d'action peuvent permettre à la filière de s'approprier cet « outil » de préservation de la santé qu'est le microbiote. Parmi ces leviers, l'apport précoce d'aliment solide dans le nid apparaît justifié au regard des caractéristiques d'installation du microbiote digestif, du comportement du jeune lapereau et de son développement physiologique. Dans cette synthèse, nous nous attacherons à présenter les fondements d'une stratégie alimentaire ciblée vers les très jeunes lapereaux. La mise en œuvre expérimentale de cette piste d'action sera alors présentée. Les conséquences de l'apport précoce d'aliment solide au nid sur la composition et l'activité du microbiote digestif ainsi que sur certains indicateurs de santé du lapereau seront enfin présentées. En s'inspirant d'un comportement naturel chez le lapereau, l'introduction d'aliment solide au début de la vie vise à mieux préparer la délicate période du sevrage.

Abstract –early life feeding of rabbit and modulation of the gut microbiota
The essential role of the gut microbiota in the promotion of rabbit health or in the prevalence of digestive disorders is now well proven. Efforts to reduce enteropathies while maintaining a low use of antimicrobials in rabbit farms thus rely on the consideration of the gut microbiota. The rabbit sector can use several levers of action to monitor the microbiota as a tool for health preservation. Among these, early provision of solid feed in the nest appears relevant considering the characteristics of implantation of the gut microbiota, the behaviour of the young rabbit, and its physiological development. In this synthesis, the arguments in favour of a targeted strategy to stimulate solid feeding in suckling rabbits will be developed. The experimental implementation of this dietary strategy will then be presented. The effects of early solid feeding in the nest on the composition and activity of the microbiota and on few health biomarkers will finally be outlined. By mimicking the natural feeding behaviour of the rabbit in the nest, early solid feeding is aimed at better preparing the animals for the sensitive period of the weaning.

Introduction

Le coût des traitements antimicrobiens et les enjeux d'antibiorésistance ont amené la filière cunicole à s'interroger sur ses pratiques de médication depuis plusieurs années, aboutissant à la mise en place d'une « Charte Interprofessionnelle de bonne maîtrise sanitaire et de bons usages des traitements médicamenteux en élevage cunicole » dès 2011. L'adoption de nouvelles pratiques d'élevage telles que la restriction temporaire de l'ingestion du lapin après le sevrage (Gidenne et al., 2012) ou encore une progression dans l'accompagnement technique des éleveurs ont abouti à une nette réduction de l'exposition des lapins aux antibiotiques (-44,7% ces 10 dernières années ; ANSES, 2022). L'amélioration des performances sanitaires de la filière reste toutefois fragile, en lien avec la fréquente survenue de troubles digestifs chez les lapins en période post-sevrage (Licois et Marlier, 2008). Entre 5 et 15% de mortalité sont attribuées à ces perturbations digestives, avec de fortes variations selon les élevages et les bandes (Nielsen et al., 2020). La poursuite de la démarche interprofessionnelle de démédication repose désormais sur l'établissement de nouvelles solutions thérapeutiques et sur l'amélioration des pratiques de prévention de la santé. Dans le cadre d'une gestion intégrée de la santé, des efforts de recherche ont été menés concernant la stimulation de l'ingestion précoce d'aliment solide chez le lapereau. Cette synthèse vise dans un premier temps à présenter les constats et hypothèses à l'origine de cette approche. Favoriser la consommation précoce de substrats solides chez le jeune lapereau permettrait d'orienter la construction de son microbiote digestif, en adéquation avec son comportement exploratoire au nid. Des travaux préliminaires relatifs à l'optimisation de l'ingestion précoce volontaire d'aliment solide seront ensuite présentés. Ces essais ont permis d'identifier les facteurs modifiant l'appétence d'aliments présentés aux lapereaux allaités et de construire un dispositif expérimental adapté. Les effets de cette stratégie alimentaire innovante sur l'orientation du microbiote digestif et certains paramètres de santé seront présentés dans un dernier temps.

1. Moduler le microbiote intestinal du lapereau pour sécuriser le sevrage

1.1. Le sevrage, une période de bouleversements qui survient dans un contexte d'immaturité digestive

Le déroulé du sevrage induit des bouleversements tant sur le plan alimentaire (arrêt de l'alimentation lactée) que social (séparation de la mère et établissement éventuel de nouveaux groupes). Le sevrage, généralement réalisé en élevage lorsque les lapereaux atteignent 35 jours d'âge, a en particulier pour conséquence l'arrêt des apports en lipides, oligosaccharides et autres composés immunomodulateurs que le lait de lapine contient (Gallois et al. 2007). Il est important de noter que la réduction de l'ingéré lacté se fait toutefois de manière progressive avant le sevrage, en parallèle du démarrage d'une ingestion solide. De ce fait, les niveaux d'ingérés de lait et de granulés deviennent équivalents vers 27 jours, et même 22 jours si l'on considère l'ingestion de nutriments solides en matière sèche (Orengo et Gidenne, 2007). Au moment du sevrage, l'ingestion d'aliment solide est donc bien établie et les troubles digestifs rencontrés en engraissement semblent être en lien étroit avec l'immaturité structurale et fonctionnelle du tractus digestif du lapereau.

La croissance du tube digestif suit différentes cinétiques selon le segment considéré. En particulier, le développement du caecum, portion impliquée dans la digestion des fibres alimentaires, s'opère de façon plus tardive en comparaison des autres segments digestifs (Carabaño et al., 2010). Ce n'est véritablement qu'avec le démarrage de l'ingestion de solide que la croissance du caecum s'accélère (Beaumont et al., 2022). La différentiation de la muqueuse digestive demeure quant à elle partielle chez les lapereaux allaités, avec une morphologie des villosités et cryptes intestinales stabilisée après 8 semaines d'âge (Yu et Chiou, 1997). Les activités enzymatiques et fermentaires portées par le tractus digestif sont également fortement modulées autour du sevrage, de façon concomitante aux évolutions de régime alimentaire du lapereau. La réduction de la digestibilité de l'aliment constatée au moment où l'ingéré solide des lapereaux allaités devient majoritaire (Paës et al., 2021) traduit sans doute l'immaturité du système digestif du jeune lapereau exposé à un afflux important d'aliment solide.

Outre sa fonction de digestion, l'intestin remplit le rôle de premier organe de défense immunitaire des mammifères (Chassaing et al., 2014). Les défenses adaptatives (immunité acquise) des jeunes lapereaux apparaissent tout particulièrement limitées face au stress du sevrage. En effet, la prolifération de lymphocytes (globules blancs) et l'acquisition d'un répertoire d'anticorps primaire, fournissant un socle de défenses pour le reste de la vie, ne se déroule qu'entre 4 et 8 semaines d'âge dans les tissus lymphoïdes associés à la muqueuse digestive (Mage et al., 2006). Les réponses humorales et systémiques (mesurées à travers des dosages d'immunoglobulines A et G) apparaissent faibles au moment du sevrage (Paës et al., 2020b ; Figure 1). Le relais entre l'immunité passive (transfert d'anticorps via le lait maternel) et l'immunité propre du lapereau ne s'effectue donc pas assez rapidement au moment du sevrage en conditions commerciales.

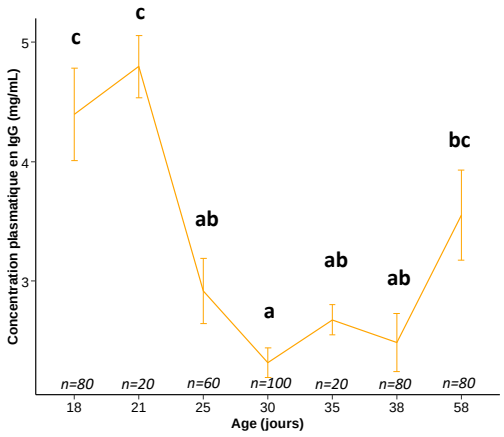


Figure 1 : Synthèse de relevés de concentrations plasmatiques en IgG effectués à différentes phases de développement

1.2 Rétablir l'équilibre microbien pour bénéficier de la protection offerte par le microbiote intestinal

Le microbiote digestif désigne un ensemble de communautés écologiques regroupant des micro-organismes commensaux, symbiotes et pathogènes partageant avec leur hôte l'espace digestif (Lederberg, 2001). Chez le lapin, le caecum et le côlon proximal abritent un microbiote particulièrement riche en bactéries. Résultat ou conséquence des fragilités fonctionnelles du tractus intestinal du lapereau, le microbiote digestif joue un rôle dans la vulnérabilité du lapereau au stress du sevrage. Les changements de populations microbiennes et de leur fonctionnalité (dysbiose) sont ainsi des caractéristiques des maladies digestives d'étiologie inconnue chez le lapin (Jin et al., 2018).

En situation d'homéostasie, le microbiote digestif est un allié du lapereau au service de sa robustesse en protégeant l'intestin de la colonisation de pathogènes et du passage de toxines dans le milieu intérieur. Par l'occupation de niches écologiques et la création d'un milieu défavorable aux autres micro-organismes, le microbiote installé et les métabolites sécrétés constituent une première ligne de défense. Le microbiote digestif contribue également au renforcement de la seconde ligne de défense portée par l'épithélium intestinal, via la promotion de ses fonctions barrières (physique, chimique et immunologique). La construction du répertoire d'anticorps du lapereau est en particulier sous la dépendance du microbiote intestinal (Lanning et al., 2000). Cette régulation s'inscrit dans un dialogue bidirectionnel : le microbiote étant lui-même modulé par l'action des cellules épithéliales et immunitaires (Bouskra et al., 2008). Le bon fonctionnement de l'intestin résulte d'un équilibre délicat entre l'absorption de nutriments et la protection de l'organisme vis-à-vis de certaines molécules et bactéries. Le microbiote digestif est ainsi pleinement impliqué dans cet équilibre par le biais de mécanismes de défense variés.

1.3. Le début de vie du lapereau : une période optimale pour orienter la construction du microbiote digestif via le levier nutritionnel

Le tube digestif du lapereau est considéré comme stérile *in utero* et sa colonisation débute à la naissance par contact avec la mère et l'environnement proche (Combes et al., 2018). Avec le temps, le nombre de bactéries abritées par le tractus digestif augmente, passant de 10^8 à 10^{11} copies de gènes d'ARNr 16S par gramme de contenu caecal entre la naissance et 21 jours d'âge. Cette densité bactérienne se stabilise par la suite au cours de la carrière productive des lapins (Combes et al., 2011). La diversité microbienne du lapin suit une même trajectoire, avec un microbiote caecal peu diversifié à la naissance qui s'enrichit de façon significative jusqu'à 30-40 jours d'âge (Read et al., 2019).

Sur cette période d'évolution dynamique du microbiote du lapin, la colonisation bactérienne est particulièrement impactée par l'ingestion de substrats solides. Cette ingestion prend plusieurs formes : tout d'abord via un comportement de coprophagie au nid (ingestion des fèces maternelles) qui stimule l'implantation des bactéries fibrolytiques *Ruminococcaceae* et favorise la réduction des *Bacteroidaceae*, (Combes et al., 2014) adaptées à la digestion des oligosaccharides du lait. Par la suite, le passage d'un régime presque exclusivement lacté (18 jours d'âge) à un régime mixte aliment-solide (28 jours d'âge) modifie profondément la structure et la composition des écosystèmes bactériens caecaux avec une augmentation notable du phylum Firmicutes, qui devient alors majoritaire (Read et al., 2019).

Au regard de la fragilité du lapin au moment du sevrage, une stimulation et une orientation précoce de la colonisation microbienne du tractus digestif apparaissent opportuns pour un couple microbiote/hôte optimisé en début de vie. Qui plus est, les interventions qui visent à moduler le microbiote des mammifères apparaissent plus efficientes en période post-natale (Le Floc'h et al., 2022), avec de possibles bénéfices rémanents pour le développement, la stimulation et l'éducation du système immunitaire (Torow et Hornef, 2017). Ceci s'explique par une certaine permissivité du microbiote du nouveau-né, colonisé de façon aléatoire par les méta-communautés qui l'entourent dès la naissance (Curtis et Sloan, 2004). Cette succession écologique a été confirmée chez le lapin (Combes et al. 2011 ; Read et al. 2019). Ainsi la période post-natale constitue une véritable fenêtre d'opportunité pour le pilotage du microbiote intestinal puisque durant cette période, l'installation de nouvelles espèces bactériennes bénéfiques et/ou la stimulation de leur croissance, seraient facilitées.

2. Stimuler l'ingestion précoce du lapereau dans une perspective de pilotage du microbiote intestinal : pertinence et optimisation

2.1 Ingestion d'aliment solide sous la mère : un comportement en adéquation avec le développement du lapereau

L'observation de lapereaux en conditions naturelles révèle leur capacité à ingérer très tôt des substrats solides. Ce comportement alimentaire prend tout d'abord la forme d'un « grignotage » des éléments naturels constitutifs du nid (herbes principalement, Bilkó et al., 2022) constaté dès 8 jours d'âge et en progression dans les jours qui suivent (Hudson et Distel, 1982). A cela s'ajoute le comportement de coprophagie précédemment décrit. Ces comportements sont associés à des prémices de mouvements de mastication (Langenbach et al., 2001) et à la présence d'une denture lactéale dès la deuxième semaine de vie (Yardin 2009).

Ce comportement alimentaire précoce s'explique par les capacités des lapereaux à s'orienter très jeunes vers certains stimuli en dépit d'aptitudes exploratoires limitées à la naissance. En effet, les lapereaux naissent en partie immatures en termes de développement physiologique, sensoriel et moteur (Combes et al. 2011). Ce n'est qu'à partir de 10 jours d'âge que leurs yeux s'ouvrent et il faut attendre 13-15 jours d'âge pour que ces derniers se déplacent hors de la protection offerte par le nid en conditions naturelles (Broekhuizen et al., 1986) ou en élevage (Girardie et al., 2021). Le système chimiosensoriel du lapereau est en revanche complètement développé à la naissance (Coureaud et al. 2001). Ces connaissances sont autant d'indications pour adapter les dispositifs alimentaires à destination des lapereaux nouveau-nés : pour être efficaces, ces dispositifs doivent être à la fois accessibles dans le nid et stimulants d'un point de vue sensoriel.

Favoriser la consommation précoce d'aliment solide tout en maintenant les apports lactés s'inscrivent dans une démarche biomimétique reproduisant l'ingestion solide précoce et graduelle observée dans les terriers. A l'heure actuelle en élevage, aucun dispositif ou aliment n'est toutefois orienté vers ce comportement, et l'ingestion solide ne peut démarrer qu'à condition que les lapereaux soient en mesure de quitter le nid pour accéder à la mangeoire de leur mère.

2.2 Mise à disposition d'un aliment à destination des lapereaux avant 18 jours

De façon expérimentale, des premiers essais ont montré de façon concluante qu'il était possible de stimuler l'ingestion précoce d'aliment solide entre 3 et 15 jours d'âge en déposant des boulettes d'aliments directement au-dessus des nids de lapereaux (Kacsala et al., 2018). Ces études se heurtent toutefois à une absence de quantification de l'ingéré et requièrent des adaptations pour faciliter la consommation volontaire d'aliment solide par le lapereau.

Un nouveau modèle expérimental de cage a récemment permis de quantifier précisément l'ingestion précoce de lapereaux au nid, indépendamment de l'ingestion des mères (Figure 2). Dans ce dispositif, la mangeoire de la lapine est surélevée tandis que celles des lapereaux demeurent inaccessibles à la femelle grâce à une séparation adaptée (Paës et al., 2019). Un aliment solide est apporté de 3 à 18 jours d'âge dans le nid, avec un retrait temporaire lors de l'allaitement. Cette évaluation des quantités d'aliments ingérés a été réalisée à l'échelle de la portée, les lapereaux étant élevés en groupe.

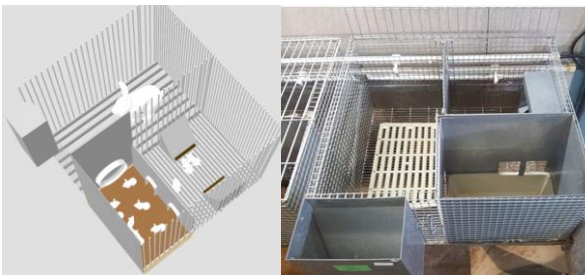


Figure 2 : Illustration d'un dispositif expérimental de cage visant à l'étude du comportement alimentaire précoce de lapereaux élevés en portée.

La synthèse des 7 essais expérimentaux menés avec un tel dispositif confirme la capacité d'ingestion précoce des lapereaux dès 7-8 jours d'âge, soit environ 10 jours plus tôt qu'en conditions commerciales (Paës, 2020). Cette ingestion augmente graduellement avec le développement des lapereaux, permettant d'aboutir à une ingestion de 1,3 ± 0,2 g de matières sèches entre 7 et 17 jours (soit 2% des apports secs, le reste étant issu du lait). Les profils d'ingestion solide au-delà de cette période ne sont par la suite pas affectés.

Bien qu'étant aveugles et partiellement mobiles, les lapereaux sont bien capables d'ingérer des substrats solides au début de leur vie en conditions d'élevage, avec de fortes variations selon les substrats testés. Ces écarts s'expliquent par le comportement alimentaire sélectif du lapin, précédemment mis en évidence autour du sevrage (Mattioli et al., 2019) ou chez des lapins plus âgés. Déterminer plus finement les préférences alimentaires du lapereau allaité s'avère donc primordial pour formuler des aliments suffisamment appétents pour être consommés en début de vie. Dans ce cadre, différentes modalités alimentaires (présentation et/ou composition) ont été testées avec le dispositif précédemment décrit.

3. Déterminants de la consommation précoce d'aliments solides par le lapereau

A dureté équivalente, les granulés les plus fins (diamètre de 2 mm) sont préférés face à des granulés de diamètres supérieurs, avec une orientation préférentielle marquée chez les lapereaux plus âgés (i.e. plus de 18 jours d'âge, Paës et al., 2019). Les

aliments plus tendres ont également induit une hausse de l'ingestion d'aliment solide au nid (Paës et al., 2020a). Des stimuli chémosensoriels comme l'odeur et les flaveurs ont également été capables de moduler très précocement l'attrait de lapereaux envers un substrat alimentaire. L'arôme de vanille stimule ainsi l'ingestion d'aliment avant 18 jours comparativement à une matrice non odorante ou comportant des arômes de fruits rouges et bananes de mêmes intensités (Paës et al., 2020a).
Les ingrédients composant l'aliment au nid peuvent aussi susciter des niveaux d'ingestions solides différents, même pour des éléments ne composant qu'une minorité de la fraction alimentaire comme montré lors de l'incorporation de prébiotiques (Paës et al., 2020b). La teneur en eau de l'aliment se révèle également déterminante dans l'attrait du lapereau, avec une orientation préférentielle pour les substrats riches en eau (Paës et al., 2020a). Ce comportement est d'ailleurs partagé par d'autres jeunes animaux de rente, comme le porc pour lequel l'apport d'un aliment liquide type «soupe » ou « porridge » est fréquent en élevage. Cette appétence des jeunes mammifères pour des aliments hydratés pourrait s'expliquer par 1/ la capacité de ce type d'aliment à contourner l'apprentissage de l'ingestion de solide, 2/ une certaine ressemblance de ces aliments avec le lait et 3/ une satisfaction des besoins en eau (en général, pas de points d'abreuvements accessibles aux jeunes lapereaux). La perception sensorielle du lapereau (sens de l'olfaction développée, sensibilité aux textures et formes des aliments) et sa physiologie (capacités de préhension et de mastication en développement) expliquent les différents comportements rencontrés.

D'autres éléments sont susceptibles de moduler le comportement alimentaire du jeune lapereau comme son expérience pré-natale *in utero* et les contacts qui surviennent pendant l'allaitement (Coureaud et al. 2001). Les portées les plus lourdes à la naissance sont également celles qui consomment le plus d'aliments solides au nid, probablement en lien avec un comportement exploratoire accru (Paës, 2020).

Cette accumulation récente de connaissances relatives au comportement alimentaire de lapereaux âgés de moins de 18 jours montre l'importance de la perception sensorielle des aliments apportés au nid. Dans le cadre de nos études expérimentales, un support hydraté de type « gel », produit à partir d'aliments complets et aromatisé à la vanille, a été retenu pour combiner nécessité de quantification et optimisation de l'ingéré (Figure 3). Les impacts de l'arrivée précoce de tels substrats alimentaires dans le tractus digestif ont ensuite été évalués à plusieurs échelles, du microbiote aux phénotypes des individus, en passant par une analyse du fonctionnement des muqueuses digestives.

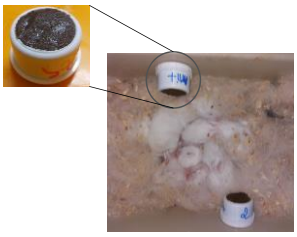


Figure 3 : Dispositif d'alimentation précoce au nid.

3. Consommation précoce d'aliment solide : impact sur la maturation du microbiote et le développement du lapereau

3.1. L'ingestion précoce de substrats solides permet de moduler la construction du microbiote intestinal

La mise à disposition d'aliment solide dès 3 jours après la naissance modifie principalement la composition du microbiote dans le jeune âge avec notamment une diversité spécifique accrue avant le sevrage (Paës et al., 2022).

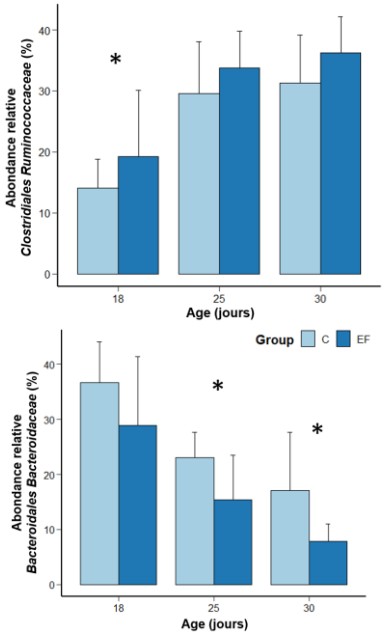


Figure 4 : Impact de l'ingestion précoce d'aliment solide sur l'implantation de deux familles majeures de l'écosystème caecal du lapin.

C : groupe contrôle recevant un aliment solide à partir de 15 jours en mangeoire. EF : groupe recevant un aliment solide à partir de 3 jours dans le nid puis à partir de 15 jours en mangeoire.

La consommation d'un aliment au nid favorise le développement de bactéries spécialisées dans la dégradation de glucides pariétaux complexes : les bactéries appartenant aux familles *Lachnospiraceae* et *Ruminococcaceae* sont ainsi plus représentées dans le caecum de lapereaux bénéficiant précocement d'un aliment solide (Figure 4 ; Paës et al., 2020b, 2022). Ce développement est compensé par une diminution de l'abondance des *Bacteroidaceae* (Paës et al., 2022), caractéristique des écosystèmes digestifs d'animaux allaités (Charbonneau et al., 2016).

Les observations faites traduisent une accélération de la maturation du microbiote comme récemment observé chez les porcelets ingérant précocement un aliment solide (Choudhury et al., 2021). Ce phénomène s'explique par un ensemencement dirigé des écosystèmes digestifs en début de vie. La nature des polysaccharides inclus dans l'aliment module également le microbiote caecal, avec des effets plus marqués du facteur composition alimentaire après le sevrage (Paës et al. 2022).

Grâce à la plasticité de l'écosystème digestif, stimuler précocement la prise d'aliment solide permet d'orienter plus rapidement le microbiote digestif vers un état mature, avec une sélection de bactéries qui semblent plus adaptées à la digestion d'aliments solides. Étant donné le partage de mêmes fonctions par certaines bactéries (redondance fonctionnelle), l'étude des métabolites présents dans le tractus digestif est essentielle pour confirmer l'impact de stratégies nutritionnelles sur l'activité métabolique du microbiote. Les métabolites bactériens constituent un des supports moléculaires du dialogue microbiote/hôte. Nous avons ainsi mis en évidence une modification transitoire du métabolome caecal chez les animaux recevant précocement une alimentation solide. L'ingestion précoce d'aliment était en effet associée à une augmentation des teneurs luminales de 7 acides aminés, ainsi que des niveaux d'acétate et butyrate digestifs chez des lapereaux de 18 jours d'âge (Paës et al., 2022). Ce résultat est particulièrement intéressant car le butyrate régule l'homéostasie énergétique et favorise le maintien de la barrière intestinale (Beaumont et al., 2020; Zhang et al., 2023) Ainsi, l'ingestion de quelques grammes d'aliments solides en début de vie modifie la construction du microbiote et ses fonctionnalités.

b. Conséquences d'une introduction précoce d'aliment solide sur la santé digestive des lapereaux

Une approche multidimensionnelle apparaît fondamentale pour obtenir une image globale de la santé intestinale des animaux. Quatre piliers peuvent être identifiés pour caractériser les points d'équilibres nécessaires au maintien de la santé digestive, à savoir la préservation des fonctions barrière et digestives de l'épithélium, l'aptitude immunitaire, l'homéostasie oxydative et l'équilibre bactérien (Chalvon-Demersay et al., 2021). L'utilisation d'indicateurs relatifs aux trois premiers piliers n'a jusqu'ici pas permis de mettre en évidence un bénéfice marqué d'une alimentation précoce en conditions expérimentales non challengeantes (très faibles mortalités et morbidités pendant toutes les phases d'élevage ; Paës et al., 2022). L'installation plus rapide d'un microbiote digestif stable via l'apport de substrats alimentaires, combiné à la promotion de métabolites d'intérêt, joue toutefois en faveur d'une stratégie d'alimentation précoce. Les changements de profils microbiens induits par un aliment sous la mère ont ainsi permis d'améliorer le statut sanitaire de porcelets (Choudhury et al., 2021). La transposition d'une stratégie alimentaire précoce en situation sanitaire dégradée, associée à une évaluation de biomarqueurs de santé variés, permettra *in fine* de conclure quant à l'intérêt du pilotage des écosystèmes digestifs permis par le dispositif développé. De plus, la composition nutritionnelle des aliments solides ingérés précocement devra être optimisée, par exemple en incorporant des nutriments ciblant des espèces bactériennes d'intérêt (fibres rapidement fermentescibles par exemple).

Conclusions

L'immaturité digestive du lapereau combinée au stress du sevrage favorisent la survenue de troubles digestifs en élevage. La construction de l'épithélium digestif et du microbiote intestinal étant interconnectés, le pilotage des écosystèmes digestif représente un levier d'action de préservation de la santé. Nous avons montré que la mise en place d'un système alimentaire destiné aux jeunes lapereaux avec un aliment accessible au nid et appétent favorise un comportement alimentaire solide précoce. Bien que représentant de faibles quantités d'ingérés, nous avons mis en évidence que l'ingestion précoce de nutriments permettait de moduler la maturation du microbiote digestif, confirmant ainsi la permissivité du microbiote du lapereau dans le jeune âge. Ces premières données vont dans le sens d'une meilleure préparation des lapereaux à la transition alimentaire du sevrage mais les conséquences pour la santé de telles modulations restent à éclaircir à l'échelle de la vie de l'animal. Si ces bénéfices sont confirmés, l'outil expérimental développé dans ce cadre devra alors être adapté aux conditions d'élevage commercial. Apporter des granulés directement dans le nid des lapereaux, en veillant à adapter leur présentation, pourrait ainsi être envisagé. Remplacer les litières peu nutritives (copeaux de bois, …) qui recouvrent les nids pour des substrats plus riches (foin, paille) pourrait également faciliter le comportement d'ingestion solide précoce des lapereaux.

Finalement, de nombreuses approches et ressources restent à développer pour utiliser au mieux la plasticité des écosystèmes digestifs et ainsi accompagner la réduction des intrants médicamenteux en élevage.

Notes

Ce document constitue une synthèse d'un article proposé à la revue INRAE Productions Animales sous le titre « L'introduction précoce d'aliment solide au début de la vie, une stratégie de pilotage du microbiote pour construire et préserver la santé du lapin ».

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été soutenus par le Groupe d'Expérimentation Cunicole (GEC), l'Institut Carnot Santé Animale et le métaprogramme INRAE eFedBiota. Les auteurs remercient l'ensemble du personnel des équipes NED, SYSED et PECTOUL de l'unité GenPhySE, et les plateformes GeT et Bioinfo de Genotoul INRAE, Toulouse pour leur implication tout au long de l'étude.

Références

Beaumont, M., Mussard, E., Barilly, C., Lencina, C., Gress, L., Painteaux, L., Gabinaud, B., Cauquil, L., Aymard, P., Canlet, C., Paës, C., Knudsen, C., and Combes, S. 2022. Developmental Stage, Solid Food Introduction, and Suckling Cessation Differentially Influence the Comaturation of the Gut Microbiota and Intestinal Epithelium in Rabbits. The Journal of Nutrition **152**: 723–736. doi:10.1093/jn/nxab411.

Beaumont, M., Paës, C., Mussard, E., Knudsen, C., Cauquil, L., Aymard, P., Barilly, C., Gabinaud, B., Zemb, O., Fourre, S., Gautier, R., Lencina, C., Eutamène, H., Theodorou, V., Canlet, C., and Combes, S. 2020. Gut microbiota derived metabolites contribute to intestinal barrier maturation at the suckling-to-weaning transition. Gut Microbes: 1–19. doi:10.1080/19490976.2020.1747335.

Bilkó, Á., Petróczi, I., Bárdos, B., Nagy, I., and Altbacker, V. 2022. Composition of the Wild Rabbit Nest and Its Implication for Domestic Rabbit Breeding. Applied Sciences **12**: 1915. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. doi:10.3390/app12041915.

Bouskra, D., Brézillon, C., Bérard, M., Werts, C., Varona, R., Boneca, I.G., and Eberl, G. 2008. Lymphoid tissue genesis induced by commensals through NOD1 regulates intestinal homeostasis. Nature **456**: 507–510. doi:10.1038/nature07450.

Broekhuizen, S., Bouman, E., and Went, W. 1986. Variation in timing of nursing in the Brown Hare (Lepus europaeus) and the European Rabbit (Oryctolagus cuniculus). Mammal Review **16**: 139–144. doi:10.1111/j.1365-2907.1986.tb00034.x.

Carabaño, R., Piquer, J., Menoyo, D., and Badiola, I. 2010. The digestive system of the rabbit. Pages 1–18 *in* C. De Blas and J. Wiseman, eds. Nutrition of the rabbit. CABI; Wallingford; UK. doi:10.1079/9781845936693.0001.

Chalvon-Demersay, T., Luise, D., Le Floc'h, N., Tesseraud, S., Lambert, W., Bosi, P., Trevisi, P., Beaumont, M., and Corrent, E. 2021. Functional Amino Acids in Pigs and Chickens: Implication for Gut Health. Frontiers in Veterinary Science **8**. [Online] Available: https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2021.663727 [2022 May 18].

Charbonneau, M.R., Blanton, L.V., DiGiulio, D.B., Relman, D.A., Lebrilla, C.B., Mills, D.A., and Gordon, J.I. 2016. Human developmental biology viewed from a microbial perspective. Nature **535**: 48–55. doi:10.1038/nature18845.

Chassaing, B., Kumar, M., Baker, M.T., Singh, V., and Vijay-Kumar, M. 2014. Mammalian Gut Immunity. Biomed J **37**: 246–258. doi:10.4103/2319-4170.130922.

Choudhury, R., Middelkoop, A., de Souza, J.G., van Veen, L.A., Gerrits, W.J.J., Kemp, B., Bolhuis, J.E., and Kleerebezem, M. 2021. Impact of early-life feeding on local intestinal microbiota and digestive system development in piglets. Sci Rep **11**: 4213. Nature Publishing Group. doi:10.1038/s41598-021-83756-2.

Combes, S., Gidenne, T., Boucher, S., Fortun-Lamothe, L., Bolet, G., and Coureaud, G. 2018. Pour des lapereaux plus robustes au sevrage : des bases biologiques aux leviers d'action en élevage. 1 **31**: 105–116. doi:10.20870/productions-animales.2018.31.2.2283.

Combes, S., Gidenne, T., Cauquil, L., Bouchez, O., and Fortun-Lamothe, L. 2014. Coprophagous behavior of rabbit pups affects implantation of cecal microbiota and health status. Journal of Animal Science **92**: 652–665. doi:10.2527/jas.2013-6394.

Combes, S., Michelland, R.J., Monteils, V., Cauquil, L., Soulie, V., Tran, N.U., Gidenne, T., and Fortun-Lamothe, L. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. Fems Microbiology Ecology **77**: 680–9. doi:10.1111/j.1574-6941.2011.01148.x.

Coureaud, G., Schaal, B., Langlois, D., and Perrier, G. 2001. Orientation response of newborn rabbits to odours of lactating females: relative effectiveness of surface and milk cues. Animal Behaviour **61**: 153–162.

Curtis, T.P., and Sloan, W.T. 2004. Prokaryotic diversity and its limits: microbial community structure in nature and implications for microbial ecology. Curr. Opin. Microbiol. **7**: 221–226. doi:10.1016/j.mib.2004.04.010.

Gallois, M., Gidenne, T., Tasca, C., Caubet, C., Coudert, C., Milon, A., and Boullier, S. 2007. Maternal milk contains antimicrobial factors that protect young rabbits from enteropathogenic Escherichia coli infection. Clinical and Vaccine Immunology **14**: 585–592.

Gidenne, T., Combes, S., and Fortun-Lamothe, L. 2012. Restreindre l'ingestion du jeune lapin : de nouvelles stratégies pour renforcer sa santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. INRA Prod Anim **25**: 323–336.

Girardie, O., Robert, R., Maupin, M., Hurtaud, J., Joly, T.T., Ruesche, J., David, I., Garreau, H., and Canario, L.L. 2021. Genetic trends in doe and kit behaviour and performances assessed with comparison of old and modern-type lines in a crossfostering design. [Online] Available: https://hal.inrae.fr/hal-03416254 [2022 Jul. 22].

Hudson, R., and Distel, H. 1982. The Pattern of Behaviour of Rabbit Pups in the Nest. Behaviour **79**: 255–271.

Jin, D.X., Zou, H.W., Liu, S.Q., Wang, L.Z., Xue, B., Wu, D., Tian, G., Cai, J., Yan, T.H., Wang, Z.S., and Peng, Q.H. 2018. The underlying microbial mechanism of epizootic rabbit enteropathy triggered by a low fiber diet. Sci Rep **8**: 1–15. doi:10.1038/s41598-018-30178-2.

Kacsala, L., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Radnai, I., Kovács, M., Kasza, R., Nagy, I., Odermatt, M., Atkári, T., and Matics, Z. 2018. Early solid additional feeding of suckling rabbits from 3 to 15 days of age.

Animal **12**: 28–33. doi:10.1017/S1751731117001367.

Langenbach, G.E., Weijs, W.A., Brugman, P., and van Eijden, T.M. 2001. A longitudinal electromyographic study of the postnatal maturation of mastication in the rabbit. Arch. Oral Biol. **46**: 811–820.

Lanning, D., Sethupathi, P., Rhee, K.-J., Zhai, S.-K., and Knight, K.L. 2000. Intestinal Microflora and Diversification of the Rabbit Antibody Repertoire. The Journal of Immunology **165**: 2012–2019. doi:10.4049/jimmunol.165.4.2012.

Le Floc'h, N., Achard, C.S., Eugenio, F.A., Apper, E., Combes, S., and Quesnel, H. 2022. Effect of live yeast supplementation in sow diet during gestation and lactation on sow and piglet fecal microbiota, health and performance. J Anim Sci: skac209. doi:10.1093/jas/skac209.

Lederberg, J. 2001. 'Ome Sweet 'Omics-- A Genealogical Treasury of Words. [Online] Available: https://www.the-scientist.com/commentary/ome-sweet-omics---a-genealogical-treasury-of-words-54889 [2019 Nov. 27].

Orengo, J., and Gidenne, T. 2007. Feeding behaviour and caecotrophy in the young rabbit before weaning: An approach by analysing the digestive contents. Applied Animal Behaviour Science **102**: 106–118.

Paës, C. 2020.July 2. Stimulation de l'ingestion d'aliment solide chez le lapereau allaité et conséquences sur l'implantation du microbiote intestinal et la santé digestive. These de doctorat, Toulouse, INPT. [Online] Available: https://www.theses.fr/2020INPT0027 [2023 Jan. 30].

Paës, C., Fortun-Lamothe, L., Bébin, K., Duperray, J., Gohier, C., Guené-Grand, E., Rebours, G., Aymard, P., Bannelier, C., Debrusse, A.-M., Gidenne, T., and Combes, S. 2019. Onset of feed intake of the suckling rabbit and evidence of dietary preferences according to pellet physical properties. Animal Feed Science and Technology **255**: 114223. doi:10.1016/j.anifeedsci.2019.114223.

Paës, C., Fortun-Lamothe, L., Coureaud, G., Bébin, K., Duperray, J., Gohier, C., Guené-Grand, E., Rebours, G., Aymard, P., Bannelier, C., Debrusse, A.M., Gidenne, T., and Combes, S. 2020a. Insights into suckling rabbit feeding behaviour: acceptability of different creep feed presentations and attractiveness for sensory feed additives. Animal: 1–9. doi:10.1017/S1751731120000038.

Paes, C., Gidenne, T., Bannelier, C., Bebin, K., Duperray, J., Gohier, C., Guené-Grand, E., Rebours, G., Aymard, P., and Combes, S. 2021. Suckling rabbit digestibility: effect of the age at introduction of a starter feed. Page *in* 12th World Rabbit Congress. Nantes, France. [Online] Available: https://hal.inrae.fr/hal-03645260 [2022 May 9].

Paës, C., Gidenne, T., Bébin, K., Duperray, J., Gohier, C., Guené-Grand, E., Rebours, G., Barilly, C., Gabinaud, B., Cauquil, L., Castinel, A., Pascal, G., Darbot, V., Aymard, P., Debrusse, A.-M., Beaumont, M., and Combes, S. 2022. Early Introduction of Plant Polysaccharides Drives the Establishment of Rabbit Gut Bacterial Ecosystems and the Acquisition of Microbial Functions. mSystems. American Society for Microbiology. doi:10.1128/msystems.00243-22.

Paës, C., Gidenne, T., Bébin, K., Duperray, J., Gohier, C., Guené-Grand, E., Rebours, G., Bouchez, O., Barilly, C., Aymard, P., and Combes, S. 2020b. Early introduction of solid foods: ingestion level matters more than prebiotic supplementation for shaping gut microbiota. Front. Vet. Sci. **7**. Frontiers. doi:10.3389/fvets.2020.00261.

Read, T., Fortun-Lamothe, L., Pascal, G., Le Boulch, M., Cauquil, L., Gabinaud, B., Bannelier, C., Balmisse, E., Destombes, N., Bouchez, O., Gidenne, T., and Combes, S. 2019. Diversity and Co-occurrence Pattern Analysis of Cecal Microbiota Establishment at the Onset of Solid Feeding in Young Rabbits. Front. Microbiol. **10**. doi:10.3389/fmicb.2019.00973.

Torow, N., and Hornef, M.W. 2017. The Neonatal Window of Opportunity: Setting the Stage for Life-Long Host-Microbial Interaction and Immune Homeostasis. The Journal of Immunology **198**: 557–563. doi:10.4049/jimmunol.1601253.

Yardin, M. 2009. Evolution des dents du jeune lapin. Mammalia **32**: 677–689. doi:10.1515/mamm.1968.32.4.677.

Zhang, B., Liu, M., Yue, Z., Chen, X., Li, C., Liu, L., and Li, F. 2023. Combined Omics Analysis Further Unveils the Specific Role of Butyrate in Promoting Growth in Early-Weaning Animals. International Journal of Molecular Sciences **24**: 1787. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. doi:10.3390/ijms24021787.

VALEUR NUTRITIVE DE LUZERNE ARBORESCENTE, DE CHOU, ET DE SEIGLE HERBACÉ, EN CUNICULTURE BIOLOGIQUE

Goby J.P.[1], Bannelier C.[2], Faillat O.[2], Gidenne T.[2]*

[1] Université de Perpignan, IUT, 66962 Perpignan, France
[2] *:GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326, Castanet Tolosan, France*
*Auteur Correspondant: thierry.gidenne@inrae.fr

Résumé –
Le développement de la cuniculture biologique (AB) ou avec accès à une prairie est limité par le manque de références techniques, notamment sur l'ingestion de végétaux pâturés et leur valeur nutritive. Trois essais ont été conduits avec chacun deux groupes de 5 lapins (80 jours d'âge) logés en cage individuelle mobile au pâturage, nourris à volonté, avec soit le fourrage étudié, soit avec le fourrage et un aliment complémentaire granulé. Trois fourrages verts sont étudiés: la luzerne arborescente, le seigle herbacé et le chou. Un groupe supplémentaire (Témoin) a reçu seulement l'aliment complet granulé. En période d'adaptation au fourrage (7 jours) les cages sont déplacées quotidiennement, puis restent fixes en période de mesure de la digestibilité (4 jours), où une planche est installée sous la cage afin d'effectuer une collecte totale des fèces. L'ingestion brute (frais) de luzerne est en moyenne de 240g/j (90 g MS/j), alors que celle du chou atteint 664g d'ingéré brut (96 g MS/j), et celle du seigle herbacé atteint 411 g/j (56 g MS/j). La digestibilité des protéines des trois fourrages verts distribués seuls dépasse 80%. La digestion de l'énergie est très élevée pour le chou (86,7%), forte pour la luzerne (76,2%), mais modérée pour le seigle (61,8%). La concentration en protéines digestibles et en énergie sont de : 37 g PD/kg frais et 4,68 MJ DE/kg pour la luzerne arborescente; de 23 g PD/kg et 1,75 MJ DE/kg frais pour le chou, et de 31 g PD/kg et 1,34 MJ DE/kg frais pour le seigle herbacé. La valeur nutritive d'autres aliments fourragers devrait être mesurées, pour constituer de véritables tables d'alimentation fourragère pour le lapin au pâturage.

Abstract – Nutritive value of tree alfalfa, cabbage and rye grass in organic rabbit farming.
The development of organic rabbit farming (AB) or with access to grassland is limited by the lack of technical references, particularly on the ingestion of grazed plants and their nutritional value. Three trials were conducted with two groups of 5 rabbits (80 days old) each housed in individual movable cages on pasture, fed ad libitum with either the studied forage or with the forage and a pelleted feed. Three green forages were studied: tree alfalfa, rye (grass stage) and cabbage. An additional group (Control) received only the pelleted feed. During the adaptation period (7 days) the cages were moved daily, and then remained fixed during the digestibility measurement period (4 days), where a board was installed under the cage to perform a total faeces collection. The gross intake (fresh) of alfalfa averaged 240 g/d (90 g DM/d), while that of cabbage reached 664 g gross intake (96 g DM/d), and that of grass rye reached 411 g/d (56 g DM/d). The protein digestibility of the three green forages distributed alone exceeds 80%. Energy digestion is very high for cabbage (86.7%), high for alfalfa (76.2%), but moderate for rye (61.8%). The concentration of digestible protein and energy is: 37 g DP/kg fresh and 4.68 MJ ED/kg for tree alfalfa; 23 g DP/kg and 1.75 MJ ED/kg fresh for cabbage, and 31 g DP/kg and 1.34 MJ ED/kg fresh for grass rye. The nutritive value of other forages or feedstuffs should be measured, in order to constitute feed tables for grazing rabbits

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). L'estimation de l'ingestion de fourrage par les lapins a fait l'objet de très peu d'études (Martin *et* al., 2016; Legendre *et al.*, 2017, 2019). La présente étude a pour objectif de quantifier, la valeur nutritive de trois fourrages verts : la luzerne arborescente, le seigle herbacé, et le chou; en conditions de pâturage, pour des lapins en croissance logés en cages mobiles dans un système AB (photo 1).

1. Matériel et méthodes

1.1. Conduite de l'étude

Trois essais ont été conduits sur la ferme pédagogique de l'Université de Perpignan, en respect du cahier des charges pour la cuniculture biologique, en novembre 2019, mars et juin 2020. Pour chaque essai, deux groupes de 5 lapins (80 jours d'âge) sont logés en cage individuelle mobile au pâturage, nourris à volonté, avec soit le fourrage

étudié, soit avec le fourrage et un aliment complet granulé. Un groupe supplémentaire (Témoin) a reçu seulement un aliment complet granulé (novembre 2019) à volonté.
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). En période d'adaptation au fourrage (7 jours) les cages sont déplacées quotidiennement, puis restent fixes en période de mesure de la digestibilité (4 jours), où une planche est installée sous la cage (photo 2) afin d'effectuer une collecte totale des fèces (séparées des urines).
Les fèces sont pesées puis analysées au laboratoire,

Photo 1 : Cages-mobiles sur parcours ombragé

pour leur concentration en matière organique, protéines et fibres Van-Soest. L'ingestion de fourrage (distribué et refus) et d'aliment témoin est mesuré quotidiennement en période de digestibilité.

1.2. Composition des aliments et distribution

La luzerne arborescente (*Medicago Arborea,* Photo 3), le seigle herbacé et le chou brocoli (stade feuille, 500g le matin et 500g le soir) sont récoltés et distribués frais chaque jour. Chaque fourrage est ainsi distribué à 2 groupes de 5 lapins, soit seul, soit associé à 60g/j d'aliment complet (tableau 1) par lapin.

Photo 2 : Cage mobile avec luzerne arborescente et avec plancher, en période de collecte de fèces

2. Résultats et discussion

2.1. Composition chimique des fourrages et ingestion

Les principales caractéristiques chimiques des fourrages et de l'aliment témoin sont présentées dans le tableau 2. La luzerne arborescente présente un bon équilibre chimique avec une concentration protéique de 134 g/kg MS pour une teneur en lignocellulose

Photo 3 : Luzerne arborescente

(ADF) de 291 g/kg MS. La concentration minérale du chou est assez élevée (194 g/kg MS) pour une concentration protéique de 203 g/kg MS, et une concentration en fibre moitié inférieure à celle de la luzerne. Le seigle herbacé est relativement riche en protéines avec une concentration de 278g/kg MS, pour un apport en fibres similaire au chou.
En période de digestibilité, l'ingestion brute (frais) de luzerne est en moyenne de 240g/j (soit près de 90 g de matière sèche) et présente une faible variabilité interindividuelle (5%, tableau 1). Lorsque l'on distribue en complément 60g d'aliment commercial (pas de refus), alors l'ingestion de luzerne baisse de moitié. Le chou est un fourrage également très appétant pour le lapin, puisque son ingestion atteint 95,5 g de matière sèche par jour, soit 664g d'ingéré brut (frais), avec néanmoins une assez forte variabilité inter-individuelle (25%). L'ingestion de chou distribué en association avec l'aliment granulé (53,9g de MS/j, pas de refus) atteint 54,5g de MS/j. De même, le seigle herbacé est un fourrage appétant, avec une ingestion fraiche quotidienne de 411 g/j (56 g MS/j) avec une variabilité interindividuelle modérée (10%). Associé à une distribution d'aliment témoin, son ingestion baisse de manière similaire au deux autres fourrages. Ces mesures d'ingestion de fourrages verts (récoltés et distribués immédiatement) sont néanmoins indicatives, étant donné le faible nombre de répétitions.

2.2. Digestion des fourrages verts et valeur nutritive

Nous mesurons une forte digestibilité des protéines des trois fourrages verts (plus de 80%), qui atteint près de 90% pour le chou (tableau 3). La digestion des protéines du mélange "fourrage+aliment témoin" est nettement impactée, sauf dans le cas du groupe "seigle+témoin").
La digestion de l'énergie est plus variable selon le fourrage : très élevée pour le chou, forte pour la luzerne, mais modérée pour le seigle. Des interactions digestives semblent possibles lors de la distribution conjointe du fourrage et de l'aliment témoin. En effet, dans le cas du mélange "seigle+T" la digestion de l'énergie est similaire à celle du seigle

seul. En revanche pour le groupe "luzerne+T", la digestion de l'énergie est réduite à la valeur de l'aliment témoin.

La digestibilité de la matière sèche du mélange "chou+aliment témoin" recalculée à partir des valeurs de chacun mesurées séparément, aboutit à une valeur similaire à celle du mélange (67,8% vs 65,9%). Il en est de même pour le seigle herbacé (55,1 vs 56,8%). Ainsi, le fait de distribuer conjointement du chou ou du seigle avec un aliment complémentaire granulé ne modifie pas la digestion du chou ou du seigle.

En revanche, le même calcul effectué pour le mélange de luzerne arborescente et aliment témoin, indique un écart : 64,0 (recalcul avec valeur individuelle) vs 55,4% (pour le mélange). Ceci suggère donc une interaction digestive négative.

Les teneurs en protéines et en énergie digestibles sont de 37 g PD/kg frais et 4,68 MJ ED/kg pour la luzerne (tableau 4) par mesure directe (distribuée seule), et de 31 g PD/kg et 1,34 MJ ED/kg frais pour le seigle herbacé (nourri seul). La teneur en protéines et en énergie digestibles du chou, nourri seul, est en moyenne de 158 g PD/kg et 12,16MJ DE/kg.

Tableau 1 : Ingestion des fourrages et de l'aliment témoin.

	Luz. Ar.	Luz.Ar. +T*	Chou	Chou +T*	Seigle herb.	Seigle +T*	T* Témoin
Quantité distribuée, g brut /j	400	200 + 60*	1000	600 + 60*	500	400+60*	Ad-Lib.
Quantité ingérée, g brut /j	239 ±16	130 / 60* ±16 .	664 ±149	379 / 60* ±100 .	411 ±44	229 / 60* ±54 / .	128 ±26
Quantité ingérée, g MS/j	88,6 ±4,5	47,1 / 53,9* ±9,8 / .	95,5 ±21,5	54,5 / 53,9* ±14,5 / .	56,3 ±7,0	34,0 / 53,9* ±8,0 / .	108 ±24

* : aliment complet granulé commercial

Tableau 2 : Composition chimique des fourrages et de l'aliment granulé témoin.

	Luzerne Arborescente	Chou brocoli	Seigle herbacé	Témoin*
Matière sèche, g/kg	450	144	149	899
Matière minérale, g/kg MS	75	194	135	138
Protéines brutes, g/kg MS	134	203	278	144
NDF, g/kg MS	471	254	474	535
ADF, g/kg MS	291	183	207	283
ADL, g/kg MS	117	49	28	94

* : aliment complet granulé commercial, distribué à raison de 60g/j ; $: aliment commercial distribué à volonté ; ** consommation durant la période de digestibilité (4j)

Tableau 3 : Digestibilité fécale des fourrages (seuls ou associés) et de l'aliment témoin.

	Luz. Ar.	Luz.Ar. +T*	Chou	Chou +T	Seigle herb.	Seigle +T	T* Témoin
Digestibilité, %							
Protéine brute	80,8 ±2,5	67,5 ±3,7	89,6 ±4,8	67,7 ±3,6	82,1 ±2,3	78,0 ±2,4	67,8 ±3,4
Energie	76,2 ±4,1	49,6 ±4,5	86,7 ±6,8	77,1 ±3,5	61,8 ±5,8	62,9 ±3,1	49,7 ±3,6

* : aliment complet granulé commercial

Tableau 4 : Valeur nutritive des fourrages (distribués seuls).

	Luzerne Arborescente	Chou brocoli feuille	Seigle herbacé
Protéines digestibles, g/kg brut	37	23	31
Protéines digestibles, g/kg MS	83	158	210

Energie digestible, MJ/kg brut	4,68	1,75	1,34
Energie digestible, MJ/kg MS	10,41	12,16	9,04

* : aliment complet granulé commercial

Conclusions

Le chou et le seigle herbacé sont riches en protéines digestibles et représentent un bon apport énergétique. Contrairement au chou, l'ingestion de seigle (distribué seul) semble insuffisante pour espérer couvrir les besoins du lapin en croissance.

La luzerne arborescente est consommée à un niveau élevé (env. 90g/MS/j) et correspond donc à un bon apport énergétique. Néanmoins, l'apport de protéines digestibles est plus modeste, et ne peut couvrir en distribution unique les besoins.

En perspective, il convient de conduire des essais supplémentaires avec un nombre plus important de lapins, pour préciser le comportement d'ingestion de fourrages verts et leur variabilité, et s'assurer que ces fourrages n'ont pas d'effet négatif sur l'ingestion et la croissance.

Remerciements

Ces travaux de recherche ont été soutenus par le métaprogramme INRAE "santé des animaux" et par le département Physiologie Animale et Systèmes d'élevage.

Références

Baumont, R., Bastien, D., Férard, A., Maxin, G., & Niderkorn, V. (2016). Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants.

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, p193-196.

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.

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).*

LE SAINFOIN DESHYDRATE EN ALIMENTATION CUNICOLE : EFFETS D'UNE INCORPORATION ELEVEE SUR LES PERFORMANCES ET LA SANTE DES LAPINES ET DES LAPINS EN CROISSANCE, DANS UN ENVIRONNEMENT D'ELEVAGE SOUS-OPTIMAL.

Gayrard C.[1,2], Bretaudeau A.[1], Gombault P.[3], Hoste H.[4], Gidenne T. [1*]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet Tolosan
[2] Arrivé-Bellanné, Nueil-les-Aubiers, France
[3] Multifolia, Viapres-le-petit, France
[4] Interaction Hôte-Agents Pathogènes, INRAE/ENVT, 31300 Toulouse
* correspondant : thierry.gidenne@inrae.fr

Résumé - Les effets d'une incorporation élevée (26%) de sainfoin déshydraté (variété Perly, DSp) dans l'alimentation des lapins sur les performances et la santé des femelles reproductrices et des lapins en croissance ont été analysés dans un élevage professionnel aux conditions sanitaires considérées "sous-optimales"(avec présence de coccidiose dans les 2 bandes précédentes), et au cours de deux cycles de reproduction non consécutifs (2 réplicas). Les performances et l'état de santé des lapines et des lapins en croissance ont été comparés pour 2 groupes de 194 lapines et leurs portées respectives, nourris avec des aliments iso-nutritifs contenant 0 ou 26% de DSp. L'incorporation de DSp dans les aliments n'a eu aucun effet sur le poids vif, le taux de fertilité, la mortalité, le taux de réforme et les niveaux d'excrétion de coccidies des lapines (P>0,05). Dans le réplica 1, la croissance des lapereaux avant-sevrage était similaire entre les deux groupes mais dans le 2ème réplica elle était inférieure de 12 % pour le groupe DSp26 (interaction significative). La vitesse de croissance post-sevrage a été améliorée de 4 % (P = 0,02) pour le groupe DSp26 (moyenne des 2 réplicas). Avant le sevrage, une mortalité plus élevée est observée pour le groupe DSp26 (3,3 contre 1,8 %) dans le réplica 1, tandis que dans le réplica 2, elle était inférieure (2,1 contre 4,4 %; interaction significative). Après sevrage, le taux de mortalité a diminué de 2,6 pts (4,5 vs 7,1 %, P<0,001) pour le groupe DSp26 (moyenne des 2 réplicas). Les excrétions de coccidies des lapins en croissance n'ont pas été affectées par le sainfoin ni par les répétitions. Une forte incorporation de granulés de sainfoin (26%) est recommandée pour les lapins en croissance dans un environnement d'élevage sous-optimal.

Abstract – Dehydrated sainfoin in rabbit nutrition: Effects of a high dietary incorporation on performances and health of does and growing rabbits, under a sub-optimal breeding environment. The effects of a high (26%) incorporation of dehydrated sainfoin (Perly cultivar, DSp) in rabbit feeding on the performances and health of reproductive doe and growing rabbits were analysed in a sub-optimal (with coccidiosis for the two previous batches) professional breeding environment and over two non-consecutive reproductive cycles (2 replicates). Performances and health of does and growing rabbits were compared for 2 groups of 194 does and associated litters, when fed iso-nutritive feeds containing either 0 or 26% DSp. Dietary DSp incorporation had no effect on doe live weight, fertility rate, mortality, culling rate and doe coccidia excretions levels (P>0.05). In replicate 1, kits growth before weaning was similar among the two groups but was 12% lower for the DSp26 group in the 2nd replicate (significant interaction). The post-weaning growth rate was improved by 4% (P=0.02) for DSp26 group (mean of two replicates). Before weaning, a higher mortality was observed for DSp26 (3.3 vs 1.8%) in replicate 1, while in replicate 2 it was lower (2.1 vs 4.4%). After weaning, the mortality rate decreased by 2.6 pts (4.5 vs 7.1 %, P<0.001) for DSp26 group (mean of two replicates). Coccidia excretions of growing rabbits were not affected by dietary sainfoin nor by replicates. A high incorporation of sainfoin pellets (26%) is recommended for growing rabbits bred in a sub-optimal environment.

Introduction

En élevage cunicole, la coccidiose et une alimentation déficiente en fibres (notamment en lignines) peuvent accroître le risque de troubles digestifs, et donc altérer les performances (Gidenne et al., 2010). Le sainfoin est une légumineuse riche en lignines, et qui contient des polyphénols et tanins aux propriétés antiparasitaires (Hoste et al., 2015). Ainsi, la valeur nutritive du sainfoin déshydraté a été récemment étudiée par Gayrard *et al.* (2021), qui ont rapporté un niveau relativement élevé de protéines et d'énergie digestibles. L'impact du taux d'incorporation de sainfoin (0-13 et 26%) et ses effets sur les performances des lapines et lapereaux ont été étudiés en une ferme expérimentale (Gayrard et al., 2022a), et dans une ferme commerciale (au taux de 13%) aux conditions sanitaires considérées "optimales " (sans historique de coccidiose) avec un grand nombre d'individus (Gayrard *et al.*, 2022b). Cependant, l'effet d'une forte incorporation de sainfoin sur les performances n'a jamais été étudié dans un environnement sanitaire sous-optimal pour analyser la "valeur santé" du sainfoin. Cette étude a donc pour but de mesurer l'effet d'un taux d'incorporation élevé de DSp (26%) dans des régimes isonutritifs, sur les performances de reproduction et de croissance et sur la santé d'un grand nombre de lapines et de lapins en croissance, dans un élevage réputé en état sanitaire sous-optimal, avec présence de coccidiose dans les 2 bandes précédentes.

1. Matériel et méthodes

1.1. Sainfoin déshydraté et aliments expérimentaux 1.2.

Le sainfoin déshydraté (DSp) est issu d'une première coupe de la variété Perly (récolté en mai 2019) et fourni par la société Multifolia (Viapres-le-Petit, France). Au total, quatre aliments granulés ont été fabriqués par la société Arrivé-Bellanné (Nueil-les-Aubiers, France) : deux aliments pour les lapines reproductrices (R), et deux pour les lapins en croissance (F). Les aliments R et F (tableau 1) ont été formulés sans sainfoin (R0 et F0) ou avec 26% de DSp (R26 et F26). Les aliments ont été formulés pour être isonutritifs pour les principaux nutriments (protéines, énergie, fibres). Les régimes ne contenaient pas de médicaments ou de supplémentation coccidiostatique.

Tableau 1 : Ingrédients et composition chimique des aliments et des bouchons de sainfoin déshydraté

	Aliments R		Aliments F		Dsp
Ingrédients, g/kg	R0	R26	F0	F26	1ere coupe 2019
Sainfoin déshydraté	0	259	0	260	
Blés (dur + tendre)	327	340	134	301	
Pulpe de betterave	106	88	242	158	
Tourteaux (colza et tournesol)	270	156	232	126	
Luzerne déshydratée	60	0	100	0	
Pois et maïs	86	88	60	0	
Mélasse, germe de mais, pulpe raisin	52	40	81	10	
Lapilest® [a]	58	0	114	132	
Premix [b]	41	29	37	13	
Composition chimique, g/kg brut (valeurs analytiques)					
Matière organique	735	723	738	747	745
Protéines brutes	172	171	142	155	158
aNDFom	400	374	466	452	421
ADFom	158	167	227	227	294
Lignines, ADL	45	59	85	95	124
Phénols totaux, %	10,2	11,8	9,0	12,0	29,4

[a] Lapilest® est un produit commercial contenant un mélange de matières fibreuses ; [b] Vitamines, Minéraux, et acides aminés (valeurs calculées pour la formule): Lysine (0.71%), méthionine (0.23%), thréonine (0.64%), phosphore (0.28%), calcium (2.6%), sodium (0.03%) et potassium (2.42%)

1.2. *Animaux et schéma expérimental*

L'étude a été réalisée en tre septembre 2019 et janvier 2020. Les animaux ont été logés dans des cages conventionnelles (L : 68cm - l : 62cm - H : 48cm). Au total, 388 lapines (Hycole®) avec un rang de portée allant de 1 à 10 ont été inséminées avec de la semence Hyplus®, marquant le début du réplica 1. Dix jours (J-10) avant la parturition (J0), les femelles ont été réparties en deux groupes égaux en fonction du régime alimentaire et du rang de portée: groupes DSp0 (témoin) et DSp26, respectivement nourries *ad libitum* avec le régime R0 et R26. A J4, les portées ont été égalisées à 10 petits et avaient accès aux aliments R jusqu'à l'âge de 25 jours. A 25 jours (J25), les portées et les lapines ont été nourries avec l'aliment d'engraissement "F" contenant 0 ou 26% de DSp (F0, F26), *ad libitum* jusqu'au sevrage (J33). Au sevrage, les portées ont été déplacées dans une unité d'engraissement et égalisées à 7 lapins par cage. Les lapins en croissance ont été nourris avec les mêmes aliments F (selon leur groupe) suivant un programme de restriction quantitative : 65 g par lapin au sevrage

avec une augmentation quotidienne de 2 g/jour, jusqu'à 70 jours. Au sevrage, les femelles sont restées dans leur cage d'attribution et tous les groupes confondus ont été nourris uniquement avec l'aliment R0 pendant le cycle de reproduction suivant (cycle sans mesures). Ensuite, pour le troisième cycle de reproduction (réplica 2), le même dispositif expérimental que pour le réplica 1 a été appliqué aux deux groupes de lapines (sans transfert de lapines d'un groupe à l'autre).

1.3 Mesures de la mortalité et des performances

La mortalité des lapines, lapereaux et lapins en croissance et le taux de fertilité des lapines ont été mesurés sur la totalité des animaux, tandis que le poids vif des femelles et des portées a été mesuré sur un échantillon de 18 cages, à J-9, J4, J21, J28 et J33. Le poids vif des lapins en croissance a été mesuré au sevrage (J33), à 47 et 70 jours pour 18 cages de 7 lapins. La mortalité a été vérifiée quotidiennement. Les aliments ont été distribués quotidiennement par un dispositif automatisé, résultant en une valeur unique de la consommation pour chaque aliment.

1.4 Mesure de la concentration fécale en coccidies

Cette mesure a été réalisée par collecte fécale à J-7, J0, J8, J15, J21 et J34 pour les lapines, et à J34, J42, J49, J56, J70 pour les lapins en croissance. Pour chaque jour de collecte, la concentration en oocystes a été déterminée sur 6 échantillons fécaux d'un même groupe par la technique de McMaster (Gibbons et al., 2005), et exprimée en nombre d'oocystes par gramme (OPG) de fèces fraîches (Réseau Cristal-RESALAB, France).

1.5 Analyses chimique des aliments et du sainfoin

La teneur en matière sèche a été déterminée à 103°C pendant 24 h et les cendres à 550°C pendant 5 h. La méthode de combustion de Dumas a été utilisée pour analyser les protéines brutes. La procédure séquentielle de Van Soest a été utilisée pour analyser les fibres (aNDFom, ADFom et Lignines ADL, Van Soest *et al*., 1991). Les phénols totaux ont été analysés dans les aliments et les granulés de sainfoin par la méthode Folin-Ciocalteu (Inovalys, Nantes, France).

1.6 Analyses statistiques

Pour chaque réplica, une analyse de variance à un facteur a été utilisée pour estimer l'effet du régime alimentaire sur les performances de croissance (poids vif et vitesse de croissance) et de reproduction. Ensuite, un modèle à deux facteurs (régime X réplica et interaction) a été utilisé pour estimer l'effet du régime (DSp0, DSp26) et celui de la répétition (réplica 1 ou 2) sur les performances. Le test de Tukey a été utilisé pour comparer les moyennes entre les groupes (DSp0, DSp26). Le test Khi2 a été utilisé sur les taux de mortalité et les taux de fécondité. Un modèle linéaire généralisé a été utilisé pour analyser les concentrations d'oocystes fécaux. Enfin, un modèle de régression linéaire a été utilisé pour vérifier l'effet du taux d'incorporation de DSp (0-26) sur la vitesse de croissance post-sevrage.

2. Résultats et discussion

2.1 Composition chimique du sainfoin et des régimes

La concentration du sainfoin déshydraté en ADF, lignines et protéines est respectivement de 294 g/kg, 124 g/kg et 158 g/kg brut (Tableau 1), tandis que sa concentration en phénols totaux atteint 29,4%. Conformément aux contraintes de formulation, les aliments F ont une teneur plus élevée en ADFom (+40%) et en ADL (+73%) par rapport aux aliments R. Avec l'incorporation de sainfoin, mais aussi de pulpe de raisin et de Lapilest, les niveaux de phénols totaux dans les aliments F26 sont 25% plus élevés que F0. L'aliment R26 a une teneur en phénol 15% supérieure à R0. Excepté ce critère, les aliments témoins (R0 et F0) sont nutritionnellement proches des aliments "tests" (R26 et F26).

2.2 Performances de reproduction, croissance et sanitaire

Tout au long de l'étude, le poids vif des lapines n'est pas affecté par l'incorporation sainfoin (tableau 2). Le taux de fertilité des lapines augmente du réplica 1 au réplica 2 (+5 %, P = 0,044); elle n'est pas modifiée par l'ajout de sainfoin (88%), comme l'avait observé Gayrard *et al.*, 2022a, et reste proche de la valeur moyenne des élevages cunicoles français (83 %, Coutelet, 2015). La mortalité des lapines est en moyenne de 6,9% et ne diffère pas selon le réplica ou le groupe. De même, le taux de réforme des femelles est en moyenne de 0,8 % sans effet significatif du réplica ou du groupe, et en accord avec Gayrard *et al.* (2022b).

Avant le sevrage, il est constaté une interaction significative entre l'effet du réplica et celui du groupe sur la croissance des portées. Ainsi, pour le réplica 1 la croissance est similaire entre les 2 groupes (24,8 g/j, P = 0,34), mais elle est inférieure de 12 % pour le groupe DSp26 lors du réplica 2 (P < 0,01).

Tableau 2 : Performance reproductives en fonction du réplica et du groupe.

	Réplica			Groupe			Prob.		
Poids vif des lapines, g [a]	1	2	ETr	DSp0	DSp26	ETr	Réplic	groupe	Rép. X groupe
J-9	4553a	4796b	35,3	4690	4659	38,2	<0,001	0,68	0,81
J4	4562a	4855b	38,1	4731	4686	41,9	<0,001	0,58	0,86

J33	4608a	4873b	42,4	4812	4663	44,6	<0,01	0,09	0,90
Fertilité, % [b]	86,0a	90,7b	1,17	88,6	88,1	1,17	0,044	0,83	0,13
Croissance des portées, g/j[c]	24,8	29,0	0,3	28,0	25,8	0,4	<0,001	<0,01	0,01
Croissance post-sevrage, g/j [d]	39,0	38,2	0,3	37,9	39,3	0,3	0,24	0,02	0,11
Mortalité lapines, %	7,0	6,7		5,2	8,5		1	0,11	0,42
Mortalité lapereaux,% [e]	2,5	3,3		3,1	2,7		0,097	0,11	<0,01
Mortalité post-sevrage,% [f]	6,1	5,6		7,1	4,5		0,60	<0,01	0,059

[a] N = 18 lapines/groupe. J-9: 9 jours avant mise-bas (J0); J4, J33: 4 et 33 jours après mise-bas; [b] calculé sur toutes les lapines (97 lapines par groupe); ETr: écart-type résiduel; Dans une même colonne, les moyennes partageant une même lettre ne diffèrent pas significativement (P<0.05). [c] : croissance mesurée entre J4 et J33. [d] : croissance mesurée entre J33 et J70; [e]: mesure entre la naissance et le sevrage, sur 3492 lapereaux par groupe; [f]: mesure entre le sevrage et J70, sur 2296 lapereaux par groupe.

Gayrard *et al.* (2022a) n'ont observé aucun effet sur la croissance des lapereaux nourris avec une forte incorporation de sainfoin (26%) pendant 3 cycles de reproduction consécutive, mais dans un environnement sanitaire optimal.

Pour la mortalité avant le sevrage, il est également observé une interaction significative entre le groupe et le réplica : pour le réplica 1, la mortalité du groupe DSp26 est plus élevée : 3,3 *vs* 1,8 % (P=0,012). Au contraire, dans le réplica 2, les lapereaux du groupe DSp26 ont un taux de mortalité moitié inférieur : 2,1 vs 4,4 % (P<0,001).

Après le sevrage, la vitesse de croissance des lapins est améliorée de 4% avec l'incorporation de sainfoin (P=0,02) pour les 2 réplicas, et ainsi qu'observé par Gayrard *et al.* (2022b) avec un apport plus modérée de sainfoin (13%). Cet effet favorable est probablement lié au meilleur état sanitaire, puisqu'une plus faible mortalité post-sevrage par troubles digestifs est observée avec l'aliment sainfoin (4,5 vs 7,1%, P=0,04), comme pour l'étude précédente de Gayrard *et al.* (2022b). Cet effet est aussi en accord avec l'étude de Maertens et Struklec (2006), où la mortalité post-sevrage est inférieure avec un régime riche en tanins apporté par la chataîgne par rapport au témoin (12,2 vs 17,4 %).

2.3. Excrétion oocystale

Aucune interaction entre le réplica et le groupe n'a été observée pour la concentration en oocystes fécaux (OPG) chez les lapines et les lapins en croissance (resp. P=0,47 et P=0,096). Tout au long de l'essai, les OPG des lapines et des lapins en croissance sont similaire entre les réplicas 1 et 2, et ne sont pas affectés par le groupe, ainsi qu'observé par Gayrard *et al.* (2022b, soumis). L'excrétion fécale de coccidies est très faible chez les femelles (moyenne 53 OPG), et beaucoup plus élevée chez les lapins en croissance (4501 OPG en moyenne). Bien que le seuil recommandé d'OPG soit de 4000 à 5000 OPG pour appliquer une prophylaxie anti-coccidienne (Coudert et al., 2000), aucun effet sur le poids ou la croissance n'a été observé. En effet, le nombre total maximum d'oocystes par lapin pouvant être excrétés varie entre 1 et 5×10^8 (Pakandl, 2009), soit 10^5 fois plus que les niveaux d'excrétion des lapins en croissance observés ici.

Dans cette étude, un apport alimentaire plus élevé en phénols et tanins aurait sans doute été nécessaire pour détecter un effet anticoccidien. Ainsi, l'étude de Legendre *et al.* (2018) montre un effet anticoccidien sur des lapins en croissance nourris avec un aliment à forte incorporation de sainfoin (40 % et 34 %) de sainfoin déshydraté.

Conclusions

Une forte incorporation de sainfoin déshydraté dans l'alimentation des lapins en croissance est favorable à leur santé et à leur croissance, post-sevrage. Cet effet n'est pas observé avant sevrage. Les performances reproductives et la santé des lapines ne sont pas modifiées par l'incorporation de sainfoin dans l'alimentation. Ainsi, une incorporation élevée de sainfoin déshydraté dans les aliments peut être recommandée dans un environnement sanitaire sous-optimal pour améliorer la santé et les performances des lapins en croissance.

Références

Coudert, P., Licois, D., Zonnekeyn, V., 2000. Epizootic rabbit enterocolitis and coccidiosis: a criminal conspiracy. World rabbit congress, comm. n°6.

Coutelet G., 2013. Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins de chair en France en 2010. 14èmes Journées de la Recherche Cunicole, 22-23 novembre 2011, Le Mans.

Coutelet G., 2015. Technical and economic results of the rabbit breading farms in France in 2014. 16èmes Journ. Rech. Cunicole, 24-25 november 2015, Le Mans, France, 193-196.

Gayrard C., Gombault P., Bretaudeau A., Hoste H., Gidenne T. 2021. Nutritive value of dehydrated sainfoin (Onobrychis viciifoliae) for growing rabbits according to the harvesting stage. Anim. Feed. Sci. Technol, 279, 11p.

Gayrard C., Gombault P., Bretaudeau A., Hoste H., Gidenne T. 2022a. Feed incorporation of dehydrated sainfoin: Effects on health and performances of does and growing rabbits. World rabbit science, 30, 107-118.

Gayrard C., Gombault P., Bretaudeau A., Hoste H., Gidenne T. 2022b. The use of dehydrated sainfoin in rabbit feeding. 1- Effects of a moderate dietary incorporation on performances and health of does and growing rabbits, under optimal farming environment. World rabbit science. In press (accepted).

Gibbons, L.M., Jacobs, D.E., Fox, M.T. et al. 2004. McMaster egg counting technique. The RVC/FAO Guide to Veterinary Diagnostic. Parasitology.

Gidenne, T., Carabano, R., Garcia, J., De Blas, C., 2010. Fibre digestion, in: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the Rabbit. CABI; Wallingford; UK, 66–82.

Hoste, H., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Mueller-Harvey, I., Sotiraki, S., Louvandini, H., Thamsborg, S.M.,

Terrill, T.H., 2015. Tannin containing legumes as a model for nutraceuticals against digestive parasites in livestock. Vet. Parasit., 212, 5-17.
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. Parasit. Res., 3705-3713.
Maertens, L., Struklec, M., 2006. Technical note: preliminary results with a tannin extract on the performance and mortality of growing rabbits in an enteropathy infected environment. World Rabbit Sci. 2006, 14: 189 – 192.
Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583-3597.

EFFET DE TAUX ELEVES DE CHLORURE DE SODIUM SUR L'ETAT SANITAIRE, LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET D'ABATTAGE DE LAPINS EN CROISSANCE

Colin M.[1*], Caillaud L.[1], Palacios C.[1], Prigent A.Y.[2]

[1] COPRI SAS, Coat Izella N°2, 29830 PLOUDALMEZEAU (FRANCE)
[2] EARL 3L, Coat Izella N°4, 29830 PLOUDALMEZEAU (FRANCE)

*E-mail auteur : copri@wanadoo.fr

Résumé – Trois essais regroupant 2 246 lapins sevrés ont été réalisés pour étudier les effets de l'incorporation de chlorure de sodium à des taux très supérieurs (1 et 1,5 %) à ceux recommandés en alimentation cunicole (0,5 %) sur la viabilité post-sevrage, la croissance et la consommation des animaux ainsi que sur les qualités organoleptiques de leur viande. L'un des buts était de rechercher si un fort taux de chlorure de sodium alimentaire pouvait contribuer à diminuer l'incidence de l'EEL (Entéropathie Epizootique du Lapin) via une réduction de la consommation d'aliment. Un taux élevé de chlorure de sodium permet un fort abaissement de la mortalité dans les essais 1 et 2 pour les lapins rationnés (-50 %) et pour ceux alimentés à volonté (- 46 %). Mais, les résultats sont inversés dans l'essai 3 avec une mortalité supérieure pour les lapins recevant un aliment avec des taux élevés de chlorure de sodium (+ 44 % pour les lapins rationnés ; + 9 % pour ceux alimentés à volonté). Les paramètres de production autres que la mortalité (croissance, consommation, indice de consommation) sont globalement peu affectés par des taux élevés de chlorure de sodium dans l'aliment. Aucun n'effet n'est constaté au niveau caractéristiques de la qualité hédonique de la viande. Globalement, une forte élévation des taux de chlorure de sodium de l'aliment (1,5 %) par rapport aux niveaux habituels (0,4 – 0,5 %) est bien tolérée par le lapin. La non répétabilité des résultats entre les essais nécessite des études supplémentaires avant d'envisager l'utilisation de cette technique dans une stratégie de maitrise de l'EEL.
Mots clés: lapin – sodium – mortalité

Abstract - Effects of high levels of sodium chloride on the health status, the growth and the slaughter performances of growing rabbits.
Three trials involving 2,246 rabbits were carried out to study the effects of incorporating sodium chloride at levels much higher (1 and 1,5 %) than the ones usually used in rabbit feed (0.5%) on viability, growth and consumption of animals as well as on the organoleptic qualities of their meat. One of the aims of this study was to investigate whether this practice could contribute to a better control of ERE (Episodic Rabbit Enteropati) by spontaneously reducing consumption for ad libitum fed animals. These high levels of sodium chloride effectively allow a strong reduction of mortality in trials 1 and 2, both for the rationed rabbits (- 50 %) and for the ones fed ad libitum (- 45%). But, the results were reversed in test 3 with a higher mortality for the rabbits receiving a feed with high levels of sodium chloride than for the control one (+ 44% for the restricted rabbits; + 9 % for the ones fed ad libitum). Production parameters other than mortality (Growth, consumption, feed conversion) were globally little affected by high levels of sodium chloride in the feed. No effect was observed at the level of hedonic quality of the meat. Overall, a strong rise in sodium chloride levels in the feed (1.5%) compared to the usual levels (0.4 - 0.5%) is well tolerated by the rabbit, contrary to the results obtained when the increase of sodium chloride consumption comes from brackish water. On the other hand, the non-repeatability of the results between the tests requires additional experimentations before considering the use of this technique in a strategy of control of the digestive functioning of the rabbit.
Keywords : Rabbit – sodium – mortality

Introduction

Les effets de l'ingestion de chlorure de sodium dans l'aliment à des doses beaucoup plus élevées que les recommandations résumées par Mateos et *al* en 2010, soit 0,4 à 0,5% de l'aliment, n'ont fait l'objet que d'un nombre limité de recherches. Seuls Harris et *al* (1984) signalent des effets négatifs sur la croissance de taux de chlorure de sodium élevés. Par contre, les effets de la distribution aux lapins d'eaux saumâtres ont été rapportés dans de nombreuses publications résumées dans la revue de Marai et *al* (2010). Selon ce travail, des eaux contenant 3000 à 5000 ppm de chlorure de sodium (soit l'équivlent de 0,3 à 0,5 % dans l'aliment) entrainent une diminution de la croissance (7 à 27 %) et de la consommation d'aliment solide. L'indice de consommation augmente de 14 à 22 %. Par contre, curieusement, la consommation d'eau et le ratio eau ingérée / aliment consommé augmentent de 16 et 32 % respectivement. Des modifications négatives sont également observées au niveau des constantes sanguines (Urée, créatinine, transaminases) et de l'histologie hépatique et rénale. Par ailleurs, certaines pathologies digestives du lapin comme l'EEL sont associées à une consommation spontanée d'aliment excessive et ont conduit à développer la technique du rationnement (Martignon et *al*., 2009). Nous avons donc recherché si l'incorporation de chlorure de sodium à des taux très supérieurs à ceux habituellement utilisés dans les aliments lapin pouvait présenter un intérêt dans la prévention de l'EEL grâce à la réduction de consommation qu'elle induit et sans entrainer d'autres effets délétéres.

1. Matériel et méthodes

1.1. Présentation des essais

Trois essais regroupant 2 246 lapins ont été réalisés (Tableau 1) entre le 30/7/2012 et le10/01/2014.

Tableau 1 : Caractéristique des traitements expérimentaux

Traitements	NaCl-NR	NaCl -NV	NaCl-ER (1,5%)	NaCl -EV (1%)	NaCl-EV (1,5%)	Total
			Essai 1			
TCS (%)	0,50	0,50		1,00	1,50	
TS (%)	0,32	0,32		0,51	0,69	
NLS	120	90		105	90	405
			Essai 2			
TCS (%)	0,5	0,5	1,5		1,5	
TS (%)	0,32	0,32	0,69		0,69	
NLS	215	211	220		230	876
			Essai 3			
TCS (%)	0,5	0,5	1,5		1,5	
TS (%)	0,32	0,32	0,69		0,69	
NLS	255	206	250		254	965

NaCl-NR : Chlorure de sodium normal rationné, NaCl-NV : Chlorure de sodium normal à volonté, NaCl-ER (1,5%) : Chlorure de sodium élevé (1,5%) rationné, NaCl-EV (1%) : Chlorure de sodium élevé (1%) à volonté, NaCl-EV (1,5%) : Chlorure de sodium élevé (1,5%) à volonté, TCS : Taux de chlorure de sodium, TS : Taux de sodium, NLS :

Le premier impliquant 406 lapins avait pour but de vérifier que l'on pouvait distribuer des aliments avec des taux de chlorure de sodium élevés dans l'aliment sans entrainer une forte dégradation des performances. Deux taux de chlorure de sodium (1,0 et 1,5 %) dans des aliments distribués à volonté ont ainsi été comparés à un aliment témoin (0,5 % de chlorure de sodium) rationné ou distribué à volonté.
Les 2 autres essais impliquant respectivement 876 et 1014 lapins étaient conduits en schéma factoriel comprenant 2 facteurs de variation :

- Aliment rationné ou distribué à volonté.
- Le taux de sodium correspondant au niveau recommandé (0,5 %) ou beaucoup plus élevé (1,5 %).

1.2. Animaux

Les lapereaux utilisés dans ces essais correspondaient au croisement Hyplus PS 40. Ils étaient âgés de 35 jours en début d'essai et étaient élevés dans les conditions précédemment décrites (Teillet et *al*., 2011).

1.3. Aliment

Les formules des aliments correspondaient à un mélange de tourteau de tournesol (22 % environ), de pulpe de betteraves (20 % environ), d'avoine (15 %), de graines de colza (10 %), d'un concentré fibreux (28 % environ), de lin extrudé (2 %) et de prémix. Les teneurs en protéines et en fibres brutes étaient respectivement de 14,5 %, et 17,5 %. La concentration calculée en énergie digestible s'élevait à 2 420 kcal/kg. le taux de potassium calculé des rations était de 1,27 %. Le plan de rationnement utilisé a déjà été publié (Teillet et *al*. 2011). Il commence par une distribution d'aliment de 80 g / jour au sevrage pour arriver à 160 g / jour à 60 jours.

1.4. Critères mesurés

Au niveau zootechnique, ont été enregistrés les paramètres suivants : mortalité, poids vif mesuré sur la totalité des lapins par pesée des 5 lapins de chaque case; croissances calculées à partir des poids pour les périodes : 35 - 56 jours ; 56 -70 jours et 35 - 70 jours. Les consommations d'aliment et d'eau ont été enregistrées quotidiennement durant toute la durée de l'essai et globalement pour l'ensemble du lot.

Dans le troisième essai, 3 lapins de chacun des 2 lots rationnés et présentant un poids proche du poids moyen du lot expérimental ont été envoyés au laboratoire pour autopsie, bilans sanguins et études histologiques.

Deux tests hédoniques ont été réalisés à la fin des essais 1 et 2 sur des carcasses dont le poids était proche de la moyenne du lot:

- Le premier dans l'essai 1 impliquait 8 juges non éduqués et concernait la cuisse, le râble et la gigolette.
- Le second dans l'essai 2 impliquait 10 juges éduqués et concernait le râble.

1.5. Analyses statistiques

Les performances pondérales ont fait l'objet d'analyses de variance ainsi que les mortalités après transformation boléenne des données individuelles en attribuant la valeur 1 aux lapins morts et 0 aux lapins vivants (Teillet et *al*., 2011). On a ainsi étudié les effets globaux traitements, l'effet chlorure de sodium, l'effet programme alimentaire et pour les essais 2 et 3 les interactions entre ces 2 paramètres.

2. Résultats et discussion

2.1. Mortalités et situation sanitaire.

Globalement, la mortalité est faible dans l'essai 1 (5 %), plus forte dans l'essai 2 (16,6 %) et élevée dans l'essai 3 (23,2 %) (Tableau 2).

Tableau 2 : Résultats de mortalité

Mortalité (%)	Essai 1	Essai 2	Essai 3
NaCl-NR			
35-56 jours	2,5	11,2	6,7
56-70 jours	2,5	5,1	5,9
Sevrage – 70 jours	5,0	16,3	12,5
NaCl-ER			
35-56 jours		1,8	12,0
56-70 jours		5,0	10,0
Sevrage – 70 jours		6,8	22,0
NaCl-NV			
35-56 jours	6,7	15,2	13,4
56-70 jours	2,2	14,2	15,4
Sevrage – 70 jours	8,9	29,4	28,7
NaCl-EV (1%)			
35-56 jours	2,8		
56-70 jours	0,9		
Sevrage – 70 jours	3,8		
NaCl-EV (1,5%)			
35-56 jours	2,2	7,8	18,8
56-70 jours	1,1	6,5	12,5
Sevrage – 70 jours	3,3	14,3	31,4
Total essai			
35-56 jours	3,4	8,9	12,7
56-70 jours	1,7	7,6	10,9
Sevrage – 70 jours	5,2	16,6	23,7
Signification statistique mortalité globale			
Essai	0,31	<0,001	<0,001
Rationnement	0,90	<0,001	<0,001
Sel	0,09	<0,001	<0,001

Pour le régime témoin et dans les 3 essais, la mortalité des lapins nourris à volonté est globalement le double environ de celle des rationnés en accord avec la bibliographie (Martignon et *al*., 2009). Dans les essais 1 et 2, l'incorporation de 1 ou 1,5 % de chlorure de sodium diminue la mortalité à la fois pour les animaux à volonté (23.3 % pour les témoins ; 12.6 % pour les aliments à taux élevés de chlorure de sodium - P<0,001) et également pour les animaux rationnés dans l'essai 2 (16.3 % pour les témoins ; 6,8 % pour les aliments à taux élevés de chlorure de sodium - P<0,001). Dans cet essai 2, l'interaction entre les taux de chlorure de sodium et le programme alimentaire est très hautement significative (p<0,001). Dans l'essai 1, aucun effet dose n'est enregistré entre 1 % et 1,5 % de chlorure de sodium. Par contre, une situation totalement inverse est observée dans l'essai 3 où l'incorporation de chlorure de sodium augmente fortement la mortalité pour les lapins à volonté (31,4 % pour les aliments à taux de chlorure de sodium élevé ; 28,6 % pour les témoins – p<0,001) et plus encore pour les rationnés 22,4 % pour les aliments à taux de chlorure de sodium élevé ; 12,5 % pour les témoins P<0.001) ; l'interaction entre les taux de chlorure de sodium et le programme alimentaire est très hautement significative (p<0,001). Des taux de chlorure de sodium élevés (1,5 %) agissent bien sur la mortalité des lapins à l'engraissement, ce qui n'avait pas été signalé jusqu'alors mais l'effet n'est pas répétable au moins dans cet essai.

L'examen des causes de mortalité pour les 3 régimes présents dans les 3 essais montre que l'incidence de l'EEL est systématiquement plus importante pour les lapins nourris à volonté que pour les lapins rationnés (Tableau 3). L'ajout de chlorure de sodium réduit cette incidence (P = 0.002). L'effet au niveau des diarrhées est beaucoup moins net et variable d'un essai à l'autre.

Tableau 3 : Répartition des causes de mortalité

Traitements	NaCl-NR	NaCl-NV	NaCl-EV (1,5%)
		Essai 1	
Diarrhée	83,3	18,2	50,0
EEL	16,7	72,2	50,0
Autres	0,0	9,6	0,0
		Essai 2	
Diarrhée	20,4	21,0	21,2
EEL	69,4	78,2	54,5
Autres	10,2	0,8	24,3
		Essai 3	
Diarrhée	17,4	9,6	25,7
EEL	65,2	75,9	58,8
Autres	17,4	14,5	15,5

Dans l'essai 3, les autopsies montrent un profil de diarrhée colibacillaire sans différence au niveau des symptômes entre les traitements. Au niveau des analyses histologiques, aucune lésion hépatique ou rénale n'a été signalée en contradiction avec les observations de Marai et *al* (2010) lors de la distribution d'eaux saumâtres. On peut supposer que celles-ci n'apportaient pas que des doses importantes de chlorure de sodium.

Le tableau 4 présente les résultats de biochimie sanguine de lapins rationnés de l'essai 3 recevant un aliment témoin ou avec 1,5 % de chlorure de sodium Seuls 6 critères ont été affectés et les paramètres pour

lesquels n'existe aucune différence n'ont pas été présentés à l'exception de l'hématocrite en raison de son intérêt dans le métabolisme de l'eau. L'incorporation de 1,5 % de chlorure de sodium augmente hautement significativement l'urémie (P<0.001) indiquant une altération du fonctionnement hépatique en accord Marai et *al* (2010). Elle peut être également la conséquence de l'EEL constatée lors de l'autopsie. Par contre, on ne retrouve pas une détérioration des autres paramètres dont les transaminases qui au contraire diminuent. Le CPK a également des valeurs moyennes très hautement significativement plus faibles (P < 0.001) avec le régime à taux de chlorure de sodium élevé qu'avec le témoin. Les raisons de cet écart avec les résultats de Marai et *al* (2010) restent inconnues.

De façon surprenante, l'hématocrite est peu affecté (Bien que le témoin soit déjà à la limite supérieure des normes) alors qu'il joue un rôle important au niveau de métabolisme de l'eau.

Tableau 4 : Résultats d'analyse des paramètres sanguins dans l'essai 3 (Paramètres pour lesquels existe une différence ou présentant un intérêt par rapport au sodium)
(Résultats correspondant à 3 lapins autopsiés par traitement).

	Témoin	Sel élevé	Normes physiologiques	P
BUN (Urée) (mg / DI)	14,5	38,5	13-20	<0,001
PAL (UI / L)	230	123	10-96	<0,001
GPT (UI / L)	76,6	30,0	55-260	0,20
GOT (UI / L)	17,3	<10	10-98	
CPK (UI / L)	327	169	140-372	<0,001
Hématocrite (%)	51.5	54.1	33-50	NS

2.2. Performances pondérales.

La croissance mesurée sur la totalité des lapins est significativement diminuée de 2 à 3 % (Tableau 5) par l'incorporation de chlorure de sodium à taux élevés dans l'aliment pour les essais 1 (P<0.001) et 2 (P=0,013), en accord avec les observations de Harris et *al* (1984) et de Marai et *al* (2010). Par contre, aucune différence n'est observée dans l'essai 3 où le niveau de croissance est plus faible que dans les 2 autres essais. Les interactions entre le taux de chlorure de sodium et le programme alimentaire ne sont pas significatives.

2.3. Consommation et efficacité alimentaire.

Les consommations d'aliment observées quotidiennement pour l'ensemble des lapins sont peu affectées par l'incorporation de doses élevées de chlorure de sodium (Tableau 6) en contradiction avec les observations de Harris et *al* (1984) et Marai et *al* (2010).
La consommation d'eau et le ratio eau ingérée / aliment consommé augmentent respectivement de 10 à 20 %, en accord avec les données de Harris et *al* (1984). Les indices de consommation sont globalement peu affectés par l'apport de chlorure de sodium à taux élevés.

Tableau 5 : Poids et croissance des lapins

Poids / GMQ	Essai 1	Essai 2	Essai 3
NaCl-NR			
Poids sevrage (Kg)	0,840	0,846	1,054
Poids 70 jours (Kg)	2,137	2,410	2,259
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	37,1	44,686	34,429
NaCl-ER			
Poids sevrage (Kg)		0,846	1,047
Poids 70 jours (Kg)		2,364	2,222
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)		43,371	33,571
NaCl-NV			
Poids sevrage (Kg)	0,838	0,846	1,047
Poids 70 jours (Kg)	2,117	2,364	2,222
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	36,5	43,4	33,6
NaCl-EV (1%)			
Poids sevrage (Kg)	0,859		
Poids 70 jours (Kg)	2,080		
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	34,9		
NaCl-EV (1,5%)			
Poids sevrage (Kg)	0,836	0,845	1,066
Poids 70 jours (Kg)	2,070	2,370	2,224
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	35,3	43,6	33,1
Total essai			
Poids sevrage (Kg)	0,843	0,846	1,053
Poids 70 jours (Kg)	2,101	2,390	2,227
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	35,9	44,1	33,6
Ecart-type résiduel			
Poids sevrage (Kg)	0,090	0,070	0,080
Poids 70 jours (Kg)	0,080	0,160	0,130
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	8,6	10,4	8,5
Signification statistique			
Poids sevrage (Kg)	0,810	1,000	0,608
Poids 70 jours (Kg)	0,002	0,001	0,765
GMQ Sevrage – 70 jours (g/j)	<0,001	0,013	0,714

2.5. Tests hédoniques

Les tests hédoniques réalisés dans les essais 1 et 2 dans des conditions très différentes (Figure 1) n'ont montré aucune influence du taux de chlorure de sodium élevés dans l'aliment sur les caractéristiques hédoniques de la viande : les réponses des juges sont cohérentes et les différences entre les 2 traitements sont loin du seuil de signification.

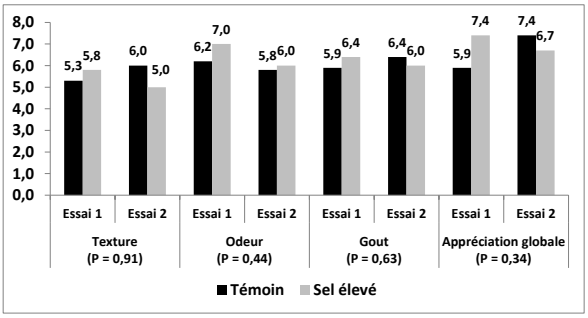


Figure 1. Résultats des tests hédoniques

Tableau 6 : **Résultats de consommation et d'efficacité alimentaire**

Consommation / IC	Essai 1	Essai 2	Essai 3
NaCl-NR			
Consommation d'aliment / lapin vendu (Kg)	4,33	4,52	4,94
Consommation d'eau / lapin vendu (Kg)		9,02	9,31
Ratio eau / aliment		2,00	1,88
Indice de consommation technique	2,98	2,59	3,52
Indice de consommation économique	3,09	3,33	3,67
NaCl-ER			
Consommation d'aliment / lapin vendu (Kg)		4,33	5,00
Consommation d'eau / lapin vendu (Kg)		9,92	10,67
Ratio eau / aliment		2,29	2,13
Indice de consommation technique		2,89	3,55
Indice de consommation économique		3,28	3,74
NaCl-NV			
Consommation d'aliment / lapin vendu (Kg)	4,42	5,19	4,90
Consommation d'eau / lapin vendu (Kg)		8,95	9,10
Ratio eau / aliment		1,72	1,86
Indice de consommation technique	2,88	2,45	4,52
Indice de consommation économique	3,63	4,41	4,90
NaCl-EV (1%)			
Consommation d'aliment / lapin vendu (Kg)	4,58		
Consommation d'eau / lapin vendu (Kg)			
Ratio eau / aliment			
Indice de consommation technique	3,17		
Indice de consommation économique	3,33		
NaCl-EV (1%)			
Consommation d'aliment / lapin vendu (Kg)	4,62	5,01	5,41
Consommation d'eau / lapin vendu (Kg)		10,33	10,34
Ratio eau / aliment		2,06	1,91
Indice de consommation technique	3,20	2,91	3,76
Indice de consommation économique	3,45	3,62	3,98

Conclusions

Globalement, une forte élévation des taux de chlorure de sodium dans l'aliment (1,5 %) par rapport aux niveaux habituels (0,4 – 0,5 %) est bien tolérée par le lapin. A part une augmentation de la mortalité dans l'un des essais, peu d'effets négatifs ont été enregistrés. En ce sens, nos résultats différents de ceux de Harris et *al* (1984) et Marai et *al* (2010) qui rapportent de nombreux aspects négatifs de la consommation de chlorure de sodium à forte dose. Mais pour ce dernier, le chlorure de sodium n'était pas apporté par l'aliment mais par de l'eau saumâtre et les effets sont probablement différents selon que l'apport est réalisé sous forme solide ou liquide.

Les 2 premiers essais ont montré une réduction significative de la mortalité des lapins avec des taux élevé de chlorure de sodium (- 46 à - 50 %) laissant envisager une utilisation de cette technique pour diminuer l'incidence de l'EEL. Mais, dans l'essai 3, les résultats quantitatifs de mortalité présentaient une évolution totalement inverse ; ils étaient augmentés par les taux élevés de chlorure de sodium (+ 9 à + 44 %). Si l'amélioration de viabilité observée dans les essais 1 et 2 reste une piste intéressante pour la contribution au contrôle des dysfonctionnements digestifs du lapin, des travaux sont nécessaires pour en assurer la répétabilité, ce qui est du reste le cas de nombreux additifs naturels ayant le même objectif (Colin et *al*, 2008).

Les paramètres de production autres que la mortalité (Croissance, consommation, indice de consommation) sont globalement peu affectés par des taux élevés de chlorure de sodium dans l'aliment. Aucun n'effet n'est constaté au niveau caractéristiques de la qualité hédonique de la viande.

Remerciements

Les auteurs remercient le Docteur Samuel Boucher pour son aide et ses conseils dans la rédaction de cette publication.

Références

Colin, M., Lebas, F., Guttierez, G., Charrier, S., Teillet, B., Saliba, C., Prigent, A.Y., 2008. Influence of the distribution at birth of a Heat Shock Proteins booster isolated from the prickly pear epicarp on the growth and mortality of rabbits before and after weaning. Proceedings of the 9th world rabbit congress, 601-605.

Harris, D.J., Cheeke, P.R., Patton, N.M., 1984. Effect of feeding different level of salt on growth performances, mortality and feed preferences of fryer rabbits. Journal of applied rabbit research, 7, 117-119.

Marai, I.F.M., Habeeb, A.A., Gad, A.E., Mahrose, K.H.M., 2010. Rabbits productive, rabbit reproduction and physiological traits as affected by drinking saline water: a review.6*th* Inter Conf on Rabbit Prod in hot countries, Assiut Egypt,1- 4 February 2010, 177-180.

Martignon, M.H., Combes, S., Gidenne, T., 2009. Rôle du mode de distribution de l'aliment dans une stratégie de rationnement: conséquences sur le profil d'ingestion, la croissance et la santé digestive du lapin. 13ème Journées de la recherche cunicole, Le Mans (France), 17-18 novembre 2009, 29-46.

Mateos, G.G., Rebollar, P.G., De Blas, C., 2010. Mineral, vitamins end additive in Nutrition of the rabbit, *2nd e*dition, CAB international, Oxfordshire OX10 8DE, Grande Bretagne, 119-150.

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.

IMPACT DE LA TENEUR EN PHOSPHORE ALIMENTAIRE SUR LES PERFORMANCES DU LAPIN EN ENGRAISSEMENT ET SUR LA TENEUR EN PHOSPHORE DE LEURS DEJECTIONS

Launay C.[1*], Guene E.[1], Davoust C.[3]

[1] ADM rue de l'église 02402 Chierry, [2] ADM 56250 Saint-Nolff,
[3] Wisium rue de l'église 02402 Chierry, France.

[*]Auteur correspondant : claire.launay@adm.com

Résumé –

Dans un essai conduit en cages individuelles, 120 lapereaux sont répartis en 3 lots et élevés de 35 jours à 70 jours d'âge. Chaque animal reçoit le même aliment durant les 35 jours d'engraissement. Les 3 aliments distribués diffèrent par leur teneur en phosphore, ils contiennent respectivement 0.57%, 0.46% et 0.37 % de phosphore. Ils sont iso-énergie, iso-protéine et acides aminés. Les animaux sont rationnés.
La viabilité, la morbidité, la consommation, le poids des animaux sont enregistrés. Les déjections sont récoltées en fin d'essai, leur teneur en phosphore est analysée.
La viabilité est élevée et la morbidité est faible dans les 3 lots.
Sur la globalité de la période d'engraissement, la consommation, la croissance et l'efficacité alimentaire ne différent pas selon la teneur en phosphore de l'aliment.
La teneur en phosphore des déjections décroit avec la baisse de la teneur en phosphore des aliments, elle est respectivement de 12,08 g/kg MS, 9,83 g/kg MS et 7,55 g/kg MS.

Abstract – Effect of the diet phosphorus content on the performances of fattening rabbits and on the manure Phosphorus content.
This trial was conducted with 120 rabbits in individual cages from 35 days to 70 days. They were divided in 3 batches. The phosphorus content of the 3 diets was: 0,57 %, 0,46% and 0,37 %. Digestible energy, protein and amino acids were the same. Rabbits were fed restricted.
Viability, morbidity, feed intake, growth were recorded. Faeces were collected at the end of the trial and analyzed. Viability was high and morbidity was very low in the 3 batches.
Over the total fattening period, feed intake, growth and feed conversion ratio did not differ according to the phosphorus content of the diet.
The phosphorus content of the faeces decreased with the decrease of the phosphorus content of the diet, respectively 12,08 g/kg DM, 9,83 g/kg DM and 7,55 g/kg DM.

Introduction

Les recommandations d'apport en phosphore dans les aliments pour lapins en engraissement sont variables selon les sources. Les travaux anciens avaient conduit l'INRA (1989) à proposer une teneur de 0,30%. Des travaux complémentaires ont été réalisés par Lebas (1998) et par Ritskes-Hoitinga (2004) avec des rations synthétiques. Les recommandations de Lebas (2004) pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive sont de 0,40% de 18 à 42 jours et de 0,45% de 42 à 75 jours. Eiben (2008) a comparé des aliments distribués à volonté et contenant 0,58, 0,45 et 0,35% de phosphore sans observer de différence de performances. Renouf (2009) a conclu que des animaux nourris à volonté avec des aliments contenant 16% de protéine et 0,60% ou 0,35 % de phosphore avaient une croissance identique (respectivement 44,3 g/j et 42,0 g/j de 36 à 66 jours).

L'évolution des performances liée à la génétique, la pratique de la maitrise quantitative et horaire de l'ingestion d'aliment et la possibilité dans certains pays d'utiliser des phytases exogènes dans les aliments nous amènent à nous interroger sur les besoins en phosphore des lapereaux et les apports minimaux à respecter pendant la phase d'engraissement.

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

L'essai s'est déroulé à la ferme expérimentale d'ADM Nutrition Animale située à Saint-Nolff (Morbihan, France). 120 lapereaux de lignée Optima PS 19 (Hyplus) issus du cheptel reproducteur de la ferme, ont été répartis en 3 lots de 40 lapereaux, homogènes en poids et élevés en cages individuelles de 35 à 70 jours d'âge. Ils ont reçu une quantité limitée d'aliment en un repas par jour : 100 g de 35 à 41jours, 120 g de 42 à 48

jours, 134 g de 49 à 55 jours, 150 g de 56 à 62 jours et 170g de 63 à 70 jours.
Les trois aliments expérimentaux ont des teneurs décroissantes en phosphore : 0,55%, 0,45% et 0,35%. L'aliment le plus riche en phosphore contient 0.37% de phosphate bicalcique, les principales matières premières sont le tourteau de tournesol, la luzerne et la pulpe de betterave. Les caractéristiques des aliments (valeurs calculées) sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des aliments

Aliment Phosphore	1 0,55%	2 0,45%	3 0,35%
MS %	87,3	87,4	87,9
Protéine %	16,0	16,0	16,0
Cellulose brute %	15,8	15,8	15,8
Cendres %	7,5	7,5	7,8
Calcium %	0,9	0,9	1,0
Energie digestible calculée (kcal/kg)	2450	2450	2450
Lysine %	0,74	0,74	0,74
AAS %	0,60	0,60	0,60

1.2. Mesures de l'ingestion, pesées des animaux et prélèvements des déjections

La viabilité a été enregistrée quotidiennement, la morbidité évaluée par examen externe chaque semaine au moment des pesées.
Les animaux ont été pesés à j35, j42, j49, j56, j63 et j70. La pesée des refus et le calcul des quantités consommées ont été réalisés chaque semaine, sur tous les animaux.
En fin d'essai, 12 lapins par lot ont été conservés, leurs fèces ont été récoltés durant 3 jours sous chaque cage et analysés (MS, MM, Phosphore et calcium).

1.3. Analyses statistiques

Le modèle statistique utilisé pour l'analyse des performances est une analyse de variance : one-way ANOVA (SS Type II) à un facteur (traitement, à 3 modalités). Pour l'analyse de la viabilité et de la morbidité, les comparaison sont réalisées par un test de χ^2.

2. Résultats et discussion

2.1. Performances de croissance

Les teneurs analysées en phosphore dans les 3 aliments étaient de 0,57%, 0,46% et 0,37%. L'incertitude analytique étant de 8%, les aliments étaient donc conformes aux valeurs attendues.

Un animal est mort au cours de l'essai, très peu d'animaux ont été morbides (de 0 à 1 animal par lot et par date de mesure), le statut sanitaire des animaux était très bon dans cet essai, l'IRS (indice de risque sanitaire) n'est pas différent selon les lots.

Les performance sont décrites dans le tableau 2.

Le niveau de performances de cet essai est cohérent avec les références de la souche (de 2446 à 2704g à 70 jours)

Tableau 2 : Performances de croissance

Aliment Phosphore	1 0,55%	2 0,45%	3 0,35%	ETR	
Poids 35j	1015	1015	1015	27,2	NS
Poids 49j	1566 b	1598 a	1584 ab	52,5	p=0,04
Poids 70j	2690	2717	2726	108,9	NS
GMQ 35-49	39,4 b	41,5 a	40,6 ab	3,70	p=0,04
GMQ 49-70	5,6	53,3	54,4	4,55	NS
GMQ 35-70	47,9	48,6	48,8	3,10	NS
IC 35-49	2,82	2,68	2,75	0,25	p=0,06
IC 49-70	2,84	2,85	2,79	0,24	NS
IC 35-70	2,84	2,8	2,78	0,18	NS

Poids en g, GMQ en g/j

La réduction du taux de phosphore des aliments et de l'ingestion de phosphore n'a pas eu d'effet négatif sur les performances de croissance ni sur l'efficacité alimentaire des aliments.
Cela conforte les résultats obtenus par Lebas (1998) sur des animaux de moindre croissance ou par Renouf (2009) avec des animaux nourris à volonté.

2.2. Composition des déjections

Les résultats des analyses des déjections récoltées sous chaque cage en fin d'essai sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Composition des déjections

Aliment Phosphore	1 0.55%	2 0.45%	3 0.35%	ETR	
MM % MS	11.9 a	10.8 b	10.8 b	0,6	p<0.001
P g/kg MS	12.08 a	9.83 b	7.55 c	1,4	p<0.001
Ca g/kg MS	19.61 a	17.20 b	17.02 b	1,4	p<0.001
P % MM	10.2 a	9.0 b	7 c	0,8	p<0.001
Ca % MM	16.5	15.8	15.7	0,6	p=0.05

MM : Matières minérales, P : Phosphore, Ca : Calcium

La réduction de la teneur en phosphore des aliments et de l'ingestion de phosphore des animaux a réduit (p<0.001) de manière linéaire la concentration en phosphore des déjections de 18% et de 37% respectivement. A partir de ces 3 taux de phosphore, nous pouvons calculer la relation suivante : Pfeces (g/kgMS)= 22,52 P (% de l'aliment) -1,66 (r^2=0,99), où Pfèces est la concentration en P des fèces. Ces taux de réduction sont légèrement inférieurs à ceux obtenus par Renouf (2009) qui avait observé une réduction de 50% de la concentration des déjections lorsqu'une réduction de 40 % était appliquée à la teneur en phosphore d'un aliment distribué à volonté. La teneur en calcium plus élevée des déjections dans le lot 1 semble montrer que le calcium apporté par le phosphate bicalcique serait moins digestible que celui apporté par les matières premières végétales.

Conclusions

La réduction de la teneur en phosphore des aliments de 0.55 % à 0.35 % dans un contexte d'ingéré maitrisé des lapereaux n'a pas entrainé de réduction des performances de croissance, ni de dégradation de l'efficacité alimentaire.
La réduction de l'ingéré en phosphore de 19% et 35 % a permis une réduction de 18% et 37% de la concentration en phosphore des déjections.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel de la ferme expérimentale de Saint-Nolff pour leur contribution à cette étude.

Références

Eiben Cs., Gippert T., Gódor-Surmann K., Podmaniczky B., Kustos K., 2008. Effect of dietary phosphorus reduction and phytase supplementation on growth of rabbits. Proceedings 9th World Rabbit Congress, 631-635

INRA, 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles 2ème édition. INRA Editions, Paris, p282.

F.Lebas, 2004. Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive. Cuniculture Magazine, vol 31 p2.

Lebas F., Lamboley-Gaüzère B., Delmas D., Auvergne A., 1998. Incidence du taux de phosphore alimentaire sur la croissance des lapins, leurs caractéristiques à l'abattage et la résistance mécanique des os. 7ème Journ. Rech. Cunicole, 171-174.

B.Renouf, N.Mascot, A.Picot. 2009. Réduction des apports de phosphore et de protéines dans l'alimentation des lapins en engraissement : intérêt zootechnique et environnemental. Cuniculture Magazine, vol 36 p9.

Ritskes-Hoitinga J, Grooten H.N.A, Wienk K.J.H., Peters M., Lemmens A.G., Beynen A.C. 2004. Lowering dietary phosphorus concentrations reduces kidney calcification, but does not adversely affect growth, mineral metabolism, and bone development in growing rabbits. British Journal of Nutrition, 91, 367-376.

COMPARAISON DE DEUX PROGRAMMES HORAIRES DE DISTRIBUTION D'ALIMENT AVANT SEVRAGE SUR LES PERFORMANCES DES LAPINES EN MATERNITE ET DE LEURS LAPEREAUX

Robert R.[1*], Barré C.[1], Rebours G.[2], Roy P.[3]

[1] HYPHARM, 3 La Corbière Roussay, 49450 Sèvremoine, France
[2] TECHNA France Nutrition, 41 rte de St Etienne de Montluc, 44220 Couëron, France
[3] CIAB Groupe, 2 rue de l'Industrie, ZA de l'Industrie, 85250 Saint Fulgent, France

[*]Auteur correspondant : raphael.robert@hypharm.fr

Résumé – Cet essai a eu pour objectif de comparer deux programmes horaires de distribution d'aliment avant sevrage sur les performances de lapines PS Hyplus OPTIMA en maternité et de celles de leurs lapereaux (issus du croisement avec des mâles PS59) avant sevrage et en phase d'engraissement. Deux groupes de 68 femelles de différents rangs de portée ont été constitués et suivis sur trois cycles consécutifs. De 28 à 35 jours d'âge (sevrage), un aliment croissance a été distribué pendant 24h chaque jour pour le lot Témoin (ad libitum), tandis qu'un arrêt de distribution de l'alimentation automatique de 8h par jour (entre 16h et 00h) a été effectué pour le lot Essai. Après sevrage les lapereaux des 2 lots ont eu le même programme alimentaire. L'objectif est d'identifier les conséquences de ce mode de restriction modérée avant sevrage sur les femelles en production et d'observer ses effets sur la survie des lapereaux, leurs performances de croissance et leurs poids. Aucun impact négatif n'a été mis en évidence sur les performances de production des femelles du lot Essai que ce soit pour la fertilité, la prolificité et le nombre de sevrés par femelles allaitantes. Les femelles du lot Essai ont eu une perte de poids légèrement supérieure aux femelles du lot Témoin pendant la période MB+28j à MB+35j sans effet statistique significatif (GMQ28-35 : cycle 1 : -20,7 *vs* -17,0 *p=0,27* ; cycle 2 : -25,5 *vs* -23,8 *p=0,64* ; cycle 3 : -23,8 *vs* -16,6 *p=0,07*). Il en a été de même sur l'évolution de leurs poids au cours des cycles consécutifs. Cette restriction modérée en pré-sevrage a montré une tendance à avoir des lapereaux avec une plus faible croissance et un poids plus faible avant sevrage pour le lot Essai (en grammes cycle 1 : 1038 *vs* 1051 *p=0,38* ; cycle 2 : 1031 *vs* 1046 *p=0,28* ; cycle 3 : 1001 *vs* 1023 *p=0,19*). Cette croissance a été ensuite compensée en phase d'engraissement avec des poids finaux supérieurs pour les lapins du groupe Essai (en grammes cycle 1 : 2659 *vs* 2555 *p=3,55^10-4* ; cycle 2 : 2730 *vs* 2683 *p=0,024* ; cycle 3 : 2671 *vs* 2683 *p=0,87*), malgré un rationnement quantitatif identique entre les 2 groupes post sevrage ; suggérant une meilleure valorisation alimentaire. La viabilité des lapines et des lapereaux ne diffère pas entre les 2 groupes (*p>0,05* pour tous les cycles). Cette pratique n'a pas nui à la productivité des lapines et des lapereaux ainsi qu'à leur viabilité, et justifie de nouvelles études avec notamment un relevé des consommations en pré-sevrage pour quantifier l'impact potentiel sur l'indice de consommation en maternité.

Abstract – The purpose of this study is to compare two hourly feed distribution programs before weaning on performances of PS Hyplus OPTIMA does in maternity and their kits (from crossbred with PS59 males) before weaning and during fattening period. Two groups of 68 females from different birth ranks were formed and followed over three consecutives cycles. Between 28 to 35 days old (weaning), a growth feed was distributed for 24h each day for the Control group (ad libitum), while an 8h/day automatic feed stop (between 4pm to midnight) was performed for the Test group. After weaning, rabbits from the two groups had the same food program. The objective is to understand the consequences of this method of moderate restriction before weaning on females in production and to identify its effects on the survival of young rabbits their growth performance and weight. No negative impact on the production performances of females in the Test group was found for fertility, prolificacy, and number of weaning kit per lactating doe. Test group females had slightly greater weight loss than Control group in the 28-35 days period with no significant statistical effect (AGD28-35: cycle 1: -20.7 *vs* -17.0 *p=0.27*; cycle 2: -25.5 *vs* -23.8 *p=0.64*; cycle 3: -23.8 *vs* -16.6 *p=0.07*). The same was true on evolution of their body weights in consecutives cycles. This moderate restriction in pre-weaning showed a tendency to have young rabbits with lower growth and weight for Test group before weaning. This growth was then offset in the fattening phase with higher final weights (in grams cycle 1: 2659 *vs* 2555 *p=3.55^10-4*; cycle 2: 2730 *vs* 2683 *p=0.024*; cycle 3: 2671 *vs* 2683 *p=0.87*), despite identical quantitative feeding for Control and Test groups; suggesting a better food valorization. Kits and does viability was not statistically different between the two groups (p>0.05 for all cycles). This practice did not affect the productivity of females and young rabbits, and their viability, and justifies new studies, including a survey of pre-weaning consumption to quantify the potential impact on feed conversion ratio in maternity.

Introduction

Afin de maîtriser au mieux l'état sanitaire des lapereaux en phase d'engraissement et maximiser leur survie face aux risques d'apparition de dérèglements digestifs, de nombreuses stratégies ont été étudiées et sont aujourd'hui utilisées dans les élevages commerciaux. Entre 22 et 35 jours d'âge, la part de l'alimentation solide du lapereau ne fait que s'accroitre, tout autant que la part d'alimentation lactée diminue (Orengo et Gidenne 2005). Avant le sevrage, en fin de maternité, les besoins nutritionnels des lapereaux et des lapines sont antagonistes : des besoins d'énergie élevés pour les lapines (qui sont à nouveau gestantes) ; et pour leurs lapereaux des besoins plus faible en énergie mais riche en fibres pour leur croissance et limiter le risque d'apparitions de troubles digestifs (Fortun-Lamothe et Gidenne 2003). Le meilleur compromis choisi en élevage consiste à distribuer aux animaux avant sevrage (femelles et lapereaux) un aliment moins riche en énergie et comprenant plus de fibres pour favoriser la santé des lapereaux. Puis une fois le sevrage réalisé, de nombreuses stratégies de restriction de l'ingéré alimentaire sont mises en place pour limiter l'apparition des troubles digestifs (Gidenne *et al.* 2012). Un ensemble d'études présentent ainsi des méthodes de rationnement après sevrage pour améliorer la survie des lapereaux en engraissement (Duperray *et al.* 2013-2016-2017; Gidenne *et al.* 2003-2012; Knudsen *et al.* 2015). Tous ces essais se sont concentrées sur la gestion de l'alimentation des lapereaux post-sevrage.

L'intérêt de cette étude a consisté à aborder scientifiquement l'impact d'une stratégie alimentaire, largement pratiquée sur le terrain par la Ciab et étudiée par Techna et Hypharm sous différents angles, qui consiste en restriction modérée des lapereaux avant sevrage et par voie de conséquence des femelles qui les allaitent. L'objectif est de déterminer si cette stratégie, peut avoir un impact positif sur l'état sanitaire et la croissance des lapereaux avant et après sevrage, tout en mesurant ses conséquences sur les performances des femelles en production lorsque ce mode de distribution est répété sur plusieurs cycles. Ce type de restriction a déjà été approché par Guené-Grand *et al.* (2019) mais uniquement sur un cycle de production, ce qui ne permettait pas de conclure sur l'impact long terme sur les lapines en production. Ainsi, l'originalité de cette étude réside dans le suivi des lapines allaitantes et leurs lapereaux sur plusieurs cycles consécutifs et la mesure de l'impact de cette stratégie sur leurs résultats de production (fertilité, prolificité, viabilité, poids).

1. Matériel et méthodes

1.1. Protocole expérimental

L'essai a été conduit dans un élevage Hypharm pendant le 1er semestre 2022. Les femelles identifiées pour les lots Témoin et Essai sont restées sur les deux mêmes rangées de cages tout au long de l'essai, et les lapereaux ont été suivis en engraissement (de 35 à 74 jours) dans une autre salle sur deux rangées de cages séparées. L'essai a été conduit sur 3 cycles de production consécutifs (cycle de 42 jours).

En maternité, 68 femelles PS Hyplus OPTIMA avec leurs portées ont été choisies pour chaque lot Témoin et Essai selon leur rang de portée. Ces mêmes femelles ont été suivies pendant les 3 cycles consécutifs uniquement si elles étaient allaitantes à chaque cycle. Pour le premier cycle étudié, le rang d'insémination moyen était de 4,5 puis de 5,7 et enfin 6,7 en cycles 2 et 3 respectivement. Le solde de lapereaux laissés aux femelles à MB+4 jours a été de 8 pour les femelles en 1ères mises bas, puis 9 pour les secondes et enfin 10 pour toutes les autres.

Pour le suivi en engraissement, 476 lapereaux issus de chaque lot ont été sélectionnés. Le choix des lapereaux était effectué en respectant le poids moyen de chaque lot. Les lapereaux étaient élevés en cages collectives de 7 lapins (soit 68 cages Témoin et 68 cages Essai ; 2 rangées différentes).

En maternité, un aliment commercial maternité était distribué de MB-7 à MB+25, puis un aliment commercial croissance a été utilisé de MB+26 jusqu'au sevrage (Tableau 1). C'est également cet aliment croissance qui a été utilisé pour toute la phase d'engraissement des lapereaux (de 35 à 74 jours).

A partir de MB+28 jours jusqu'à MB+35 jours (sevrage), le lot Témoin de lapines et leurs lapereaux avait une distribution sans restriction horaire (ad libitum) comparé au lot Essai pour lequel un arrêt de distribution d'aliment était effectué pendant 8h par jour entre 16h et minuit, soit une distribution de 16h par jour.

A partir du sevrage, les lapereaux (issus du croisement avec le mâle PS59) des deux lots ont été alimentés en suivant le même programme de distribution (77g à 35 jours puis +2g/jour) limité à 12h de distribution par jour (quantité estimée par l'automate de distribution).

Tableau 1 : Composition des 2 aliments de l'essai (en brut, valeurs étiquette)

Aliment maternité ; MB-7 - 25j	
Protéine brute %	17,5
Cellulose brute %	14,0
Matière grasse %	3,0
Aliment sevrage et engraissement ; 25-74j	
Protéine brute %	15,5
Cellulose brute %	17,2
Matière grasse %	3,2

1.2. Mesures et enregistrements réalisés

Les résultats maternité individuels ont été enregistrés pour chaque femelle : palpation, mise bas, nombre de nés totaux et nés vivants, nombre de lapereaux laissés à MB+4, nombre de lapereaux sevrés. Les femelles ont été pesées individuellement à MB+4j (après allaitement), à MB+11j (après l'insémination et l'allaitement), puis à MB+21j, MB+25j, MB+28j,

MB+32j et MB+35j. Les lapereaux étaient pesés par portées complètes au même moment que les femelles. En engraissement, un échantillon de 16 cages par lot a servi pour le suivi de la croissance hebdomadaire (pesées collectives des 7 lapereaux par cage), puis une pesée de l'ensemble des cages a été réalisée à 74 jours. Via l'automate de distribution, la durée de distribution quotidienne a été mesurée ainsi que l'estimation de la quantité d'aliment distribuée par lapin chaque jour.

1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées avec le logiciel R. Les données de poids des femelles et des lapereaux en maternité, ainsi que la prolificité et le nombre de sevrés ont été analysés par analyse de variance (ANOVA). Les données de fertilité et de mortalité ont été comparées par un test de comparaison de fréquence (Chi^2). L'effet retenu pour le modèle était le régime différencié en maternité entre MB+28j et MB+35j.

2. Résultats et discussion

2.1. Performances en maternité

L'analyse des performances en maternité comprend la fertilité (taux de palpation et taux de mise bas sur le nombre de femelles inséminées) ainsi que les résultats de prolificité en nombre de lapereaux nés totaux (NT) et nés vivants (NV) par mise bas réalisée. Les résultats sont présentés dans les tableaux 2 et 3. Ils concernent les résultats à partir du deuxième cycle, puis les cycles 3 et 4. En effet, le cycle 1 correspond à la mise en place de l'essai comparatif des régimes de distribution entre 28 et 35 jours, il n'y a donc pas d'effet sur les résultats.

Tableau 2 : Fertilité des lapines

Cycles 2-3-4	ESSAI	TEMOIN	*p-value*
Nb ♀ IA2	68	68	
%Palp2	97,1	91,2	*0,17*
%MB2	91,2	89,7	*0,79*
Nb ♀ IA3	55	55	
%Palp3	96,4	90,9	*0,27*
%MB3	94,5	89,1	*0,34*
Nb ♀ IA4	46	46	
%Palp4	97,8	93,5	*0,33*
%MB4	91,3	93,5	*0,75*

Tableau 3 : Résultats de prolificité des lapines

Cycles 2-3-4	ESSAI	TEMOIN	*p-value*
NT2	11,48	10,82	*0,29*
NV2	11,11	10,11	*0,12*
NT3	12,12	11,78	*0,62*
NV3	10,83	10,92	*0,91*
NT4	11,74	11,33	*0,41*
NV4	10,88	10,74	*0,87*

La dégressivité du nombre de lapines inséminées par cycle est liée à l'exclusion des femelles non allaitantes. Ainsi, toutes les femelles négatives ou n'ayant pas suffisamment de lapereaux à la mise bas ont été sorties de l'essai. Au global, l'état sanitaire du cheptel est très bon car sur la période des 3 cycles suivis, il y a eu 5 femelles mortes pour le lot ESSAI et 2 mortes pour le lot TEMOIN, principalement liée à des accidents de mise bas (soit une survie des femelles de 97% en Essai et 98% en Témoin ; p=0.26).

Pour les résultats de fertilité, comme de prolificité, il n'est pas mis en évidence de différence statistique des résultats liés au régime appliqué dans cette étude. Dans cette étude, l'arrêt de distribution pendant 8h/j de 16h à minuit entre MB+28j et MB+35j ne représente probablement pas une restriction sévère pour les lapines en quantité comme en durée, ce qui peut expliquer l'absence d'incidence sur les résultats de maternité. En effet, Brecchia *et al.* (2012) ont mis en évidence une forte baisse de la prolificité lors d'un rationnement jugé plus drastique sur des jeunes femelles en première gestation avec une distribution d'aliment à 90g/j entre 19 et 28 jours de gestation.

Pour les résultats du nombre de lapereaux sevrés et de viabilité avant sevrage, il n'est mis en évidence aucune différence entre les lots Essai et Témoin pour les 3 cycles suivis (Tableau 4). Muller *et al.* (2009) ainsi que Brecchia *et al.* (2012) ont constaté qu'un rationnement trop sévère des lapines provoque une baisse de la production laitière qui impacte directement la survie des lapereaux. Dans cette étude, le changement de mode de distribution de l'aliment n'a probablement pas eu d'effet délétère sur la production laitière et la viabilité des lapereaux car pratiqué en fin de période d'allaitement de la femelle (MB+28j à MB+35j)

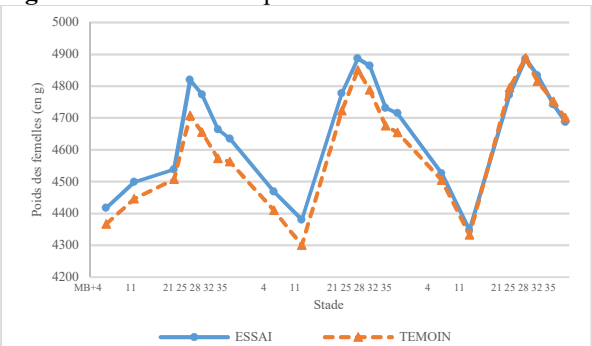
Tableau 4 : Nombre de lapereaux soldés et sevrés par femelles allaitantes par cycle

CYCLES 1-2-3	ESSAI	TEMOIN	*p-value*
SOLDE 1	9,26	9,28	*0,92*
SV/All 1	8,90	8,81	*0,65*
SOLDE 2	9,75	9,74	*0,83*
SV/All 2	8,96	9,16	*0,47*
SOLDE 3	10,00	10,00	*1*
SV/All 3	9,15	9,22	*0,78*

2.2. Evolution du poids des femelles

La mise en lot des femelles au démarrage de l'essai (Cycle 1) a été réalisée pour obtenir une homogénéité en rang d'insémination, sans intégrer le poids des lapines. Le poids moyen initial des femelles du lot Essai était plus élevé (+50g), mais ne différait pas du lot Témoin (p=0,39), comparés au lot Témoin. Au cours de l'étude, l'évolution des poids des femelles allaitantes montre une diminution du poids moyen des femelles du lot Essai qui converge vers celui des femelles du lot Témoin (Figure 1) sans mise en évidence de différence significative quelle que soit la pesée réalisée (p>0,05). Lors d'essais de rationnement de femelles en maternité Guené-Grand *et al.* (2019) et Muller *et al.* (2009) n'ont également pas mis en évidence de différences de poids des femelles allaitantes entre le lot rationné et le lot ad libitum, sachant que leur étude portait sur un seul cycle.

Figure 1 : Evolution du poids des femelles allaitantes



L'évolution de la croissance des femelles dans la période MB+28j à MB+35j, cycle par cycle (Tableau 5), indique une faible perte de poids des lapines du lot Essai comparé au lot Témoin, non significative en cycle 1 et cycle 2 avec une tendance significative en cycle 3 (p = 0,07). Il aurait été intéressant de prolonger l'essai pour observer la tendance plus long terme sur l'état corporel des lapines.

Tableau 5 : Perte de poids quotidienne des femelles allaitantes sur la période MB+28j à MB+35j

GMQ ♀ 28-35 (g/j)	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
Cycle 1	-20,7	±18,2	-17,0	±19,7	*0,27*
Cycle 2	-25,5	±20,3	-23,8	±15,9	*0,64*
Cycle 3	-23,8	±17,7	-16,6	±19,1	*0,07*

2.3. Poids des lapereaux en maternité

Les poids moyens de lapereaux par âge comparés pour chaque régime Essai et Témoin ne mettent pas en évidence de différence significative pour la majeure partie des pesées (Tableau 6). C'est uniquement en cycle 3 (à 4, 11 et 21 jours) que les lapereaux, issus des femelles en groupe Essai depuis 2 cycles, présentent des poids moyens légèrement plus faibles (-6%).
Au sevrage (35 jours), les lapereaux du groupe Essai, dont l'alimentation a été restreinte de 8h/j à partir de 28 jours d'âge, semblent plus légers que les lapereaux Témoin sans différence significative statistiquement : ce qui est identique au constat réalisé par Guéné-Grand et al. (2019). Toutefois, il y a une réelle tendance à une croissance plus élevée entre 28 et 35 jours (Tableau 7) pour les lapereaux Témoin (particulièrement pour les cycles 1 et 3).

Tableau 6 : Poids moyen des lapereaux par cycle

CYCLE 1

Age	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
4	109,2	±11,5	109,7	±10,0	*0,79*
11	222,8	±22,2	224,9	±21,2	*0,59*
21	384,6	±36,8	385,5	±39,1	*0,90*
25	503,3	±48,7	505,4	±51,4	*0,81*
28	641,2	±60,3	644,2	±61,4	*0,78*
32	855,0	±74,2	864,5	±76,8	*0,47*
35	1038,1	±69,2	1050,8	±79,7	*0,38*

CYCLE 2

Age	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
4	104,3	±14,1	106,7	±12,1	*0,33*
11	214,9	±25,1	218,2	±18,5	*0,44*
21	372,8	±53,5	377,5	±35,7	*0,59*
25	507,0	±74,8	510,2	±50,5	*0,79*
28	643,3	±79,4	646,9	±61,8	*0,79*
32	851,1	±81,8	865,8	±69,1	*0,31*
35	1031,4	±65,9	1045,8	±56,6	*0,28*

CYCLE 3

Age	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
4	101,0	±15,4	107,5	±10,7	*0,02*
11	209,3	±26,4	222,3	±20,0	*0,009*
21	353,2	±44,9	375,4	±41,4	*0,02*
25	482,7	±62,0	506,5	±53,4	*0,05*
28	612,5	±75,0	636,2	±63,6	*0,11*
32	820,0	±93,5	847,0	±68,8	*0,12*
35	1000,6	±82,1	1022,5	±54,3	*0,19*

Tableau 7 : Croissance 28-35 des lapereaux par cycle

GMQ lpx 28-35 (g/j)	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
Cycle 1	55,1	±3,8	56,7	±4,8	*0,06*
Cycle 2	54,4	±2,6	55,2	±2,9	*0,17*
Cycle 3	51,9	±4,4	53,8	±3,8	*0,05*

2.4. Lapereaux en engraissement

Le suivi de croissance des lapereaux en engraissement a été effectué, par échantillon, sur des cages complètes. A la fin de la période d'engraissement tous les lapereaux ont été pesés par cages. Ainsi il est possible de calculer le gain moyen quotidien (GMQ) par lot qui est présenté dans le tableau 8. On constate une croissance compensatrice exacerbée pour les lapereaux qui ont été limités en distribution d'aliment avant sevrage. Contrairement à l'étude présenté par Guené-Grand *et al.* (2019), nous avons ici le lot Témoin qui présente un poids plus faible de fin d'engraissement et cette différence est significative pour les deux premiers cycles d'engraissements (Engrais1 : -4,1% ; Engrais2 : -1,75% ; Engrais3 : +0,4%).

Tableau 8 : Poids de départ, de fin et GMQ par lot

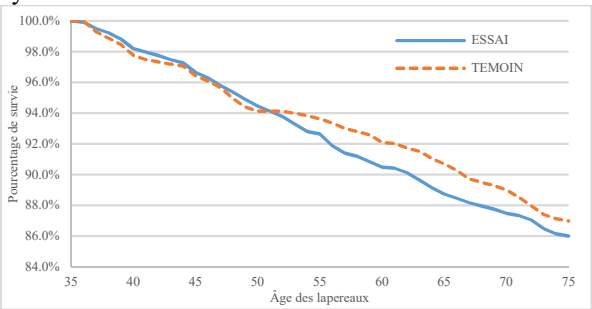
Engrais 1	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
Poids 35 jours	1038	±69	1051	±80	*0,38*
Poids 74 jours	2659	±136	2555	±188	*3,55^10^{-4}*
GMQ35-74	41,6		38,6		

Engrais 2	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
Poids 35 jours	1031	±65	1045	±57	*0,28*
Poids 74 jours	2730	±120	2683	±118	*0,024*
GMQ35-74	43,6		42,0		

Engrais 3	ESSAI		TEMOIN		*p-value*
Poids 35 jours	1001	±82	1023	±54	*0,19*
Poids 74 jours	2671	±330	2683	±331	*0,87*
GMQ35-74	42,8		42,6		

Pour la survie des lapereaux post sevrage, il n'est pas mis en évidence de différence significative pour l'ensemble des lots (p>0.1) (Figure 2).

Figure 2 : Survie des lapereaux en engraissement : synthèse des 3 lots



De nombreuses études ont montré l'intérêt du rationnement quantitatif, ou encore d'une mise à jeun quotidienne des lapereaux après le sevrage (Gidenne *et al.* 2003 ; Duperray *et al.* 2013 et 2016 ; Knudsen *et al.* 2015) sur le statut sanitaire des animaux et leur indice de conversion. En effet, une forte ingestion alimentaire sans restriction peut conduire à l'apparition de troubles digestifs exacerbés sur les lapereaux en engraissement. Dans cette étude, qui avait pour objectif de créer une restriction modérée pendant la semaine précédant le sevrage, l'effet semble neutre sur l'ensemble de la croissance au plan sanitaire ; avec une tendance favorable (2 cycles sur 3) sur les performances de poids 74j (en lien avec les GMQ 35-74j et par voie de conséquence les indices de consommation).

Conclusions

Cette étude avait pour but de créer une restriction modérée durant une semaine des lapereaux et donc de leurs mères avant sevrage et de valider qu'il n'y avait pas d'impact négatif sur les performances des femelles en production tout en cherchant à possiblement améliorer les performances de survie et de croissance des lapereaux en engraissement. Pour les femelles, les résultats de production ont montré qu'il n'y a aucun impact sur leurs performances. Pour les lapereaux, malgré un poids légèrement plus faible au sevrage, la croissance est rattrapée sans impact sur leur viabilité ; suggérant un bénéfice global sur le plan zootechnique. Il serait intéressant de réaliser de nouvelles investigations pour notamment jauger le niveau de restriction alimentaire réalisé par la vacuité horaire testée, en différenciant les ingérés des lapines et des lapereaux, afin de mieux comprendre et analyser les effets de la stratégie étudiée sur le plan technique et économique mais aussi mieux appréhender les possibilités techniques et limites physiologiques.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble de l'équipe d'élevage qui s'est mobilisée pour le suivi de l'essai et la qualité des données collectées.

Références

Brecchia G., Menchetti L., Cardinali R., Polisca A., Troisi A., Maranesi M., Boiti C., 2012. Effects of fasting during pregnancy in rabbit does. 10th World rabbit Congress, Sharm El-Sheikh (Egypt).

Duperray J, Guyonvarch A., 2013. Intérêt d'une mise à jeun quotidienne pour améliorer les performances des lapins en engraissement. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans (France).

Duperray J., Grand E., Launay C., Laurent J.M., Adelis R., 2016. Interest of a fasting period to improve growth performances of fattening rabbit. 11th World rabbit Congress, Qingdao (China).

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 des lapins en engraissement. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans (France).

Fortun-Lamothe L., Gidenne T., 2003. Besoins nutritionnels du lapereau et strategies d'alimentation autour du sevrage. INRA Prod. Anim. 16. P39-47.

Gidenne T., Feugier A., Jehl N., Arveux P., Boisot P., Briens C., Corrent E., Fortune H., Montessuy S., Verdelhan S., 2003. 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris (France).

Gidenne T., Fortun-Lamothe L., Combes S., 2012. Restreindre l'ingestion du jeune lapin : de nouvelles stratégies pour renforcer sa santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. INRA Prod. Anim. 25. P323-336.

Guené-Grand E., Davoust C., Poisson A., Launay C., 2019. 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. 18èmes Journées de la Recherche Cunicole, Nantes (France).

Knudsen C., Combes S., Briens C., Duperray J., Rebours G., Salaun J-M., Travel A., Weissman D., Gidenne T., 2015. La limitation post-sevrage de l'ing'stion, une pratique favorable à la santé et à l'efficacité alimentaire : des mécanismes physiologiques à l'impact économique. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans (France).

Muller N., Siliart B., Hurtaud J., Dile B., 2009. Impact d'une restriction alimentaire sur quelques paramètres zootechniques et biologiques chez la lapine. 13èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans (France).

Orengo J., Gidenne T., 2005. Comportement alimentaire et caecotrophie chez le lapereau avant sevrage. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris (France).

Reproduction

ÉTUDE DE LA FRACTION PROTEIQUE DU LAIT DE LAPINE DE LA POPULATION BLANCHE ALGERIENNE AU COURS DE LA PERIODE NEONATALE : LIEN AVEC LA MORTALITE PRECOCE DES LAPEREAUX

Amroun T. T[1*]., Zerrouki-Daoudi N[2] ., Martin P[3].,
Miranda G[3]., Charlier M[3].

[1]Laboratoire Biochimie Analytique et Biotechnologie, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie.
[2]Laboratoire Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie.
[3]Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, GABI, 78350 Jouy-en-Josas, France.

[*]Auteur correspondant : thilali_amroun@yahoo.fr

Résumé : Cette étude est basée sur l'hypothèse selon laquelle la qualité du lait ingéré durant la période critique qu'est la période colostrale, notamment au niveau de la fraction protéique, aurait un effet sur la viabilité des lapereaux. Des échantillons de lait collectés sur les animaux de la population blanche algérienne PB (n = 30) à deux stades de lactation, à la mise bas (L1) et au 10ème jour de lactation (L10) ont été collectés en vue d'une analyse fine de la fraction protéique. Ces échantillons ont été analysés par chromatographie en phase liquide couplée à un spectromètre de masse (LC-MS). Sur le plan quantitatif, les caséines α_{s1} et β sont majoritaires (50% des caséines totales à elles deux). La caséine α_{s2}-like est trois à quatre fois plus abondante (13,5%) que les caséines α_{s2} et κ (respectivement 4 et 2,7 % en moyenne). Parmi les protéines sériques, la whey acidic protein (WAP) est majoritaire (14,5%) et la lactoferrine est abondamment représentée (10%). Sur le plan qualitatif, trois variants de masses différentes ont été mis en évidence pour la caséine α_{s2} (Var Nat, Var B et C) et deux pour la caséine α_{s1} (Var Nat et Var B). La quantité relative des variants (B + C) de la caséine α_{s2} est toujours supérieure à celle du Variant Naturel (Var Nat) aux différents stades de lactation et principalement au stade L1 et sont associés à de forts taux de mortalité, ils sont donc considérés délétères. Il en est de même pour le variant B de la caséine α_1.
Cette étude révèle des effets significatifs de l'origine génétique du lait sur la viabilité des lapereaux, en particulier la présence de nouveaux variants génétiques des caséines α_{s1} et α_{s2} et ce, dès la période colostrale.

Abstract: Study of the protein fraction of rabbit milk from the white population during the colostral period: relationship with early mortality of kits. This study is based on the hypothesis that the quality of the milk ingested during the critical period of colostrum, especially the protein fraction, would have an effect on the viability of the young rabbits. Milk samples collected from animals of the Algerian white PB population (n = 30) at two stages of lactation, at parturition (L1) and at the 10th day of lactation (L10) were collected for a fine analysis of the protein fraction. These samples were analyzed by liquid chromatography-mass spectrometry (LC-MS). Quantitatively, αs_1 and β caseins are in the majority (50% of total caseins between them). The αs_2-like casein is three to four times more abundant (13.5%) than αs_2 and κ caseins (4 and 2.7%, respectively, on average). Among serum proteins, whey acidic protein (WAP) is in the majority (14.5%) and lactoferrin is abundantly represented (10%). Qualitatively, three variants of different masses were identified for casein αs_2 (Var Nat, Var B and C) and two for casein αs_1 (Var Nat and Var B). The relative amount of variants (B + C) of αs_2 casein is always higher than that of the Natural Variant (Var Nat) at different stages of lactation and mainly at L1 stage and are associated with high mortality rates, so they can be considered as deleterious as Var B of αs_1 casein. The same is true for the B variant of α_1 casein.

This study reveals significant effects of the genetic origin of the milk on the viability of the rabbits, in particular the presence of new genetic variants of caseins αs_1 and αs_2 and this, from the colostral period.

Introduction

En Algérie, bien que les populations locales de lapins existent et soient bien adaptées aux conditions climatiques, leur prolificité et leur poids sont trop faibles.

L'étude des performances de reproduction des lapines de la population blanche algérienne (PB) élevées dans la région de Tigzirt, a permis leur caractérisation (Amroun et al 2015 ; 2018 ; Zerrouki et al 2014 ; Lebas 2010).

La productivité au sevrage, exprimée en nombre de lapereaux sevrés par femelle et par portée et/ou par an s'avère très faible, surtout en période estivale. Ces faibles productivités sont liées à une forte mortalité durant la phase d'allaitement (Zerrouki et al 2014 ; Chibah-Aït Bouziad et al 2014) précisément au cours de la période colostrale.

Afin d'identifier les causes de cette forte mortalité, des études portant sur l'évaluation quantitative de la

production laitière ont été réalisées (Zerrouki et al 2012 ; Chibah-Aït Bouziad et al 2014).

L'aspect qualitatif du lait produit a été peu exploré, bien que des travaux sur les protéines du lait de lapine aient déjà été menés (Dawson et al 1993 ; Baranyi et al 1995 ; Pak et al 1999). En revanche, la relation entre la qualité du lait et la viabilité des lapereaux n'a jamais été abordée. L'objectif de cette étude est de mettre en relation la composition fine de la fraction protéique du lait de lapines de population blanche avec la viabilité des lapereaux dans les 10 premiers jours d'allaitement.

1.Matériel et méthodes

L'expérimentation s'est déroulée sur une période allant du mois de Mai 2015 au mois de Janvier 2016 dans une exploitation cunicole située dans la région de Tigzirt (Tizi Ouzou, Nord Algérien).

1.1. Animaux et échantillonnage

Trente lapines de la population blanche (PB) ont été suivies pendant trois cycles de lactation (21 jours) au cours desquels le taux de mortalité a été évalué spécifiquement durant la période néonatale. A la mise-bas, les portées ont été dénombrées, pesées et équilibrées à 8 lapereaux par femelle.

Des échantillons (n = 30) de lait sont collectés manuellement à deux stades différents : d'une part, à la mise bas (L1) et d'autre part, au 10ème jour de lactation (L10).

1.2. Analyses

1.2.1. Analyses par LC-MS

Sur les plans qualitatif et qualitatif, les échantillons de lait ont été analysés au moyen d'une technique analytique faisant appel au couplage de la chromatographie en phase liquide et de la spectrométrie de masse de type ESI-Tof (LC-MS).

Cette technique hautement résolutive, fiable et robuste permet une identification et une quantification des lactoprotéines majeures et de leurs principales isoformes résultant de modifications post traductionnelles (glycosylation et phosphorylation) ainsi que de nouveaux variants génétiques (Miranda et al 2020).

Les profils chromatographiques en UV 214nm ont été analysés à l'aide du logiciel Chromeleon (Chromeleon 7.0.0, Dionex, Thermo Fisher Scientific).

Les variants génétiques ainsi que les isoformes des lactoprotéines majeures ont été identifiés par comparaison des masses moléculaires observées aux masses moléculaires théoriques des lactoprotéines de lapine, répertoriées dans une base de données construite au laboratoire.

1.2.3. Analyses statistiques

Les données sont exprimées en moyennes ± SEM.

La mortalité néonatale a été évaluée par le test t-Student. L'effet de la composition protéique sur la mortalité des lapereaux a été évalué à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney U. Les différences sont estimées significatives quand $P < 0,05$.

2.Résultats et discussion

2.1. Mortalité des lapereaux

Sur les trois cycles de lactation, la période péri-mise bas, notamment la période colostrale est marquée par de forts taux de mortalité avec une perte moyenne de 4 lapereaux/portée soit 50%. La seconde et troisième semaine de lactation sont caractérisées par une stabilité des effectifs au sein des portées, la perte moyenne est de 1 lapereau/portée soit 12,50%.

2.2. Identification et quantification des lactoprotéines Majeures aux stades L1 et L10

La séparation, l'identification des protéines majeures a été effectuée, sur une colonne en phase inverse (RP-HPLC) en utilisant un gradient croissant d'acétone comme décrit précédemment par Amroun et al (2015). La quantification des lactoprotéines majeures a été réalisée après intégration de la surface des pics du chromatogramme à 214nm.

Les valeurs ont été exprimées en pourcentage de la surface totale des pics.

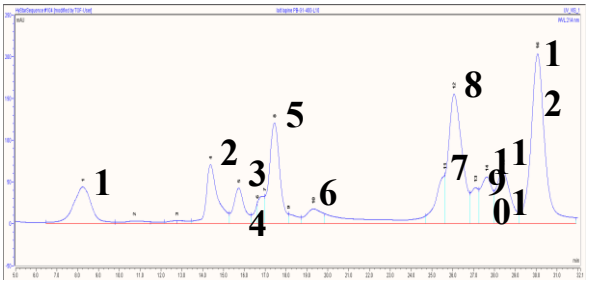


Figure 1 : Identification des lactoprotéines majeures du lait PB.

Pics 1**:** glycosylated κ -cas, 2: Lactoferrin, 3: αs_2 -cas, 4-5: WAP (Whey Acidic Protein), 6: α-lactalbumin + Serumalbumin, 7-8: αs_2-like cas, 9- 11: αs_1 -cas, 12: β -cas

Aux stades L1 et L10, les caséines α_{s1} et β sont majoritaires (50% des caséines totales à elles deux). La caséine α_{s2}-like est trois à quatre fois plus abondante (13,5%) que les caséines α_{s2} et κ (respectivement 4 et 2,7 % en moyenne). Parmi les protéines sériques, la whey acidic protein (WAP) est majoritaire (14,5%) et la lactoferrine est abondamment représentée (10%) comparativement au lait d'autres espèces (environ 1% chez les caprins et les bovins).

La lactoferrine est également présente en quantité importante dans le lait de femme (15% ; Martin et Grosclaude, 1993) et de camélidés (22% ; Kappeler, 1998). Il est intéressant de noter que le rapport caséines/protéines solubles dans le lait de lapine (70/30) est différent de celui observé chez les ruminants (80/20 chez les bovins) ou chez la femme (40/60) (Martin et Grosclaude, 1993).

Tableau 1 : Quantification relative (% du total des pics du chromatogramme) des protéines majeures du lait de lapines PB à deux stades de lactation (L1 et L10).

Caséines	κ	2,9 ± 0,3
	α_{s2}	3,8 ± 0,2
	α_{s2}-like	13,8 ± 0,1
	α_{s1}	23,3 ± 0,1
	β	26,9 ± 0,1
Total caséines		70,6 ± 0,0
Protéines sériques	Lactoferrine	9,6 ± 0,1
	WAP	14,7 ± 0,7
	α-Lac + SA	2,2 ± 0,1
Total protéines sériques		26,5 ± 0,1
Autres pics		2,9 ± 0,3
Total		100

Les valeurs indiquées correspondent à la moyenne ± SEM
α-Lac : α Lactalbumine ; SA : Sérum Albumine

La séparation, l'identification et la quantification des lactoprotéines majeures aux stades L1 et L10 par LC-MS ne mettent en évidence aucune différence quantitative au niveau des caséines et des protéines sériques totales.

2.3.Identification des variants génétiques des lactoproteines majeures du lait PB

L'analyse des profils chromatographiques ont permis l'identification de trois nouveaux variants génétiques ainsi que les isoformes (Tableau 1).

Cette identification a été réalisée par comparaison des masses moléculaires observées aux masses moléculaires théoriques des lactoprotéines de lapines répertoriées dans une base de données construite au laboratoire. Ainsi, trois variants de masses différentes ont été mis en évidence pour la caséine α_{s2} (Var Nat, Var B et C) et deux pour la caséine α_{s1} (Var Nat et Var B) (Tableau 2).

Tableau 2 : Détermination des variants génétiques des lactoprotéines du lait de la lapine PB.

	Variants	Masse théorique (Da)	Masse observée (Da)
Cas κ	Variant Nat	18019	
Cas α_{s2}	Variant Nat	19927	
	Variant B		20813
	Variant C		20887
WAP	Variant Nat	11681	
Cas α_{s2}-like	Variant Nat	19646	
Cas α_{s1}	Variant Nat	23972	
	Variant B		23857
Cas β	Variant Nat	24536	

2.3.1. Quantification des variants génétiques des caséines α_{s1} et α_{s2} aux stades L1 et L10

Dans la lignée PB, la quantité relative des variants (B + C) de la caséine α_{s2} est toujours significativement supérieure à celle du Variant Naturel aux deux stades de lactation et principalement au stade L1 (colostrum) où ils représentent un ratio de 4 (Tableau 3).

Le VN quant à lui augmente d'un facteur 7 entre les stades L1 et L10.

En revanche, le nouveau variant de la caséine αs_1 (Variant B) est toujours en quantité relative inférieure à celle du variant naturel aussi bien en L1 qu'en L10. On note cependant une diminution du Variant B au stade L10.

Tableau 3 : Quantification relative (% du total des pics du chromatogramme) des protéines majeures et génétiques des caséines αs_1 et αs_2du lait de lapines PB à deux stades de lactation (L1 et L10).

Laits PB (n=30)		L1		L10	
		Moyenne	*SEM*	Moyenne	*SEM*
α_{s2}	Var Nat	0,2	0,1	1,6	0,4
	Var B	0,5	0,1	1,4	0,4
	Var C	0,4	0,1	1,0	0,2
	Var B + Var C	$0,8^{**}$	0,2	$2,4^{***}$	0,4
α_{s1}	Var Nat	$17,8^{***}$	2,4	$17,4^{***}$	1,7
	Var B	8,0	2,0	5,8	1,6

Var Nat : Variant Naturel ; Var B : nouveau Variant B ; Var C : nouveau Variant C ; Var B + Var C : somme des 2 nouveaux Variants

2.3.23. Corrélation entre la nature des variants génétiques et la mortalité néonatale

2.2.3.1.Caséine αs_2

Les résultats des tests statistiques montrent une corrélation significative (test Mann-Whitney) entre la présence des allèles B ou C au locus de la caséine α_{s2} et la mortalité néonatale chez les lapereaux de la lignée PB (Tableau 4).

Tableau 4: Relation entre la mortalité néonatale et la présence des variants de la caséine α_{s2} chez les individus PB.

Génotypes	Taux de mortalité	Test Man-Whitney	Test Student
B/B	54,1 ± 3,0%	S	-
VN/B	15,4 ± 1,8 %	S	NS
VN/VN	11,7 ± 1,3 %	S	-
B/C	38,4 ± 4,5%	S	-

VN : Variant Naturel ; B : nouveau Variant B ; C : nouveau Variant CS: différence significative ; NS : différence non significative ;

Cette mortalité est plus forte chez les individus homozygotes (B/B) au locus de la caséine $\alpha_{s2,}$ que chez les individus hétérozygotes (B/VN) et (B/C).

Chez les individus hétérozygotes (B/C) le taux de mortalité reste élevé (38,4%), mais moins important

toutefois que chez les individus homozygotes (B/B, 15,4%).

Ces résultats suggèrent que la présence de l'allèle B de la caséine α_{s2} est associé à un taux de mortalité élevé, et l'allèle C de la caséine $\alpha_{s2,}$ entraîne également un effet délétère, mais toutefois moins marqué que celui de l'allèle B. L'allèle VN de la caséine α_{s2}, pour sa part, n'est pas associé à un caractère délétère puisque le taux de mortalité (11,7%) des individus homozygotes (VN/VN) correspond à un taux normal de mortalité dans une population d'élevage standard.

En revanche il est à noter que la présence de l'allèle VN associé à l'allèle B, entraîne une forte diminution de l'effet délétère de ce dernier (15,3 %).

2.2.3.2. Caséine α s_1

Les résultats des tests statistiques montrent également qu'il existe une corrélation positive, entre la mortalité néonatale des lapereaux PB et la présence de l'allèle B au locus de la caséine α_{s1} (Tableau 5). L'effet délétère de l'allèle B au locus de la caséine α_{s1}, semble toutefois moins marqué que celui de l'allèle B au locus de la caséine α_{s2} (respectivement 31,9 ± 6,2% et 54,1 ± 3,0%).

Tableau 5 : Relation entre la mortalité néonatale et la présence du variant B de la caséine α_{s1} chez les individus PB.

Génotypes	Taux de mortalité	Test de Student
VN/B	31,9 ± 6,2 %	S
VN/VN	12,3 ± 1,1 %	NS

VN : Variant Naturel ; B : nouveau Variant B S: différence significative ; NS : différence non significative ;

Conclusion

Les résultats obtenus au cours de ce travail ont permis d'améliorer nos connaissances sur la relation entre la composition du lait et la viabilité précoce des lapereaux élevés par des lapines de la population blanche algérienne.

L'analyse de la fraction protéique du lait par LC-MS a permis de révéler l'existence de nouveaux variants génétiques des caséines αs_2 et αs_1 corrélés avec un fort taux de mortalité au cours de la période colostrale.

L'analyse des taux de mortalité au cours de cette période, suggère que les laits contenant le variant B de l'αs_2-caséine, sous forme homozygote (B/B), et le variant B de l'αs_1-caséine, même sous forme hétérozygote (VN/B) pourraient constituer l'un des éléments qui seraient responsables la mortalité précoce des lapereaux des portées PB.

Références bibliographiques

Amroun, T. ; Bianchi, L. ; Zerrouki-Daoudi, N. ; Bolet, G. ; Lebas, F. ; Charlier, M. ; Devinoy, E. ; Martin, P. ; Miranda, G. 2015. Caractérisation de la fraction protéique du lait produit par deux types génétiques de lapine de la région de Tizi Ouzou. *Journées de la Recherche Cunicole Le Mans (FRA). In : 16èmes Journées de la Recherche Cunicole. Paris (FRA) : ITAVI-Institut Technique de l'Aviculture (Cuniculture Magazine).*

Amroun T. T., Zerrouki-Daoudi N. et Charlier M. **2018.** Mortalité de lapereaux de population blanche et de souche synthétique : effets des variations saisonnières et de la production laitière des lapines. *Livestock Research for Rural Development. Vol 30, Article 14.* Retrieved January12, 2018, from http://www.lrrd.org/lrrd30/1/thil30014.html.

Baranyi M., Brignon G., Anglade P., Ribadeau-Dumas B. 1995. New data on the proteins of rabbit (Oryctolagus cuniculus) milk. *Comp. Biochem. Physiol.111, 407-415.*

Chibah-Ait-Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., Amroun-Laga T., Lebas F. 2014. Effet de la taille de portée née ou allaitée sur la production laitière de lapines de deux types génétiques élevées dans des conditions d'élevage rationnelles. *7èmes Journées de la Recherche sur les Productions Animales. 10-11 novembre, Tizi-Ouzou Algérie.*

Dawson S.P., Wilde C.J., Tighe P.J., Mayer R.J. 1993. Characterization of two novel casein transcripts in rabbit mammary gland. *Biochem. J. 296:777-784.*

Kappeler S. 1998. Compositional and structural analysis of camel milk proteins with emphasis on protective proteins. Thèse d'université. Swiss Federal Institute Of Technology,Zurich.

Lebas F., Gacem M., Meftah I., Zerrouki N., Bolet G. 2010. Comparison of reproduction performances of a rabbit synthetic line and of rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations - *First results. 6th Conference on Rabbit Production in Hot Climates, Assiut (Egypt). 6pp.*

Martin P., Grosclaude F. 1993. Improvement of milk protein quality by gene technology. *Livestock Pro. Sci., 35: 95-115.adrid, VI, 481.*

Miranda G., Bianchi L, Krupova Z., Trossat P., Martin P. 2020. An improved LC-MS method to profile molecular diversity and quantify the six main bovine milk proteins, including genetic and splicing variants as well as post-translationally modified isoforms. *Food Chemistry (under press).*

Pak K.W., Kim S.J., Min W.K., Pak I.Y., Huang H., Kim S.W., Lee K.K. 1999. Cloning of the rabbit alpha-lactalbumin gene and characterization of its promoter in cultured mammary-cells. *Submitted to the EMBL/DDBJ databases.*

Zerrouki N., Chibah K., Amroun T., Lebas F. 2012. Effect of the average kits birth weight and of the number of born alive per litter on the milk production of Algerian white population rabbit does. *In Proceedings 10th World Rabbit Congress, September 3-6, Sharm-El-Sheikh, Egypt.ISSN:http://wordrabbitscience.*

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. Science, 2014, 22: 269-278.*

VARIABILITE DE LA COMPOSITION EN OLIGOSACCHARIDES DU LAIT ET LIEN AVEC LA CARRIERE REPRODUCTIVE DES LAPINES ET LA VIABILITE DES LAPEREAUX AU SEVRAGE

Combes S.[1*], Helies V.[1], Paccanelli M.[1], Lille-Laroucau C.[1], Ruesche J.[1], Poli M.[1], Rumeau M.[1], Beaumont M.[1], Knudsen C.[1], Venot E.[2], Cholet S.[2], Fenaille F.[2]

[1] GenPhySE, INRAE, Université de Toulouse, 31326 Castanet Tolosan, France.
[2] Université Paris-Saclay, CEA, INRAE, Département Médicaments et Technologies pour la Santé (DMTS), MetaboHUB, 91191 Gif-sur-Yvette, France

[*]Auteur correspondant : sylvie.combes@inrae.fr

Résumé – Les oligosaccharides qui composent le lait des mammifères présentent des propriétés immunomodulatrices, antiinflammatoires et interviennent dans le développement de la barrière intestinale et du microbiote digestif. La composition en oligosaccharides du lait pourrait ainsi jouer un rôle important dans la survie du lapereau jusqu'au sevrage. Toutefois cette composition n'est pas encore décrite chez le lapin. L'objectif de cette étude était d'évaluer la diversité de la composition en oligosaccharides du lait dans un troupeau de lapines de lignée INRAE 1777. Le lait a été prélevé sur 67 lapines entre le 8ème et le 10ème jour de la seconde lactation. Les oligosaccharides ont été purifiés et analysés par spectrométrie de masse (MALDI-ToF). Les performances reproductives des 67 femelles et la viabilité des lapereaux au sevrage ont été enregistrées au cours de 7 cycles de reproduction. A partir de la composition en monosaccharides, nous avons pu mettre en évidence un total de 37 structures différentes dont 3 seulement étaient présentes dans les laits de toutes les lapines avec une large dominance des isomères du Sialyllactose (70 ± 13 %). Le nombre médian d'oligosaccharides dans le lait de lapine était de 13 avec un minimum de 7 et un maximum de 26. Les formes sialylées dominent les profils d'oligosaccharides des laits de lapine (83% de l'abondance relative), toutefois 15 (sur 37) structures sont fucosylées (13 % de l'abondance relative). Les relations entre la composition en oligosaccharides et les performances reproductives des lapines sont modérées. Cependant, nous avons pu identifier une relation négative entre le nombre de lapereaux sevrés total ou rapporté à la longévité de la femelle et l'abondance relative des isomères du Sialyllactose. La mortalité de la naissance au sevrage est négativement liée à l'abondance relative de Hex3_HexNAc2_Fuc1 et positivement avec le Disialyllacto-N-hexaoses (DS-LNH : Hex4_HexNac2_NeuAc2). Cette étude a permis de caractériser pour la première fois la composition en oligosaccharides du lait de lapine. Proche de la composition des laits de truie, celle-ci se distingue notamment par une prévalence et une abondance plus importante des formes fucosylées. Les liens entre cette composition et la viabilité des lapereaux laissent entrevoir la possibilité de développement d'un aliment enrichi en oligosaccharides pour les lapereaux allaités.

Abstract – Variability of milk oligosaccharide composition and its relationship with the reproductive career of females. Mammalian milk oligosaccharides have immunomodulatory and anti-inflammatory properties and are involved in the maturation of the intestinal barrier and digestive microbiota. The oligosaccharide composition of milk could thus play an important role in the survival of the rabbits until weaning. However, this composition has not yet been described in rabbit. The objective of this study was to evaluate the diversity of the oligosaccharide composition of milk in a rabbit herd of the INRAE 1777 line. Milk was collected from 67 female rabbits between days 8 and 10 of the second lactation. Oligosaccharides were purified and analysed by mass spectrometry (MALDI-ToF). The reproductive performances of the 67 females were recorded during 7 breeding cycles. Based on the monosaccharide composition, we were able to identify a total of 37 different structures, of which only 3 were present in the milk of all females, with a large predominance of Sialyllactose isomers (70 ± 13%). The median number of oligosaccharides in rabbit milk was 13 with a minimum of 7 and a maximum of 26. Sialylated forms dominated the oligosaccharide profiles (83% of relative abundance), while 15 structures were fucosylated (13 % of relative abundance). The relationships between oligosaccharide composition and the productive performances of the rabbits are moderate. However, we were able to identify a negative relationship between the number of weaned rabbits, in total or expressed by day of longevity, and the relative abundance of Sialyllactose. Birth to weaning mortality was negatively related with the relative abundance of Hex3_HexNAc2_Fuc1 and positively related with Disialyllacto-N-hexaoses (DS-LNH: Hex4_HexNac2_NeuAc2). This study allowed us to characterize for the first time the oligosaccharide composition of rabbit milk. The composition of rabbit milk is similar to that of sow's, but it is distinguished by a higher prevalence and abundance of fucosylated forms. The links between this composition and young rabbit viability suggest the possibility of developing an oligosaccharide-enriched feed for suckling rabbits.

Introduction

Le lait apporte au nouveau-né des composés nutritionnels indispensables à sa croissance mais également des composés non nutritionnels tels que les oligosaccharides libres. Dans le lait humain, ils représentent le 3ème constituant après le lactose et les lipides (Urashima et al., 2012). Ces polymères jouent un rôle de préservation de la santé en limitant l'adhésion des pathogènes chez le nouveau-né. Ils présentent également des propriétés immunomodulatrices et antiinflammatoires et interviennent dans le développement de la barrière intestinale (Bode and Jantscher-Krenn, 2012). Indigestibles par l'hôte, ces prébiotiques du lait constituent un substrat pour le microbiote du nouveau-né. Leur rôle dans la construction de la santé serait particulièrement prégnant chez les espèces peu matures à la naissance (Urashima et al., 2016). Ainsi dans les laits humains, plus de 200 structures (Remoroza et al., 2020) ont été identifiées tandis que dans les laits de vaches ou de truies, ce nombre est largement inférieur avec 55 et 39 structures identifiées respectivement (Albrecht et al., 2014; Aldredge et al., 2013). Le lapin, espèce nidicole, est particulièrement immature à la naissance : les lapereaux naissent nus, aveugles et incapables de se mouvoir hors de leur nid, leur survie dépend d'une seule prise de lait quotidienne sans autre contact avec leur mère. Si la composition en oligosaccharides du lait a été évaluée dans de nombreuses espèces (primates, ruminants, éléphants, carnivores, cétacés, marsupiaux, monotrèmes), aucune donnée n'est disponible chez le lapin (Urashima et al., 2016).

L'objectif de cette étude était d'obtenir les premières données relatives à la diversité des oligosaccharides du lait de lapine. Nous avons également évalué les liens entre la variabilité de cette composition en oligosaccharides des laits prélevés entre le 8ème et le 10ème jour de la lactation à la 2nde mise bas, les performances reproductives des lapines suivies sur 7 cycles reproductifs et la viabilité des lapereaux qu'elles élèvent.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux

Le protocole a porté sur un total de 67 femelles de souche INRAE 1777 élevées dans l'Installation Expérimentale INRAE de GenPhySE (site PECTOUL de Langlade) et conduites en deux cohortes avec un intervalle entre inséminations artificielles (IA) de 42 jours. Les lapines ont été alimentées à volonté avec un aliment commercial (STABIMAT INRA, Terrya, Rignac, France) et n'ont reçu aucun traitement antibiotique. L'âge à la première IA était de 19,4 semaines.

1.2. Prélèvements de lait

Les prélèvements de lait ont été effectués entre le 8ème et le 10ème jour de la lactation à la 2nde mise bas. Les boites à nid ont été fermées la veille du prélèvement. Les prélèvements de lait ont été réalisés selon la procédure modifiée décrite par Lebas (1970) sans injection d'ocytocine avec une machine à traire (dispositif avec téterelle adaptée utilisant une pompe à vide pour tirer le lait). Le matin du prélèvement, les femelles sont mises en contact avec leurs lapereaux pendant 30 secondes, puis retirées. Après collecte de 2-3 ml de lait, la lapine est replacée immédiatement avec ses lapereaux dans la boite à nid pour la poursuite de l'allaitement.

1.3. Performances reproductives

Les performances reproductives ainsi que la viabilité des lapereaux ont été étudiés sur 7 cycles. Le nombre de portée, le nombre de lapereaux nés totaux et nés vivants, le nombre de lapereaux élevés après adoption, le nombre de lapereaux sevrés ont été enregistrés pour chaque femelle. Si l'état sanitaire n'était pas jugé satisfaisant, les femelles n'étaient pas inséminées. Les femelles étaient réformées si elles présentaient un abcès ou d'autres problèmes liés à la reproduction, des blessures (maux de pattes), un mauvais état général (c'est-à-dire un faible poids vif ou une faible consommation d'aliments). La longévité a été évaluée par l'âge à la dernière mise-bas exprimé en nombre de jours. Le nombre cumulé de lapereaux sevrés rapporté à la longévité de la femelle (SV_long) a été calculé.

1.4. Analyses du profil d'oligosaccharides du lait.

La détermination de la composition en oligosaccharides du lait a été réalisée par spectrométrie de masse MALDI-TOF (matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight). Les oligosaccharides ont été extraits des laits de lapine après une étape de délipidation à froid puis par extraction sur phase solide selon le protocole décrit par (Oursel et al., 2017). Les oligosaccharides extraits et purifiés ont été perméthylés puis analysés par MALDI-TOF (Bruneel et al., 2018). La mesure de la masse précise des oligosaccharides (<10ppm) permet notamment d'accéder à leurs compositions en monosaccharides. Les proportions des différents oligosaccharides ont été obtenues en divisant l'intensité d'un oligosaccharide par la somme des intensités de tous les oligosaccharides détectés.

1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R (version 4.1.0.). La variabilité des profils d'oligosaccharides a été visualisée par clustering hiérarchique (méthode de Ward et distance Euclidienne). Les relations entre les profils d'oligosaccharides des laits des 67 lapines déterminés lors de la seconde lactation et les performances reproductives sur les 7 cycles de production ont été

évaluées par régression PLS (Rohart et al., 2017) en utilisant ASTERICS (Magné et al., 2022) (https://asterics.pages.mia.inra.fr/).

2. Résultats et discussion

2.1. Performances du troupeau de lapines

Parmi les 67 femelles prélevées en seconde lactation, 62 (92,5%) ont été ensuite inséminées 3 fois, 36 (53.7 %) ont été inséminées 6 fois et 26 (38,8%) 7 fois. Le taux de fertilité de la 3ème à la 7ème IA, était de 72,6%, 76,9%, 86,0%, 69,4% et 76.9% respectivement. La longévité (âge à la dernière mise bas) maximale était de 421 jours tandis que la longévité médiane (qui correspond à l'âge où 50 % des femelles présentes ont encore mis bas dans le troupeau) était de 378 jours. Sur l'ensemble des 7 cycles reproductifs, 3107 lapereaux sont nés vivants (min 17 – max 88 nés vivants par femelle). Compte tenu des éliminations au moment de l'égalisation des portées, 2811 lapereaux (90,4 %) ont été allaités (min 19 – max 68 lapereaux allaités par femelle) et 85.3 % ont été sevrés (min =15 et max = 63 lapereaux sevrés par femelle).

2.2. Variabilité de la composition en oligosaccharides des laits de lapine

Initialement nommés "facteur bifidogène " en raison de leur action sur la croissance des bifidobactéries chez le nouveau-né humain (Gyorgy et al., 1954), les oligosaccharides du lait sont les premiers prébiotiques disponibles chez le nouveau-né. Ils sont majoritairement composés de trois à une dizaine d'unités monosaccharidiques, et sont construits à partir de 5 monosaccharides que sont le glucose, le galactose, la N-acétyl-glucosamine, le fucose et les résidus d'acide sialique (acide N-acétylneuraminique). La variabilité des combinaisons de monosaccharides et de leurs liaisons dépend de l'action de différentes glycosyltransférases, ce qui donne des structures complexes linéaires ou ramifiées avec des extrémités aldéhydes réductrices. La méthodologie d'analyse par spectrométrie de masse permet d'identifier après purification les oligosaccharides en fonction de leur masse et d'en déduire ainsi leur composition en monosaccharides sans toutefois résoudre les isoméries de structures. Nous avons ainsi pu mettre en évidence un total de 37 compositions différentes dont 3 seulement sont présentes dans tous les laits prélevés (figure 1).

Parmi ces 3 structures, sont présents (i) les isomères du Sialyllactose (Hex2_NeuAc) largement majoritaires avec une abondance relative de 71 ± 13% (figure 2); (ii) les isomères du lacto-N-fucopentaose (Hex3_HexNAc1_Fuc1) avec une abondance relative de 6.5± 5.3% et ceux du Lacto-N-Triaose (Hex2_HexNAc1 ; 1,8 ± 2,0%) (figure 2). A l'inverse 4 structures ont été identifiées de manière unique et correspondent à des molécules de plus grands poids moléculaire et constituées de 10 monosaccharides. Ces caractéristiques de profils sont similaires à celles observées dans les laits de truie. En effet avec une technique similaire, Trevisi et al (2020) rapportent la détection de 21 structures dans le colostrum de 83 truies dont 5 seulement sont détectées sur l'ensemble des femelles. De même, la dominance du Sialyllactose est également retrouvée dans une moindre mesure (26 %) dans le lait de truie (Salcedo et al., 2016).

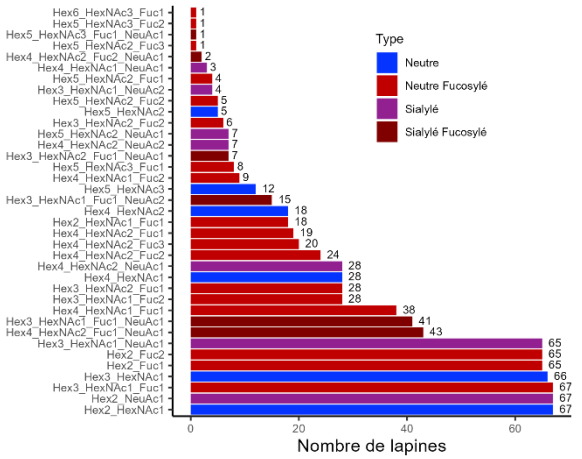


Figure 1 : Prévalence des oligosaccharides dans les 67 laits de lapines prélevés entre le 8ème et le 10ème jour en 2nde lactation. (Hex : glucose ou galactose, HexNAc : N-acétylhexosamine; Fuc : fucose ; NeuAc : acide N-acétylneuraminique)

D'un point de vue qualitatif, 16% des structures sont neutres (dépourvues de fucose ou d'acide sialique) tandis que 49 % sont neutres et fucosylées et 16% sont fucosylées et sialylées (figure 1). Compte tenu de l'abondance du sialyllactose dans les laits de lapine, les formes sialylées dominent quantitativement. Toutefois, les formes fucosylées représentent 13% des abondances relatives contre 9% et 1 % dans les laits de truies et de vache (Salcedo et al., 2016).

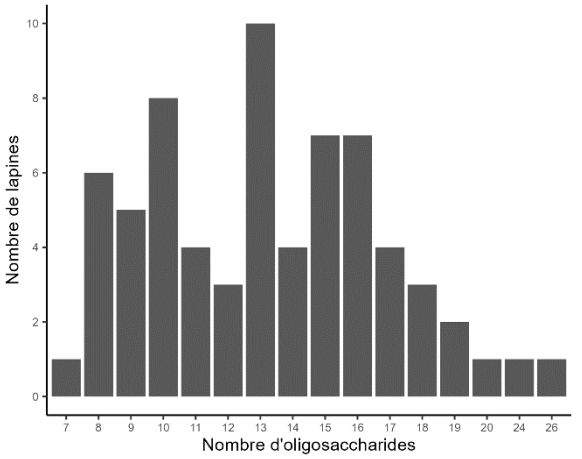


Figure 2 : Richesse en oligosaccharides des laits de 67 lapines prélevées entre le 8ème et le 10ème jour en 2nde lactation

L'analyse des 67 laits montre une importante variabilité en termes de richesse en oligosaccharides (figure 2). En effet, le nombre d'oligosaccharides

identifiés dans les laits varie de 7 à 26 structures avec une valeur médiane de 13. Ainsi, le lait de lapine à l'instar de celui de la truie, de vache ou de la chèvre présente également une richesse en oligosaccharides relativement faible au regard de celle observée dans le lait humain (Salcedo et al., 2016).

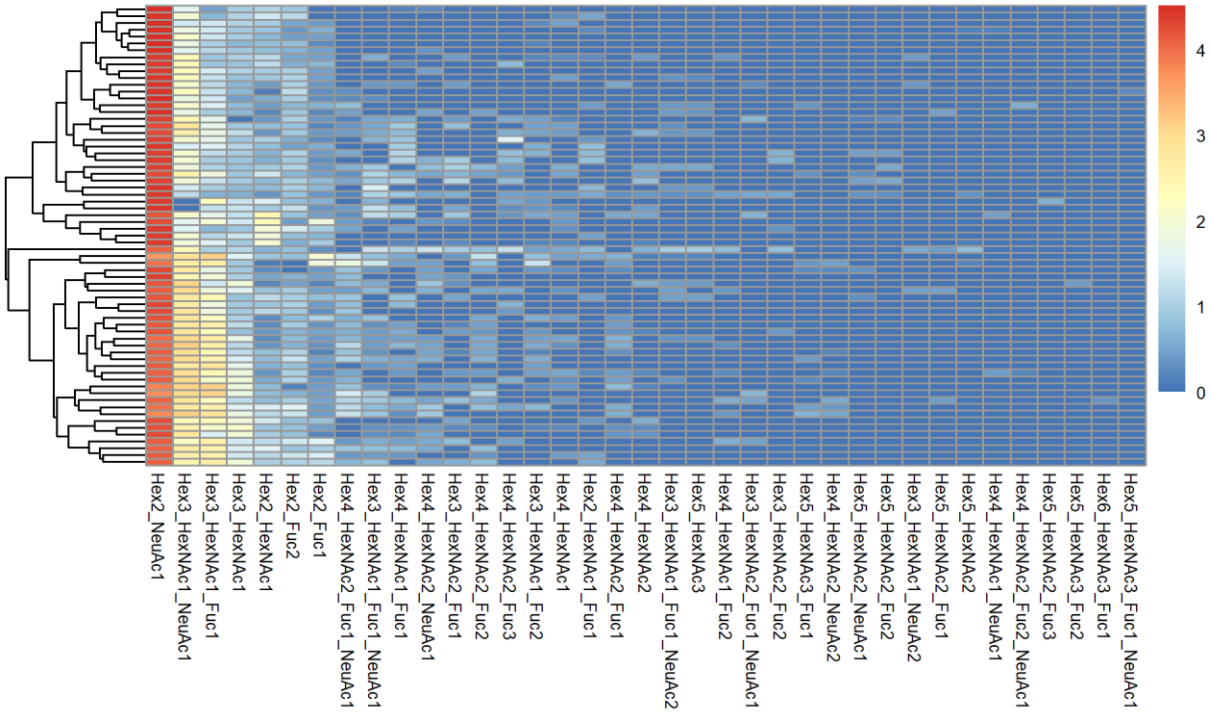


Figure 3 Représentation d'une analyse de clustering hiérarchique des abondances relatives (après log transformation) des oligosaccharides identifiés (en colonne) dans les 67 laits de lapine (en ligne). Hex : glucose ou galactose, HexNAc : N-acétylhexosamine; Fuc : fucose ; NeuAc : acide N-acétylneuraminique)

Une analyse par clusterisation hiérarchique des 67 laits révèle deux types de profils d'oligosaccharides (figure 3). Ces deux profils se distinguent principalement par les équilibres entre l'abondance relative en Sialyllactose et celles des Lacto-N-fucopentaose (LNFP : Hex3_HexNAc1_Fuc1) et Fucosylsialyllacto-lacto-N-hexaose (FS-LNH : Hex4_HexNac2_Fuc1_NeuAc1) d'autre part. Dans notre étude toutes les femelles sont contemporaines et au même stade de lactation, cette dichotomie des profils pourrait ainsi refléter une variabilité génétique. En effet la variabilité des combinaisons de monosaccharides présente un déterminisme génétique et dépend de l'action de différentes glycosyltransférases (traduites à partir des gènes FUT) (Bode and Jantscher-Krenn, 2012). Chez la femme en fonction de l'expression des gènes FUT 2 et FUT3, 4 typologies de profils ont pu être identifiées (Bode and Jantscher-Krenn, 2012). Chez le lapin le déterminisme génétique de la variabilité des profils en oligosaccharides reste à étudier.

2.3. Etude des relations entre la composition en oligosaccharides des laits de lapines, les performances reproductives et la viabilité des lapereaux.

Chez le porc la composition en oligosaccharides du colostrum expliquerait en partie la variabilité des performances maternelles au sein d'une même race et entre différentes races de truies (Trevisi et al., 2020). Globalement dans notre étude, les relations entre les performances reproductives des femelles sur 7 cycles de reproduction et la composition de leur lait en oligosaccharides en 2nde lactation sont modérées : les 2 composantes du cercle des corrélations expliquent 90% de variance pour les performances reproductives contre seulement 19,7% pour les oligosaccharides (figure 4). Les oligosaccharides qui présentent les corrélations les plus élevées appartiennent à toutes les typologies (neutres, sialylés ou fucosylés). Parmi les oligosaccharides les plus abondants, les femelles qui présentent dans leur lait une abondance relative de Sialyllactose (Hex2_NeuAc1) ou de Hex2_HexNAc1_Fuc1 la plus faible et inversement de Sialyllacto-N-fucopentaose (Hex3_HexNac1_Fuc1_NeuAc1) la plus élevée montrent un nombre de lapereaux sevrés total (SV_NBR) ou rapporté à la longévité de la femelle (SV_long) plus élevé. Par ailleurs, la mortalité naissance-sevrage est négativement liée à l'abondance relative de Hex3_HexNAc2_Fuc1 et positivement avec le Disialyllacto-N-hexaoses (DS-LNH : Hex4_HexNac2_NeuAc2). Chez la truie le rang de parité ne semble pas influencer le profil en oligosaccharides du colostrum (Trevisi et al., 2020). Afin de conforter les relations que nous avons mises en évidence, il conviendrait de déterminer la stabilité des profils d'oligosaccharides au cours des lactations.

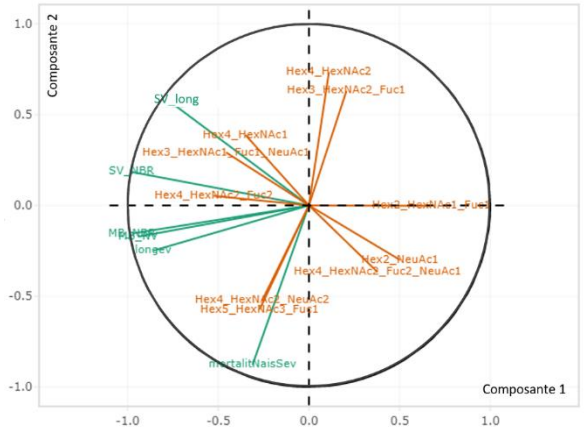


Figure 4 : Cercles des corrélations entre les performances reproductives des lapines suivies sur 7 cycles et la composition en oligosaccharides des laits prélevés en 2nde lactation. Analyse PLS (Partial Least Square), les corrélations > 0.5 sont présentées ; SV_NBR : nombre de lapereaux sevrés total, ou rapporté à la longévité (SV_long) ; MB NBR : nombre de mises bas, longev : longévité ; mortalitNaisSev ; mortalité entre la naissance et le sevrage ; en orange les oligosaccharides définis en fonction de leur composition en monosaccharides (Hex : glucose ou galactose, HexNAc : N-acétylhexosamine; Fuc : fucose ; NeuAc : acide N-acétylneuraminique). Les variables de même direction ou direction opposée dans le cercle sont corrélées positivement ou négativement respectivement.

Conclusions

Cette étude menée sur un troupeau de 67 lapines a permis de caractériser pour la première fois la variabilité de la composition en oligosaccharides du lait de lapine. Le stade de lactation a été décrit comme un paramètre majeur de variation de la composition en oligosaccharides du lait dans différentes espèces incluant l'homme le porc et les bovins. Aussi, il conviendrait de poursuivre cette caractérisation en étudiant différents temps de la lactation chez le lapin. L'analyse par clusterisation suggère la présence de 2 types de profils. Afin de valider ce résultat, une étude du déterminisme génétique de la composition des laits de lapines serait nécessaire. Enfin, nos résultats suggèrent des liens entre la composition des laits des lapines et la survie des lapereaux jusqu'au sevrage. L'étude des effets des oligosaccharides sur la mise en place du microbiote et sur la barrière intestinale permettrait de mieux comprendre le rôle de ces premiers prébiotiques présents dans le lait maternel, dans les mécanismes impliqués dans la survie du lapereau jusqu'au sevrage.

Remerciements

Ces travaux ont été soutenus par le département PHASE INRAE et l'ANR HoloOLIGO. Nous remercions l'ensemble du personnel de l'unité expérimentale de GenPhySE pour le soin apporté aux animaux.

Références

Albrecht, S., Lane, J.A., Mariño, K., Al Busadah, K.A., Carrington, S.D., Hickey, R.M., Rudd, P.M., 2014. A comparative study of free oligosaccharides in the milk of domestic animals. Br. J. Nutr. 111, 1313–1328. https://doi.org/10.1017/S0007114513003772

Aldredge, D.L., Geronimo, M.R., Hua, S., Nwosu, C.C., Lebrilla, C.B., Barile, D., 2013. Annotation and structural elucidation of bovine milk oligosaccharides and determination of novel fucosylated structures. Glycobiology 23, 664–676. https://doi.org/10.1093/glycob/cwt007

Bode, L., Jantscher-Krenn, E., 2012. Structure-Function Relationships of Human Milk Oligosaccharides. Adv. Nutr. 3, 383S-391S. https://doi.org/10.3945/an.111.001404

Bruneel, A., Cholet, S., Drouin-Garraud, V., Jacquemont, M.L., Cano, A., Mégarbané, A., Ruel, C., Cheillan, D., Dupré, T., Vuillaumier-Barrot, S., Seta, N., Fenaille, F., 2018. Complementarity of electrophoretic, mass spectrometric, and gene sequencing techniques for the diagnosis and characterization of congenital disorders of glycosylation. Electrophoresis 39, 3123–3132. https://doi.org/10.1002/elps.201800021

Gyorgy, P., Norris, R.F., Rose, C.S., 1954. Bifidus factor. I. A variant of Lactobacillus bifidus requiring a special growth factor. Arch. Biochem. Biophys. 48, 193–201.

Lebas, F., 1970. Description d'une machine à traire les lapines. Ann. Zootech. 223–228.

Magné, E., Noirot, C., Mariette, J., Adu Kesewaah, Y., Dejean, S., Guilmineau, C., Henry, J., Krebs, A., Liaubet, L., Mathevet, F., Hyphen-Stat, Gaspin, C., 2022. ASTERICS: A Tool for the ExploRation and Integration of omiCS data, in: JOBIM. Presented at the JOBIM, Rennes, France.

Oursel, S., Cholet, S., Junot, C., Fenaille, F., 2017. Comparative analysis of native and permethylated human milk oligosaccharides by liquid chromatography coupled to high resolution mass spectrometry. J. Chromatogr. B-Anal. Technol. Biomed. Life Sci. 1071, 49–57. https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2017.03.028

Remoroza, C.A., Liang, Y., Mak, T.D., Mirokhin, Y., Sheetlin, S.L., Yang, X., San Andres, J.V., Power, M.L., Stein, S.E., 2020. Increasing the Coverage of a Mass Spectral Library of Milk Oligosaccharides Using a Hybrid-Search-Based Bootstrapping Method and Milks from a Wide Variety of Mammals. Anal. Chem. 92, 10316–10326. https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c00342

Rohart, F., Gautier, B., Singh, A., Lê Cao, K.-A., 2017. mixOmics: An R package for 'omics feature selection and multiple data integration. PLoS Comput. Biol. 13, e1005752. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005752

Salcedo, J., Frese, S.A., Mills, D.A., Barile, D., 2016. Characterization of porcine milk oligosaccharides during early lactation and their relation to the fecal microbiome. J. Dairy Sci. 99, 7733–7743. https://doi.org/10.3168/jds.2016-10966

Trevisi, P., Luise, D., Won, S., Salcedo, J., Bertocchi, M., Barile, D., Bosi, P., 2020. Variations in porcine colostrum oligosaccharide composition between breeds and in association with sow maternal performance. J. Anim. Sci. Biotechnol. 11, 21. https://doi.org/10.1186/s40104-020-0430-x

Urashima, T., Asakuma, S., Leo, F., Fukuda, K., Messer, M., Oftedal, O.T., 2012. The Predominance of Type I Oligosaccharides Is a Feature Specific to Human Breast Milk. Adv. Nutr. 3, 473S-482S. https://doi.org/10.3945/an.111.001412

Urashima, T., Messer, M., Oftedal, O.T., 2016. Oligosaccharides in the Milk of Other Mammals, in: McGuire, M., McGuire, M.A., Bode, L. (Eds.), Prebiotics and Probiotics in Human Milk. Origins and Functions of Milk-Borne Oligosaccharides and Bacteria. Elsevier science, Saint Louis, MO.

EFFETS D'UNE EXPOSITION AIGUE A UN PESTICIDE SUR LES FONCTIONS OVARIENNE ET UTERINE CHEZ LA LAPINE DE SOUCHE SYNTHETIQUE ALGERIENNE.

Tlili Th[1]., Aroun R[1]., Khaldoun Oularbi H[2]., Bokreta S[2]., Amroun T.T[1]., Amouboudi F[3]., Daoudi Zerrouki N.[1]

1-Laboratoire Ressources Naturelles, Faculté des sciences Biologiques et des sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri Tizi- Ouzou, Algérie.
2-Département de Biologie, Université Blida 1, Université Blida 1, Algérie.
3- Laboratoire d'Anatomo-Pathologie du Centre Hospitalier Universitaire NEDIR Mohamed de Tizi-ouzou. (Algérie)
* E-mail (auteur correspondant): Nacira,daoudi@ummto,dz

Résumé : L'objectif de notre étude est d'évaluer les effets d'une exposition aigue au *Voliam Targo® (VT®)* sur les structures ovarienne et utérine des lapines de souche synthétique Algérienne. L'étude a été réalisée sur dix-huit lapines réparties en trois lots de 6 lapines chacun: un lot EXP1 traité avec 15mg/Kg de *(VT®)*, un lot EXP2 traité avec 40mg/Kg de (*VT*®) et un lot témoin (TEM) qui a reçu 1ml d'eau distillée par voie orale (gavage). Toutes les lapines ont été suivies sur une période de vingt-huit jours (14 jours d'acclimatation et 14 jours d'expérimentation après le gavage). A la fin de l'essai (14 jours après l'exposition au pesticide), les lapines ont été sacrifiées et les organes de l'appareil reproducteur (ovaires, oviductes, cornes utérines, cols et vagin) ont été prélevés et fixés dans du formol à 10% pour l'étude histomorphométrique. Les paramètres mesurés et enregistrés sont : le poids des lapines, le poids des organes (ovaires oviductes, cornes, cols et vagin). Les mesures morphométriques prises sur les coupes d'utérus (épaisseur du périmètre, épaisseur du myomètre, épaisseur de l'endomètre, diamètre des glandes endométriales et diamètre de leurs lumières, taille des cellules épithéliales et la taille de leur noyau.) ont été réalisées à l'aide du logiciel Axio vision 4.8, développé par Carl Zeiss (2012). Le poids vif moyen des lapines, le poids moyen des ovaires et des cornes utérines ne varient pas en fonction du lot. Par contre, l'étude histologique a révélé des signes de toxicité. En effet, le nombre des follicules varie significativement entre les lots traités et le lot témoin, L'étude morphométrique des cornes utérines a montré que le diamètre des glandes endométriales diminue considérablement dans les lots traités par rapport au lot témoin. Les cellules épithéliales des glandes utérines du lot EXP2 sont plus grandes que celles des deux autres lots TEM et EXP1 (9,83 µm *vs* 7,43um et 7,08 µm respectivement pour les lots EXP2, EXP1 et TEM ; P<0,01). La taille des noyaux des cellules épithéliales du lot EXP2 est plus élevée que celle des deux autres lots (respectivement 5,33 µm *vs* 4,10 µm pour le lot EXP1 et 3,89 µm pour le lot *TEM* ; P<0,01). En conclusion, cet essai a permis de montrer l'effet reprotoxique du « *Voliam Targo*® » sur la qualité de la folliculogénèse et l'activité utérine. Une étude des paramètres biochimiques et hormonaux permettrait de confirmer ces résultats.
Mots clefs : Reprotoxicité, *Voliam Targo*®, lapines, morphométrie, corne utérine.

Abstract: The objective of our study was to evaluate the effects of acute exposure to *Voliam Targo*® (VT®) on the ovarian and uterine structures of Algerian synthetic strain rabbits. The study was carried out on eighteen rabbits divided into three batches of six rabbits each: a batch EXP1 treated with 15mg/Kg of (VT®), a batch EXP2 treated with 40mg/Kg of (VT®) and a control batch (TEM) which received 1ml of distilled water orally (Gavage). All rabbits were monitored for a period of twenty-eight (28) days (14 days acclimatisation and 14 experimental days after gavage). At the end of the experiment (14 days after exposure to the pesticide) the rabbits were sacrificed and the organs of the reproductive system (ovaries, oviducts, uterine horns, cervix and vagina) were removed and fixed in 10% formalin for histomorphometric study. The parameters measured and recorded were: weight of the rabbits, weight of the organs (ovaries, oviducts, horns, cervix and vagina). Morphometric measurements taken on the uterus slides (perimeter thickness, myometrial thickness, endometrial thickness, endometrial gland diameter and lumen diameter, epithelial cell size and nucleus size) were carried out using the Axio vision 4.8 software developed by Carl Zeiss (2012). The results obtained showed that the average live weight of the rabbits, the average weights of the ovaries and the uterine horns did not vary according to the batch. However, the histological study revealed signs of toxicity at the ovarian level. The morphometric study of the uterine horns showed that the diameter of the endometrial glands decreased considerably in the treated batches compared to the control batch. The epithelial cells of the uterine glands of the EXP2 batch were larger than the cells of the other two batches (9.83 µm vs. 7.43 µm and 7.08 µm respectively for EXP2, EXP1 and TEM, P<0.01). The size of the epithelial cell nuclei in EXP2 was also significantly larger than in the other two batches (5.33 µm *vs* 4.10um for EXP1 and 3.89 µm for TEM; P<0.01). In conclusion, this trial demonstrated the reprotoxic effect of the pesticide "Voliam Targo®" on the quality of folliculogenesis and uterine activity. A study of the biochemical and hormonal parameters would make it possible to confirm these initial results.
Key words: Reprotoxicity, Voliam Targo®, rabbits, morphometry, uterine horn.

Introduction

Il est reconnu depuis longtemps que le changement fonctionnel du système endocrinien causé par des perturbateurs peut aboutir à des effets toxiques. Plusieurs enquêtes chez l'homme ont évalué le lien entre pesticides et troubles de la reproduction, Chez les Agriculteurs, il est mis en évidence une augmentation du risque de mort fœtale, d'avortements et de malformations congénitales. De plus, l'exposition professionnelle aux pesticides peut être la cause d'une infertilité féminine (De Jaeger, 2012 ; Skakkebaek et *al.,* 2016; Levine et *al.,* 2017).

Le «*Voliam Targo® 063SCe» (VT®)* est un insecticide et acaricide à large spectre commercialisé en Algérie depuis 2011 (ACTA, 2015), Il s'agit d'un mélange de deux insecticides, l'Abamectine et le Chlorantraniliprole, appartenant à deux familles chimiques différentes : les Aavermectines et les Diamides Anthraniliques respectivement. La synergie de ces deux principes actifs offre une meilleure efficacité du *VT®* chez les insectes grâce à son action sur les récepteurs de la Ryanodine et les Canaux Chlorures. Ce biopesticide est efficace sur plusieurs ravageurs clés des fruits et légumes. Le *Voliam Targo®* est considéré comme étant l'insecticide redoutable contre *Tuta Absoluta* sur la tomate, Carpocapse et acariens sur le pommier (Diaz- Fleischer et *al.,* 2016).

Par ailleurs, des études antérieures ont signalé que le *Voliam Targo® 063SCe* a des effets néfastes sur le rein, le foie et le cerveau de lapins mâles de population locale, en induisant des altérations histopathologiques, (Bokreta et *al.,* 2021). Le lapin mâle a fait objet d'études sur la recherche et l'évaluation de la toxicité de certains produits sur la qualité du sperme, la fertilité, le développement et la tératologie (Foote et Carney., 2000).

L'objectif de cette étude est de rechercher les effets éventuellement reprotoxiques du *Voliam Targo®* administré à deux doses différentes à des lapines nullipares par une analyse des modifications histomorphométriques des structures ovarienne et utérine. Elle vise également à déterminer le danger de ces pesticides pour l'élevage des lapins, la rentabilité de l'élevage et de ce fait sur la santé humaine

1. Matériel et méthodes

1.1. Lieu de l'expérimentation

L'expérimentation s'est déroulée dans la station d'élevage de Tigzirt (36° 53' 20'' N et 5° 7' 30'' E), au nord du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou (Algérie).

1.2. Animaux

Les lapines âgées de 4 mois et demi sont issues de la souche synthétique algérienne dont les caractéristiques ont été décrites par Zerrouki et *al, (*2014). Elles étaient logées dans des cages métalliques individuelles munies de mangeoires et d'abreuvoirs. Avant tout traitement, les lapines ont été transférées dans une autre cellule de maternité et placées dans des cages individuelles. Elles ont été soumises à une période d'acclimatation de 14 jours avant l'administration du pesticide. Les lapines étaient nourries avec un aliment commercial maternité, composé de 25% de maïs, 36% de luzerne, 26% de blé, 12% de tourteau de soja, 1% de CMV (1-Lysine) et de méthionine DL 99%. La procédure expérimentale a suivi Les Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques.

Figure 1 : Mise en place des lapines dans la cellule maternité.

1.3. Produits chimiques

La molécule testée «*Voliam Targo® 063SC*» (*VT®)* est une nouvelle formulation insecticide contenant 1,8 % d'abamectine et 4,5 % de chlorantraniliprole. Elle est commercialisée par SYNGENTA Crop Protection Agrochemicals, Greensboro, USA, 2007.

1.4. Expérimentation

Au total dix-huit (18) lapines ont été réparties en trois lots de 6 chacun (n = 6) selon leurs poids ; la moyenne des poids des deux lots était identique. Un lot EXP1 a reçu 15 mg/kg/poids corporel (p,c) de *Voliam Targo®* ; un autre lot EXP2 a reçu 40 mg/kg/p,c de *Voliam Targo®*. Le produit a été administré en une seule prise par gavage à l'aide d'une seringue (au fond de la cavité buccale). Le lot Témoin (TEM) a reçu dans les mêmes conditions 1 ml d'eau distillée par gavage également.

1.5. Les mesures réalisées

Les lapines ont été pesées quotidiennement pendant les 2 semaines d'acclimatation et des deux semaines de traitement. Les prises d'aliments et d'eau ont été enregistrées quotidiennement.

Deux semaines après le gavage par le pesticide (Jour 28), les lapines des lots traitées EXP, EXP2 et du lot témoin (TEM) ont été sacrifiées, les ovaires et les cornes utérines ont été prélevés, pesés à l'aide d'une balance de précision de 0,001g puis fixés dans du formaldéhyde pour une étude histologique. La méthode utilisée est décrite par Martoja et Martoja, 1967. Les lames obtenues ont été observées, avec des prises de photos en utilisant un microscope photonique (VioLA MC2Oi version 19,12,17) équipé d'une tablette numérique aux grossissements x 4 et x 40.

1.6. Etude morphométrique

L'étude histologique a été complétée par des mesures morphométriques de certains paramètres utérins. Le logiciel utilisé est AxioVision 4.8,

développé par Carl Zeiss (2012) après étalonnage par un micromètre. La mesure de l'épaisseur des différentes couches de la corne utérine (périmètre, myomètre et endomètre) a été prise au grossissement X4. La mesure du diamètre des glandes endométriales et de leurs lumières a été réalisée par le calcul d'une moyenne de trois mesures des limites extérieures de chaque glande prises selon trois axes différents au grossissement X40.

1.7. Etude statistique

L'ensemble des paramètres mesurés ont été analysés à l'aide du logiciel JASP Team (2020), version 0,14,1 (BibTex). Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyenne ± SEM, Une analyse de variance (ANOVA) des différents paramètres a été réalisée en considérant l'effet lot (trois niveaux : TEM, EXP1 et EXP2). Si une différence significative est observée, un test post-hoc (Tukey's post-hoc test) est ajouté afin d'évaluer les différences intergroupes. La différence est significative si P<0,05, très significative si P<0 ,01 et hautement significative si P<0,001.

2. Résultats et discussion

2.1. Poids vifs et poids des organes

Les poids moyens des lapines enregistrés en début et en fin d'essai dans les trois lots suivis sont présentés dans le tableau 1. Au démarrage de l'expérimentation (lors de la mise en lot des animaux), les poids moyens des lapines sont proches. Aucune différence significative n'est observée entre le poids final des animaux des trois lots (tableau 1). Eisa et al, (2017) sur des rates traitées au Fipronil rapportent des résultats similaires aux nôtres avec des poids corporels n'ayant montré aucune différence significative entre les lots traités et le lot témoin en fin d'expérimentation,

Dans notre étude, les poids des différentes parties des appareils reproducteurs (ovaires oviductes, cornes utérines, cols et vagin) ainsi que ceux des cornes utérines mesurés après sacrifice ainsi que les poids relatifs déterminés sont plus élevés dans le lot EXP2 par rapport aux deux autres lots EXP1 et TEM (tableau1), cependant les écarts ne sont pas significatifs. Ullah *et al, (*2006), rapportent que les lapins exposés au Cyperméthrine (insecticide) manifestaient une diminution du poids corporel après une première dose du pesticide. Cependant, ils n'ont observé aucune différence entre les poids des animaux en fonction de la dose, ce qui est en accord avec nos résultats. Selon les mêmes auteurs, la diminution du poids corporel est due au stress causé par le gavage à la Cyperméthrine. Les travaux de Sharma et *al.,* (2014) sur des rates Wistar traitées avec des doses répétées de Triazophos, indiquent également qu'aucun changement significatif n'est observé dans le poids final de leurs animaux. Une étude menée par Tahir et *al.,* (2019) sur des lapines de souche néozélandaise traitées avec l'insecticide Lambda cyhalothrin a montré une légère diminution des poids des cornes, mais la différence n'est pas significative.

Plusieurs pesticides sont des perturbateurs endocriniens et sont actifs à de très petites doses (Mankam et *al,,* 2004), induisant une diminution de la fonction de reproduction et du poids des organes intervenant dans cette fonction.

Tableau 1 : Poids des lapines et des organes(g).

Poids des lapines et organes(g)/ lot		TEM	EXP1	EXP2
Pi (g)		2770±127	2775±123	2785±126
Pg (g)		2820±135	2904±63	3123±91
Pf (g)		3125±145	3231,16±127	3239±123
Vp (Pf-Pg)(g)		306±33	327±82	115±58
Poids absolu (g)	AR	11±0,9	11,6±1,07	13,45±0,86
	Cru	4,63±0,24	4,97±0,51	5,62±1,02
Poids relatif	AR	0,36±0,02	0,36±0,026	0,41±0,020
	Cru	0,002±1,31e^{-4}	0,002±1,5e^{-4}	0,002±2,94e^{-4}

TEM: Témoin, EXP1: Lot Expérimental (15mg/kg/P,C), EXP2: Lot Expérimental (40mg/kg/P,C), Pi: Poids vif Initial (1er jour de la mise en place), Pg : Poids vif au gavage, Pf: Poids vif Final, Vp: Variation de Poids AR : appareil reproducteur, Cru : Cornes utérines ; e : exponentielle

2.2. Résultats de l'étude histologique

L'observation des ovaires des lapines des trois lots TEM, EXP1 et EXP2 au microscope optique a révélé des modifications de l'aspect des ovaires des lapines des deux lots EXP1 & EXP2, avec des follicules de petite taille à différents stades de développement, une prolifération du tissu conjonctif observée dans le cortex ovarien ; les limites entre les différentes couches sont difficilement appréciées. Les cellules de l'épithélium germinatif sont bien apparentes dans le lot traité EXP2 alors qu'elles sont difficilement distinguées dans le lot traité EXP1. Ullah et *al.,* (2006) ont observé des modifications histologiques des ovaires de lapines traitées avec des doses répétées de Cyperméthrine sur une courte période. Ces auteurs ont rapporté une prolifération du tissu conjonctif dans le cortex ovarien, plus prononcée chez les sujets traités avec une forte dose du pesticide. Ces résultats corroborent nos observations indiquant que le pesticide a affecté les structures ovariennes de nos lapines ayant reçu les doses de 15 ou de 40mg/Kg.

Quantification folliculaire

Globalement, le nombre de follicules diminue du follicule primordial au follicule de De Graaf (Tableau 2). Ceci nous renseigne sur le déroulement de la folliculogénèse. Chez des lapines nullipares du même type génétique, Tlili et *al.,* 2021 observent en moyenne 151 follicules primordiaux, 41 follicules primaires, 46 follicules secondaires, 26 follicules tertiaires et 9 follicules de De Graaf. Dans notre essai, aucune différence significative n'est observée entre les lots pour le nombre de follicules primordiaux, de follicules primaires, et de follicules de De Graaf (P>0,05).

Tableau 2 : Quantification folliculaire dans les trois lots EXP1, EXP2 & TEM)

Lot	Foll0	Foll1	Foll2	Foll3	FollGra
TEM	208 ± 44	46 ± 6	41±6^{c}	16± 3^{b}	1,8 ± 0,4
EXP1	244 ± 44	35± 8	18±4^{b}	6±1^{a}	1,6 ± 0,6
EXP2	435±229	26± 6	15±2^{ab}	6 ± 1^{a}	1,5 ± 0,3
SS	NS	NS	**	*	NS

Foll0 : Follicule primordial, Foll1 : Follicule primaire, Foll2: Follicule secondaire, Foll3: Follicule tertiaire, FollGra: Follicule de De Graaf, NS : différence non significative

En revanche, le nombre de follicules secondaires et tertiaires est significativement plus faible pour les lots traités. Ces différences peuvent être expliquées par une inhibition partielle de la croissance folliculaire due à l'administration du *VT*®. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par Uzumcu et *al,* (2006) qui rapportent que des rates traitées avec du méthoxychlore n'ont montré aucune différence significative du nombre de follicules primordiaux, primaires et secondaires ; par contre, ils notent que le nombre des follicules tertiaires entre les groupes traités et le groupe témoin. Les auteurs expliquent cette différence par une action oestrogénique du méthoxychlore (effet du perturbateur endocrinien).

D'autres auteurs ont rapporté que les rats traités avec de faibles doses d'un mélange de pesticides avaient un nombre réduit de follicules primordiaux et primaires comparativement au groupe contrôle (Pascotto et *al.,* 2015). Baligar et Kaliwal (2002), n'ont observé aucune différence significative dans le nombre des differentes populations folliculaire chez des souris traitées avec des doses de 0,4 et de 0,7mg/Kg/j de Carbofurane comparé au groupe témoin. Par contre, une augmentation de la dose à 1mg/Kg/j induisait une baisse significative du nombre de follicules secondaires (7.2 vs 5.2) et tertiaires (7.2 vs 5.2) et à 1,3mg/Kg/j le nombre de follicules secondaires et tertiaires chez le groupe témoin et traité était significativement différent (respectivement de 52 et 4.2). Nos résultats confirment cette observation.

Les différences structurelles au niveau des cornes utérines entre les lots traités EXP1, EXP2 et le lot témoin (TEM) sont présentées dans la figure 2. Le myomètre des lapines témoins (TEM) et des lots traités est homogène et sans lésions apparentes. L'épaisseur du myomètre apparait plus importante chez le lot EXP2 en comparaison avec les lots témoin TEM & le lot EXP1. A faible grossissement (GX4), l'endomètre des lapines du lot (TEM) apparait très épais et développé, avec la présence d'un très grand nombre de glandes endométriales fonctionnelles à l'opposé de celui des lapines du lot EXP1. On retrouve à peu près les mêmes caractéristiques de l'endomètre des lapines du lot témoin (TEM) chez les individus du lot EXP2 avec un degré de développement et un nombre de glandes endométriales plus réduit (Figure 2).

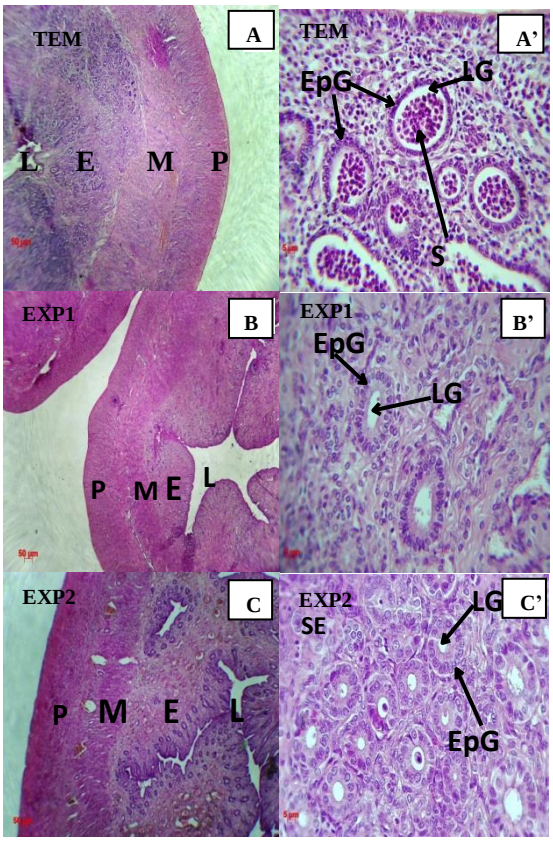


Figure 2: Coupes des différentes couches des cornes utérines des lapines traitées au *Voliam Targo*® colorées à l'hématoxyline éosine. (A, B, C) : corne utérine GX4 ; (A', B', C') : endomètre GX40 ; E : Endomètre, L : Lumière utérine, M : Myomètre, P : Périmètre. EpG : Epithélium Glandulaire, LG : Lumière Glandulaire, S : Sécrétions.

L'épaisseur du périmètre utérin diffère très significativement entre les deux lots EXP1 & EXP2 et du lot témoin (respectivement 227 µm, 266 µm et 293 µm, EXP2, (Figure 3). De même, l'épaisseur du myomètre présente aussi une variation significative entre le lot EXP1et le lot TEM (167 µm *vs* 232 µm, (P<0,05), une variation très significative (P<0,01) entre le lot traité EXP2 et le lot TEM (respectivement 334 µm *vs* 232 µm, P<0,01).

L'épaisseur de l'endomètre utérin des lapines a montré aussi des différences entre le lot EXP1 et les deux autres lots. En effet, l'épaisseur de l'endomètre du lot TEM est significativement plus épais que celui du lot EXP1 (738 µm *vs* 469, P<0,05). On note aussi une différence d'épaisseur très significative entre les deux lots traités EXP1 et EXP2 (Figure 4). La dose de 15mg/kg reçue par les lapines du lot EXP1 parait affecter plus l'épaisseur de l'endomètre.

Nishi et Hundal (2013), ont rapporté que le chlorpyrifos, insecticide organophosphoré testé sur des rates albinos Wistar sur une période de huit semaines a provoqué une augmentation de l'épaisseur du myomètre chez le groupe ayant reçu une forte dose. Wardani et *al,* (2019) rapportent que les rates de même type génétique exposées à la cyperméthrine, montrent une diminution significative de l'épaisseur de l'endomètre par rapport à celui du groupe témoin (P<0,05).

L'ensemble de ces résultats corroborent nos observations.

Sur des rates dont les mères ont été exposées à l'insecticide Fanvalérate du 12ème jour de gestation jusqu'à la fin de la lactation, Guerra et *al*, (2011) n'ont montré aucun changement significatif dans l'épaisseur de l'endomètre de ces femelles âgées de 75 jours en comparaison avec les individus témoins.

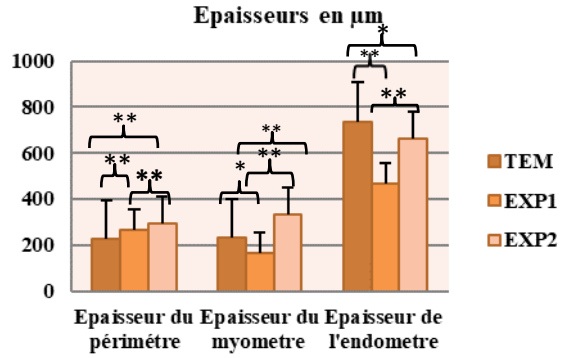


Figure 3 : Epaisseur du périmètre, myomètre et endomètre des cornes utérines. TEM : témoin ; EXP1 : Lot traité avec (15mg/kg de p.c) ; EXP2 : lot traité avec (40mg/kg de p.c) La différence est significative si P<0,05 (*), très significative si P<0 ,01(**).

L'étude morphométrique (Figure 4) a révélé que les diamètres moyens des glandes endométriales des lots EXP1 et EXP2 sont très significativement inférieurs à ceux du lot témoin (respectivement (24,7±0,8µm et 30,1±0,8µm vs 40,7±2,2µm, P<0,01). Ceci pourrait être expliqué par l'effet négatif du *VT*®. Le diamètre moyen de la lumière des glandes endométriales qui suit la même évolution avec une différence très significative (P<0,001) entre le lot témoin TEM (26,7±2,0µm) et les deux lots EXP1 et EXP2 avec une diminution assez conséquente chez les deux lots traités (respectivement 9,8±0,5µm *vs* 10,5±0,6µm). Néanmoins, ces deux derniers lots ne diffèrent pas significativement. Le pesticide *VT*®, aurait des propriétés antagonistes aux œstrogènes Cependant, Nishi et Hundal (2013), ont observé sur les cornes utérines de rats femelles Wistar traitées au chlorpyrifos, un diamètre des glandes endométriales très élevé chez les deux groupes traités par rapport au groupe témoin (P<0,001), Ces auteurs ont souligné que cette augmentation serait liée aux propriétés oestrogéniques de ce pesticide.

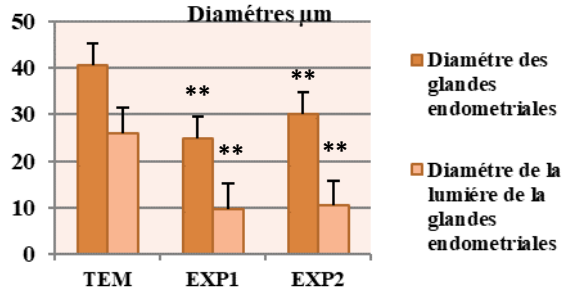


Figure 4 : Diamètres des grandes endométriales et de leurs lumières. TEM : témoin ; EXP1 : Lot traité avec (15mg/kg de P.C) ; EXP2 : lot traité avec (40mg/kg de P.C) . La différence est significative si P<0,05 (*), très significative si P<0 ,01(**).

Les résultats morphométriques obtenus mettent en évidence une augmentation très significative de la taille des cellules épithéliales dans le lot traité EXP2 (9,8µm *vs* 7,1µm *et* 7,4µm respectivement pour TEM et EXP1; P<0,01). Aucune différence significative n'est observée entre le témoin et le lot EXP1. La taille moyenne des noyaux de ces mêmes cellules montre une même variation que la taille des cellules avec une augmentation très significative (P<0,01) dans le lot EXP2 (5,3±0,1µm vs 3,9±0,1µm et (4,1±0,1µm, respectivement pour TEM et EXP1) (figure 5).

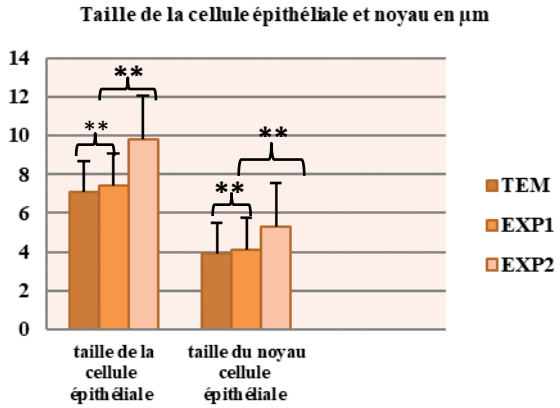


Figure 5 : Taille des cellules épithéliales et de leurs noyaux. ; TEM : témoin ; EXP1 : Lot traité avec (15mg/kg de P.C) ; EXP2 : lot traité avec (40mg/kg de p.c). La différence est significative si P<0,05 (*), très significative si P<0 ,01(**).

Varayoud et *al*, (2016) ont mis en évidence le même résultat chez des rats traités avec le Glyphosate, avec un épithélium luminal significativement plus grand (P<0,05) reconnu selon eux comme étant une réponse utérine oestrogénique.

Conclusion :

Au terme de cette étude, le pesticide *VT*® a montré des effets reprotoxiques chez les lapines reproductrices, lorsqu'il est administré à faible ou à forte doses. L'altération des structures ovariennes et utérines affecte la fonction de reproduction, et entraine une chute des performances de production, engendrant ainsi des pertes économiques pour les éleveurs producteurs de lapin. Nos résultats confirment ceux des études qui ont mis en évidence l'effet toxique des pesticides sur la santé animale et humaine.

Remerciements

Les auteurs remercient la DGRSDT pour leur assistance matérielle, Mr BOUHADOUN, le responsable de la station d'élevage de Tigzirt,

Le laboratoire ELKENDI Industrie du Médicament.

Références

ACTA (2015). Index des produits phytosanitaires à usage agricole ACTA 2015. Algerie : ACTA.

Baligar. N.P et Kaliwal. B., (2002). Reproductive toxicity of carbofuran to the female mice: Effects on estrous cycle and follicles. Industrial Health., 40: 345-352.

Bokreta, S., Hassina, K. O., Amine, F. M., Makhlouf, C., & Nacira, D. Z. (2021). Protective Effects of Thymus vulgaris Essential Oil Against Voliam Targo® Induced Kidney and Brain Toxicity in Male Rabbits. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, D. Histology & Histochemistry, 13(1), 79-95.

De Jaeger, C., Voronska, E, Fraoucene, N, Cherin, P. (2012). Exposition chronique aux pesticides, santé et longévité. Rôle de notre alimentation. Médecine et longévité, 2012, Vol 4. pp 75-92.

Díaz-Fleischer, F., Pérez-Staples, D., Valle-Mora, J., & Antonio García-Pérez, J. (2016).Laboratory evaluation of two commercial abamectin-based insecticides against Anastrepha Ludens (Diptera: Tephritidae): lethal and sublethal effects. Journal ofeconomic entomology, 109(6), 2472-2478.

Eisa A., Abo-Elghar G., Ammar I., Metwally H et Arafa S., 2017. Embryotoxicity and teratogenicity of fipronil in rats (Rattus norvegicus). Zagazig Journal of Agriculture Research. Vol. 44.

Foote, RH et Carney, EW (2000). Le lapin comme modèle pour les études de toxicité sur la reproduction et le développement. Toxicologie reproductive, 14 (6), 477-493.

Guerra M., de Toledo F et Kempinas W., 2011. In utero and lactational exposure to fenvalerate disrupts reproductive function in female rats. Reproductive Toxicology. 32. 298Ŕ303.

Levine, H., Jørgensen, N., Martino-Andrade, A., Mendiola, J., Weksler-Derri, D., Mindlis, I., ... & Swan, S. H. (2017). Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis. Human reproduction update, 23(6), 646-659.doi : 10.1093/humupd/dmx022.

Mankam. T., Hokanson. R., Chowdhary. R., Busbee., D., (2004). Altered gene expression in human cells induced by agricultural chemical Enable., Toxicology and Industrial Health., 20: 89-102.

Martoja R. et M. Martoja. 1967. Initiation aux techniques de l'Histologie animale. (Édition Masson et Cie, Paris)

Nishi K et Hundal S., 2013. Chlorpyrifos induced toxicity in reproductive organs of female Wistar rats. Food and Chemical Toxicology, 62, 732Ŕ738

Pascotto. V.M., Guerra. M.Y., Anselmo Fransi. J.A., de Camago. J.L., Kempinas. W.G., Franchi. C.A.S., (2015). Effects of a mixture of pesticides on the adulte female reproductive system of Sprague-Dawley, Wistar, and lewis rats. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A: Current Issues., 78(9): 602-616, DOI: 10.1080/15287394.1010467.

Sharma D., Sangha G et Khera K., 2014. Triazophos-induced oxidative stress and histomorphological changes in ovary of female Wistar rats. Pesticide Biochemistry and Physiology. 117. 9-18.

Skakkebaek NE, Meyts ER-D., Louis GMB, Toppari J., Andersson A.-M., Eisenberg ML, Jensen TK, Jørgensen N., Swan SH, Sapra KJ, et al. Troubles de la reproduction masculine et tendances de la fécondité : influences de l'environnement et de la susceptibilité génétique. Physiol. Rév. 2016 ; 96 : 55–97. doi : 10.1152/physrev.00017.2015.

Tahir M., Justin k., Vemo B., Chongsi M., Tchoffo H., Djuissi N., Dongmo B et Ngoula F., 2019. Effects of Lambda cyhalothrin on Reproductive Characteristics in Pregnant Rabbit doe (Oryctolagus cuniculus). Focus on Medical Sciences Journal. Volume 5.

Tlili Thiziri, Aroun Rabiha, Benamara Liza, Khaldoun-Oularbi Hassina, Daoudi Zerrouki Nacira, 2021. Study of the histofunctional characteristics of the ovarian structures of rabbits of the synthetic strain in the state of pregnancy. 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021 - Nantes, France, Communication BP-31, 4 pp.

Ullah. M.S, Ahmad. M, Ahmad. N, Khan. M.Z et Ahmad. I. (2006). Toxic effects of cypermethrine in female rabbits. Pakistan Vet. Journal, 26(4) : 193-196

Uzumcu. M., E Kuhn. P., E Marano. J., E Armenti. A.M., Passantino. L., (2006). Early postnatal methoxychlor exposure inhibits folliculogenesis and stimulates anti-Mullerian hormone production in the rat ovary. Journal of endocrinology., 191: 549-558.

Varayoud J., Durando M., Ramos J., Milesi M., Ingaramo P., Muñoz-de-Toro M et Luque E., 2016. Effects of a glyphosate-based herbicide on the uterus of adult ovariectomized rats. Environmental Toxicology. 32. 1191-1201

Wardani N., Respatiningrum R., Laili A., Hidayati D., Soeharto S et Sujuti H., 2019. Cypermethrin triggers apoptosis, depletes granulosa cells, and induces endometrium thinning in female rats. Asian Pacific Journal of Reproduction. 8. 141-147.

Zerrouki N, Lebas F, Gacem M, Meftah I et Bolet G., (2014). Reproduction performances of synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations. World Rabbit Sci science., 2014. 22 : 269-278.

Comportement, BEA, Logement

PRODUCTION ET CIRCULATION DES CONNAISSANCES ET DES REPRESENTATIONS RELATIVES AU BIEN-ETRE ANIMAL AU SEIN D'UN LIVING-LAB : LE CAS DU LIVING-LAB LAPIN (3L)

Doré A.[1], Girard N. [1], Gallino-Visman S. [1], Fortun-Lamothe L.[2]

[1] AGIR, INRAE, Université de Toulouse, 31320 Castanet-Tolosan, France.
[2] GenPhyse, INRAE, Université de Toulouse ENVT, 31320 Castanet-Tolosan, France.

[*]Auteur correspondant : antoine.dore@inrae.fr

Résumé – L'objectif de cette communication est de rendre compte des modalités de production et de circulation des connaissances et représentations relatives au bien-être animal (BEA) dans le cadre d'un processus collectif d'innovation visant à améliorer les conditions d'élevage cunicole : le projet Living Lab Lapins (3L). Sur la base d'une analyse des discours structurant les échanges collectifs qui ont jalonné le déroulement du projet 3L et de 31 entretiens individuels avec les membres du consortium, nous avons analysé les divergences de point de vue et les controverses sociotechniques au cœur du processus d'innovation. Dans un premier temps, nous montrons que le bien-être animal peut être appréhendé au prisme de trois visions principales (les conditions d'élevage, l'évaluation de l'état physique et comportemental des animaux, les performances zootechniques) qui reposent sur trois types de connaissances (sens commun, savoirs analytiques, savoirs empiriques). Dans un deuxième temps, nous montrons que les échanges au sein du Living-Lab Lapin témoignent de l'existence de différents rapports à l'innovation, et plus généralement au changement (nature de l'innovation – technique ou organisationnelle ; degré d'innovation – de rupture, incrémentale ou « à la marge »). En conclusion, ce travail permet d'éclairer les conditions de construction d'une définition plus ou moins partagée du BEA et ses effets sur la dynamique de conception de systèmes d'élevage cunicole « socialement acceptés » au sein d'un Living-Lab.

Abstract – The aim of this paper is to report on the ways in which knowledge and representations relating to the BEA are produced and circulated within the framework of a collective innovation process aimed at improving rabbit breeding conditions: The Living Lab Lapin (3L) project. Based on an analysis of the discourses structuring the collective exchanges that marked the course of the 3L project and 31 individual interviews with the members of the consortium, we analyzed the ways in which areas of ignorance and sociotechnical controversies at the heart of the innovation process are managed. Firstly, we show that animal welfare can be apprehended through the prism of three main visions (breeding conditions, evaluation of the physical and behavioral state of animals, zootechnical performance) which are based on three types of knowledge (common sense, analytical knowledge, empirical knowledge). Secondly, we show that the exchanges within the Living-Lab Lapin demonstrate the existence of different relationships to innovation, and more generally to change (nature of the innovation – technical or organizational; degree of innovation – breakthrough, incremental or "on the margins"). In conclusion, the aim is to shed light on the conditions for the construction of a more or less shared definition of the BEA and its effects on the design dynamics of 'socially accepted' rabbit farming systems within a Living-Lab.

Introduction

Cette communication vise à rendre compte des résultats d'une recherche en sciences sociales consistant à analyser et accompagner les réflexions menées par les acteurs d'un Living-Lab – « laboratoire vivant » incluant les utilisateurs dans une démarche d'innovation participative (Hossain, Leminen et Westerlund, 2019) – sur la conception de systèmes d'élevage cunicole plus respectueux du bien-être animal.

La notion de bien-être animal a récemment fait l'objet d'une définition institutionnelle : « Le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal » (Anses, 2018). Elle suscite toutefois des controverses scientifiques et des débats publics (Barthe, Callon & Lascoumes, 2014) qui cristallisent des enjeux d'objectivation et d'institutionnalisation de la mesure et de la prise en compte des besoins fondamentaux des animaux. Depuis la publication d'un rapport du parlement européen préconisant des normes minimales pour la « protection des lapins d'élevage » (Eck, 2017), suivi en septembre 2018 du lancement de l'Initiative Citoyenne Européenne « End the Cage Age » visant à mettre un terme aux pratiques d'élevage des animaux en cage, les acteurs français de l'élevage cunicole, ainsi que les associations de protection animale et de consommateurs cherchent à redéfinir les conditions de production du lapin de chair.

Dans ce contexte, le projet 3L (« Living-Lab Lapins »), sur lequel porte cette communication, avait pour objectif de concevoir de manière collaborative des innovations vers des systèmes d'élevage cunicole « socialement acceptés » au sein d'un Living-Lab réunissant acteurs de la recherche, de la filière et de la société civile. Une telle dynamique de conception collective met en jeu et alimente des représentations hétérogènes du bien-être animal.

L'objectif de cette communication est de rendre compte de la diversité des représentations et des modalités de circulation des connaissances relatives au bien-être animal (BEA) dans le cadre d'un processus collectif d'innovation visant à améliorer les conditions d'élevage des lapins d'élevage. Sont analysées les différentes représentations du BEA et du changement/de l'innovation qui coexistent au sein du projet ainsi que les différentes (re)traductions négociées dont ces notions font l'objet. Il s'agit ainsi de décrire et d'analyser les conditions de construction d'une définition plus ou moins partagée de cette notion de BEA, parallèlement à ce que les acteurs imaginent de l'innovation à construire de leur point de vue.

1. Matériel et méthodes

Pour répondre à cet objectif, la méthode choisie a été celle de l'enquête compréhensive (Kaufmann, 2011) et de l'observation directe (Arborio et Fournier, 2015). Basée sur une démarche essentiellement qualitative, la recherche s'est appuyée sur la collecte et l'analyse de trois principaux types de données : (1) recueil et analyse de documents (publications, scientifiques, documents techniques, mais aussi enregistrements vidéo et audio de rencontres de ces groupes) ; (2) observation des ateliers et réunions du projet 3L; (3) entretiens auprès des participants du projet 3L, mais aussi auprès d'acteurs externes au projet, qu'il s'agisse d'acteurs de la filière, d'éleveurs des conseillers, ou d'acteurs de la société civile (consommateurs, défenseurs des animaux…).

L'enquête a notamment porté une attention sur les sujets de débat ou plus largement toutes les formes de prise de position, de sous-entendus ou d'assertions sur les techniques et les animaux au cœur du processus d'innovation.

L'ensemble des observations et des entretiens semi-directifs (n=31) ont été intégralement retranscrits pour en faciliter l'analyse thématique au moyen d'un logiciel d'analyse de données qualitatives de la famille des CAQDAS : MaxQDA. Les CAQDAS (Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software) sont des logiciels conçus pour organiser, coder et questionner différents types de données qualitatives – entretiens, questions ouvertes, documents d'archives, observations ethnographiques, audio, vidéo… Dans le cadre de cette recherche, le travail d'analyse a consisté à classifier et catégoriser des données textuelles visant à identifier les modalités de production et de légitimation des connaissances relatives au BEA dans le cadre du processus collectif d'innovation. Le codage des données est le fruit de plusieurs itérations au gré desquelles sont tout d'abord inventoriées tous les segments sémantiques (paragraphes, phrases ou portions de phrases) relatifs au BEA [Code 1] et à l'innovation [Code 2]. Ce codage de premier ordre est suivi d'un codage de second ordre : l'ensemble des segments de chacun de ces deux codes (code 1 et code 2) ont ensuite été analysés afin de faire émerger et de caractériser l'hétérogénéité des connaissances et représentations du BEA d'une part (code 1) et de l'innovation d'autre part (code 2) qui circulent au sein du projet 3L.

2. Résultats et discussion

2.1. Connaissances et représentations du BEA

L'enquête a mis en lumière une diversité de définitions et de représentations du bien-être animal au sein du groupe projet. L'analyse montre notamment que le bien-être animal est appréhendé par les acteurs au prisme de trois visions principales [I] reposant sur trois types de connaissances [II].

[I] Le bien-être animal est principalement appréhendé au prisme de trois grandes visions qui dépendent du statut professionnel et les trajectoires des personnes enquêtées, ainsi que des contextes d'énonciations : (1) Certains des enquêtés s'appuient sur des moyens à mettre en œuvre, c'est-à-dire des bonnes pratiques d'élevage à adopter. Il s'agit d'un environnement maîtrisé et adapté, une bonne alimentation et une bientraitance (contraire de la maltraitance) : la gestion des températures (le chaud comme le froid) pour procurer du confort thermique ou encore l'usage de la radio pour éviter les stress pouvant être provoqués par les bruits générés par les éleveurs lorsqu'ils rentrent dans le bâtiment d'élevage constituent deux exemples de bientraitance très souvent évoqués par les acteurs de la filière et les éleveurs. (2) D'autres acteurs convoquent une évaluation de l'état physique et comportemental du lapin. Elle désigne une bonne santé mentale et physique. La possibilité d'exprimer une palette comportementale et notamment des comportements positifs (ex : relations sociales) : « *Normalement, ils ont quand même les oreilles dressées, la plupart du temps. Bon mais bien sûr s'ils dorment ils dorment mais voilà, un lapin qui ne dort pas, qui a les oreilles couchées sur le dos, qui est au fond de la cage, qui est un peu prostré, c'est un animal qui ne va pas bien.* » (3) Troisièmement : une évaluation par la production, c'est-à-dire par les performances du lapin (forte fertilité, productivité, croissance, faible mortalité) : « *une femelle reproductrice (...) est faite pour faire des petits tous les 42 jours, c'est bien ou c'est pas bien mais elle est faite pour ça, elle est sélectionnée pour ça - on va dire - par l'Homme* ».

[II] Ces trois visions principales du BEA reposent sur trois types de connaissances. (1) Premièrement il y a "*le sens commun*" qui est une connaissance que l'on ne questionne pas, qui est connu de tous depuis toujours. Il s'agit d'une connaissance que l'on retrouve chez la quasi-totalité des enquêtés, quelle que soit la profession : « *Même si c'est un animal de compagnie, un chien ne dort pas sur le lit, un chien doit rester un chien* » ; « *on n'a jamais vu dans la nature des lapines se regrouper, non, ce n'est pas ça le lapin.* » (2) Deuxièmement, il y a les connaissances analytiques, c'est-à-dire de savoirs construits à partir d'un raisonnement, d'une abstraction : « *par la question du bien-être des animaux, il faut appliquer différents courants éthiques, des philosophies morales* ». Ces savoirs peuvent notamment provenir de la littérature scientifique (Mormède et al., 2018). (3) Troisièmement, il y a les connaissances empiriques qui s'appuient souvent sur la compétence professionnelle des enquêtés, sur leur expérience vécue et, le plus souvent, sur leurs compétences professionnelles : « *je voyais déjà avec mon oncle - quand j'avais travaillé - que le bien-être animal, (...) qu'on n'allait pas laisser un animal souffrir, il fallait toujours que les animaux soient le mieux lotis possible* ».

2.2. Connaissances et représentations de l'innovation

Différentes formes et démarches d'innovation en élevage ont été décrites par Meynard et Dourmad (2014). L'enquête permet de souligner l'existence de différents rapports à l'innovation, et plus généralement au changement au sein du groupe projet. Les changements visés sont [I] de natures et [II] de degrés différents.

[I] Trois grandes catégories d'innovations et attentes relatives aux innovations portées par le projet 3L sont exprimées par les enquêtés. (1) Tout d'abord, des innovations techniques : il s'agit du registre dominant de changement visé, en accord avec les objectifs du projet 3L ; ces innovations techniques portent notamment sur des enjeux de conduite et/ou de logement des lapins. (2) Ensuite, des innovations organisationnelles : par exemple, la segmentation de la filière et la réorganisation des marchés visant, notamment, à créer les conditions d'une innovation technique économiquement soutenable (en valorisant davantage les produits afin de compenser les surcoûts relatifs aux changements techniques). (3) Enfin, des innovations communicationnelles : face aux attentes sociétales adressées à la filière, ce type d'innovation consiste à mieux informer les consommateurs et les citoyens sur les réalités de l'élevage de lapin et sur les qualités des produits qui en sont issus.

[II] L'enquête a également permis d'identifier trois degrés d'innovation auxquels se réfèrent les personnes du groupe-projet et auxquels elles rattachent les différents types d'innovation (technique, organisationnelle et communicationnelle). (1) Tout d'abord une vision de l'innovation « en rupture » avec l'existant. Cela se traduit concrètement, par exemple, par le souhait de certains acteurs du projet de sortir du système de logement « en cage » ou de s'en éloigner le plus possible, en explorant notamment les conditions de possibilité d'un élevage de lapin au sol, en groupe et/ou avec accès à l'extérieur. Ces acteurs cherchent à combiner les trois grandes catégories d'innovation (technique, organisationnelle et communicationnelle). (2)

D'autres défendent un rapport à l'innovation plus incrémental, qui consiste à améliorer l'existant. Ces personnes privilégient un travail d'amélioration des conditions de logement, à travers la mise en place d'enrichissements, l'agrandissement des cages ou encore la modification des bâtiments d'élevage (ex. y faire rentrer la lumière « naturelle » en créant des ouvertures). Les partisans d'un tel rapport au changement mettent principalement l'accent sur l'innovation technique. (3) Enfin certains acteurs du groupe-projet cherchent plutôt à « innover dans la continuité ». Il s'agit alors pour ces personnes de conserver le modèle conventionnel majoritaire – avec le moins d'aménagements ou de changements possibles – tout en montrant qu'il répond déjà largement aux nouveaux impératifs de protection animale adressés à la filière. Ces acteurs soulignent alors l'urgence qu'il y a à faire de la pédagogie et à stimuler l'innovation communicationnelle pour réhabiliter une filière injustement stigmatisée.

Conclusions

En conclusion, cette étude montre la diversité de représentations du BEA et du changement qui coexistent au sein du projet 3L. Cette analyse éclaire les conditions de construction d'une définition plus ou moins partagée du BEA et ses effets sur la dynamique de conception de systèmes d'élevage cunicole « socialement acceptés » au sein d'un Living-Lab.

Premièrement, au-delà d'une définition officielle unique rendue publique en amont du projet 3L (ANSES, 2018) et remobilisée explicitement au début de processus de conception engagé par le groupe-projet, la notion de bien-être animal est restée, tout au long du projet 3L, l'objet de connaissances et de visions hétérogènes, variant selon le statut professionnel et les trajectoires des personnes enquêtées, ainsi que selon les contextes d'énonciations.

Deuxièmement, alors que le projet 3L se présente dès le départ comme un projet tourné vers l'innovation technique en système d'élevage cunicole, l'étude du groupe-projet conduit à souligner que les différentes parties prenantes ne s'accordent ni sur la nature des innovations à conduire, ni sur le degré de changement pouvant être véritablement qualifié d'innovation.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Région Occitanie, le fonds FEDER et le CLIPP (projet Living Lab Lapins). Nous remercions vivement tous les participants du projet 3L sans qui cette recherche n'aurait pu avoir lieu.

Références

Arborio A.M., Fournier P. 2015. L'observation directe. Paris. Armand Colin.

Anses, 2018. Avis relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation ». Saisine n°2016-SA-0288. https://www.anses.fr/fr/system/files/SABA2016SA0288.pdf

Barthe Y., Callon M., Lascoumes P. 2014. Agir dans un monde incertain : Essai sur la démocratie technique. Paris. Le Seuil.

Eck S. 2017. Rapport sur des normes minimales relatives à la protection des lapins d'élevage. Rapport - A8-0011/2017 – Parlement européen.

Hossain, M., Leminen, S., Westerlund, M. 2019. A systematic review of living lab literature. Journal of cleaner production, 213, 976-988

Kaufmann J.C. 2011. L'entretien compréhensif. Paris. Armand Colin.

Meynard J.M., Dourmad J.Y. 2014. L'innovation en élevage : de nouvelles démarches pour de nouveaux enjeux. INRA Prod. Anim. 27 : 77-88.

Mormède P., Boisseau-Sowinski L., Chiron J., Diedrich C., Eddison J., Guichet J.L., Le Neindre P., Meunier-Salaün M.C. 2018. Bien-être animal : contexte, définition, évaluation.INRA Prod. Anim. 31 : 145-162.

EVALUATION D'AMENAGEMENTS DES LOGEMENTS VISANT A AMELIORER LE BIEN-ETRE DES LAPINS EN CROISSANCE ET DES LAPINES

Laura Warin[*1], Chantal Davoust[2], Floriane Derbez[3], Emilie Gillet[4], François Xavier Menini[5], Christophe Souchet[1], Laurence Fortun-Lamothe[3]

[1] ITAVI, L'orfrasière, 37380 Nouzilly, France
[2] WISIUM, Rue de l'église, 02400 Chierry
[3] UMR 1388 GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, INPT, ENVT, F-31326 Castanet-Tolosan
[4] CLIPP, 7, rue du Faubourg Poissonnière, 75009 Paris
[5] MIXSCIENCE, 2, avenue de Ker Lann, 35172 Bruz

[*]Auteur correspondant : warin@itavi.asso.fr

Résumé – La filière cunicole souhaite proposer des axes d'amélioration du bien-être des lapins tout en maîtrisant les surcoûts économiques, les progrès sanitaires et l'ergonomie dans les élevages. Le projet 3L (Living Lab Lapins) a identifié et évalué la pertinence de modifications réalisées sur des logements existants (témoin) qui visent à mieux répondre aux besoins comportementaux des lapins : ronger (bloc à ronger), se cacher (couvre nids), s'isoler (plateforme), se redresser (rehaussement de la cage), se déplacer / bondir (trappes de communication entre 4 à 6 logements et plateformes), se reposer sur un sol confortable (repose patte / caillebotis). Six fermes commerciales ont été équipées (1 module de 8 à 12 logements innovants par salle). Le bien-être des animaux a été évalué 1 semaine avant l'abattage en se basant sur la méthode EBENE®. L'état sanitaire a été noté sur toutes les lapines et tous les lapins en croissance des modules témoins et innovants étudiés (7 à 12 lapines et 68 lapins par module en moyenne). Les comportements ont été observés par la méthode du scan sampling pour les lapines ou *ad libitum* pour les lapins en croissance. Les données de comportements ont été analysées par des tests non paramétriques. Les poids et performances de reproduction ont été évalués par les éleveurs. Deux focus group ont été organisés (pendant et à la fin de l'essai) pour recueillir l'avis des éleveurs. Les trappes de communication, les plateformes et le rehaussement des cages ont permis d'observer en moyenne 2,7 fois plus de déplacements (p-value=0,004), 5,4 fois plus de redressements (p-value=0,02) et 4,6 fois plus de bonds (p-value=0,05) par rapport aux modules témoins. Peu de lapins ont été observés en train de ronger le bloc ou de monter sur la plateforme et aucune lapine n'a été observée en train de monter sur la plateforme. Ces résultats sont cohérents avec les observations des éleveurs. Les aménagements testés n'ont pas eu d'effet sur l'état sanitaire des animaux et les éleveurs n'ont mesuré aucun impact sur les poids ou les performances de reproduction. Lors des focus group, les éleveurs ont apprécié le maintien possible du fonctionnement en salles polyvalentes avec ces aménagements, tout en faisant part de certaines difficultés liées à l'ergonomie du matériel (ouverture des logements/couvres nids, manipulation des animaux, nettoyage). Les innovations proposées répondent à certains besoins comportementaux des lapins, sans compromettre leur santé, mais il faudra veiller à améliorer l'ergonomie au travail des éleveurs.

Abstract – Assessment of equipment to improve the welfare or fattening rabbits and rabbit does.
The rabbit industry aims to improve the welfare of rabbits without compromising the economic viability, the health status and the ergonomic of the farms. The 3L project (Living Lab Lapins) identified and evaluated the relevance of improvements to better meet the rabbits' behavioural needs: gnawing (gnawing block), hiding (opaque roof on nests), isolation (platform), standing up (raising the cage), jumping (communication hatches between 4 to 6 cages, platform), resting on a comfortable floor (plastic mat). Six commercial farms were equipped (8 to 12 improved cages were assessed in each farm). Rabbit welfare was assessed 1 week before slaughter, adapted from the EBENE® method. The health status was recorded on all rabbits in the studied cages (7 to 12 rabbit does and 68 fattening rabbits per farm in average). Behaviors were observed by scan sampling for female rabbits and *ad libitum* for growing rabbits. Behavioral data was analyzed by non-parametric tests. Weight and reproductive performance were evaluated by the farmers. Two focus group were organised to collect the farmer's point of view. The hatches, platforms and higher cages increased movements (2.7 times more on average, p-value=0.004), stands up (5.4 times more on average, p-value=0.02) and hops (4.6 times more on average, p-value=0.05). Gnawing blocks and platforms were not often used by the rabbits and no rabbit does was observed climbing on the platform. These results were confirmed by the farmers. The enrichments had no effect on the health status, the weight or the reproductive performance. The enrichments were compatible with polyvalent rooms, but the farmers highlighted some ergonomic issues (roof handling, animal handling, cleaning). The innovations meet some of the behavioural needs of the rabbits, without compromising their health, even if some improvements need to be done to improve ergonomics and working conditions.

Introduction

Les lapins, comme les autres animaux, ont des besoins comportementaux propres à leur espèce qu'ils expriment au cours de la journée. Le répertoire comportemental du lapin se caractérise notamment par le fait de rechercher et consommer de la nourriture, se déplacer librement (bonds), ronger, se dresser, se toiletter ou encore se reposer et dormir sans être dérangé (Coureaud et al., 2015). Ces comportements constituent des besoins, c'est-à-dire une exigence de survie et / ou de qualité de vie liée au maintien de l'homéostasie et aux motivations comportementales (ANSES, 2018).

Dans les élevages conventionnels, les lapins sont élevés dans des cages de moins de 0,5m² sans enrichissement du milieu de vie, qui ne leur permettent pas d'exprimer la totalité de leur répertoire comportemental. Par exemple, ce milieu de vie ne leur permet pas de bondir ou de se redresser librement. Or, une motivation non satisfaite entraîne de la frustration et peut avoir des effets négatifs sur la physiologie des animaux, ce qui impacte leur bien-être (Dawkins, 1988). La mise en place d'enrichissements en élevage est une des solutions possibles pour stimuler les animaux et ainsi améliorer leur bien-être.

Le projet 3L (Living Lab Lapins, 2018-2022) a permis, avec différents acteurs de la société civile, de co-constuire et d'évaluer la pertinence d'aménagements visant à mieux répondre aux besoins des lapins en élevage. Ces aménagements ont été développé en station expérimentale puis testés en fermes commerciales afin d'évaluer leurs intérêts et leurs limites du point de vue des animaux (performances, état sanitaire, comportement) et des éleveurs (impact sur la surveillance et la manipulation des animaux, le nettoyage, l'accessibilité et la manipulation du matériel et la satisfaction au travail).

1. Matériel et méthodes

1.1. Aménagements et élevages

Les aménagements proposés visaient à répondre à différents besoins comportementaux tels que ronger (1 bloc de 1kg de fourrages compressés à 80%, dont Lapety Bloc Fourrage – Wisium dans 3 élevages), se cacher (toit opaque installé au-dessus du nid), s'isoler (plateforme de 38cm x 24cm) et se déplacer (trappes de communication entre 4 à 6 cages contigües d'un même module). Le bloc de fourrages compressés a été retenu pour satisfaire le besoin de ronger car il a l'avantage d'être suspendu, ce qui évite les risques de salissures ou de coccidioses contrairement à un apport de fourrage brut. Ces aménagements ont été installés dans 1 à 2 modules de 8 à 12 logements chez 6 éleveurs volontaires de plusieurs organisations de productions. Le Tableau 1 ci-dessous présente la répartition des aménagements testés.

Tableau 1 : Aménagements testés

Besoin	Aménag.	Nb Croiss.	Nb Matern.
Ronger	Bloc de fourrages compressés	6	6
Se cacher	Nid couvert	6	0
S'isoler	Plateforme	8	6
Se redresser	Cage rehaussée	8	6
Se déplacer	Trappe	6	0

Aménag. = Aménagements ; Nb croiss. = Nombre de modules innovants étudiés pour les lapins en croissance (48 à 72 lapins par module) ; Nb matern.= Nombre de modules innovants étudiés pour les lapines en maternité (8 à 12 lapines par module). Le même nombre de module témoin a été étudié.

Les lapines et les lapins de 6 élevages commerciaux ont été évalués entre novembre 2021 et mars 2022, 1 semaine avant l'abattage des lapins. Le délai entre l'installation des aménagements et les suivis était variable et certaines femelles ont été plus longtemps au contact des aménagements que d'autres (entre 42 jours et 72 jours) au moment où les évaluations ont été réalisées. Tous les animaux de 1 module témoin (sans aménagement) et 1 module aménagé ont été observés dans chaque élevage et pour chaque stade (maternité et croissance).

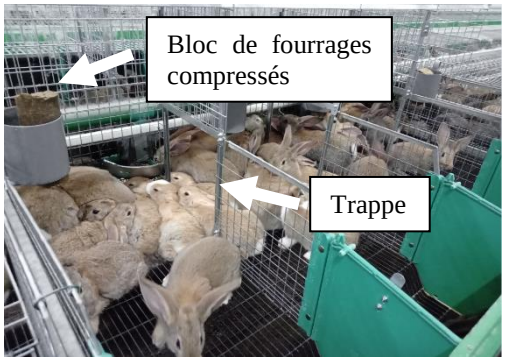


Figure 1 : Bloc de fourrages compressés et trappes entre 2 cages, lapins en croissance

1.2. Focus group avec les éleveurs

Les éleveurs ont été sollicités à deux reprises dans le cadre de focus group organisés en avril et juin 2022 afin de recueillir leurs perceptions des modules innovants installés dans leurs élevages. Ces deux rencontres ont été organisées sur le mode d'un partage d'expérience structuré par les questions suivantes : que pensez-vous des logements installés chez vous ? Comment appréhendez-vous les animaux dans ce nouveau contexte (observez-vous des différences de comportement) ? Quelle est l'incidence de ces logements sur votre travail d'éleveur et plus généralement sur vos pratiques d'élevage ? La seconde réunion a fait l'objet d'une retranscription intégrale afin d'en extraire des verbatims.

Les deux réunions, organisées à différentes temporalités d'utilisation des aménagements (pendant et à la fin du test), visaient à produire un bilan qualitatif circonstancié, fondé sur l'appréciation et l'expérience des éleveurs, centrale pour envisager le déploiement de ces aménagements en élevage standard commercial.

1.3. Observations comportementales

Des observations du comportement des lapins ont été réalisées par 2 observateurs différents en fonction de la localisation des élevages. Les observateurs se positionnaient devant les modules aménagés ou témoins. Les comportements observés étaient : repos, déplacement, bond (lapins en croissance uniquement), redressement, agression, interactions sociales, toilettage, stéréotypie, utilisation des aménagements (plateforme, bloc, cachette).

D'une part, les comportements des lapines ont été observés par la méthode de scan sampling (Altmann, 1974), en comptant le nombre d'animaux exprimant le comportement lors de 6 notations distinctes (7 à 12 lapines observées par scan et par module). La somme de chaque comportement a été calculée (par exemple 6 observations du comportement « toilettage ») puis rapportée au nombre total d'observations (42 à 72 observations au total par module).

D'autre part, les comportements des lapins en croissance ont été observés de façon continue pendant 2 minutes selon la méthode *ad libitum* (4 répétitions par module soit 8 min. d'observation au total), à l'exception du pourcentage de lapins au repos qui a été estimé et moyenné sur 2 observations par répétition (avant et à l'issue des 2 minutes d'observation). En moyenne, 50 lapins ont été observés par module (certains n'étant pas suffisamment visibles pour être observés correctement, ce qui explique l'écart entre le nombre de lapins observés et le nombre de lapins réellement présents). Ainsi, les données comportementales pour les lapins en croissance seront présentées en nombre d'expression du comportement en question rapporté à un nombre moyen de 50 lapins observés pendant 8 minutes (sauf pour le repos en pourcentage).

1.4. Performances et état sanitaire

L'état sanitaire a été noté par 2 observateurs sur 7 à 12 lapines par module, avec manipulation, et sur tous les lapins en croissance (en moyenne 68 lapins par élevage), avec palpation dans les logements. Les indicateurs observés étaient : maigreur, sale, plaies, abcès, mouchage, torticolis, mortalité, maux de pattes (lapines uniquement), mammites (lapines uniquement). Les performances zootechniques (poids et performances de reproduction) ont été mesurées par les éleveurs.

1.5. Analyses statistiques

Les données comportementales ne suivant pas une loi normale, l'analyse statistiques a été réalisée à l'aide de tests non paramétriques de Mann-Whitney (comparaison des occurrences ou pourcentages moyens par modalité). Les données d'état sanitaire des lapins et lapines ont été analysées par des tests de Khi-Deux. Les analyses statistiques ont été réalisée grâce à RStudio®.

2. Résultats et discussion

2.1. Permettre aux lapins de ronger

L'action de ronger participe à l'usure continue des dents des lapins (les lagomorphes possèdent deux paires d'incisives à la mâchoire supérieure dont une paire à croissance continue). En élevages, les lapins usent leurs dents grâce à des granulés complets adaptés. L'apport complémentaire de blocs de fourrages compressés, de bois brut ou encore de fourrages verts ou secs permet également de satisfaire ce comportement et d'occuper les lapins (Hawkins et al., 2008). En l'absence d'aménagement permettant aux lapins de ronger, ils semblent rediriger ce comportement en rongeant des éléments de la cage ou par des interactions négatives avec leurs congénères (Buijs, et al., 2011). Dans l'étude, le comportement ronger a été exprimé entre 0 et 6,4 fois sur 50 lapins observés pendant 8 minutes. En moyenne, ce comportement a été exprimé 1,8±2,1 fois sur 50 lapins observés pendant 8 minutes. Seule une lapine a été observée en train de ronger le bloc. Les éleveurs ont constaté des usages variables du bloc de fourrages compressés pour les lapins en croissance et les lapines (pas de pesées des blocs).

Dans la littérature, la consommation des blocs de fourrages compressés a été évaluée à 0.740g/j/lapin en moyenne dans le système d'élevage WELLAP® (Guené-Grand et al., 2021) tandis que Huang et al. (2021) ont observé une consommation de 23 à 29g/j de fourrages compressés pour des femelles reproductrices avec leur portée avant le sevrage. Il est possible que les observations ponctuelles de cette étude n'aient pas permis de détecter ce comportement qui peut être fugace. De plus, l'utilisation du bloc de fourrages compressés peut être impactée par l'âge des animaux, le caractère nouveau de cet aménagement, sa composition et son mode de présentation d'après certains acteurs de la filière cunicole.

2.2. Permettre aux lapins de se cacher

Dans la nature, le lapin de garenne passe la majeure partie de la journée dans son terrier pour se reposer et passe entre 1,5 heures et 5 heures hors de son terrier, majoritairement la nuit (Wallage-Drees, 1987). Dans l'étude, seuls les lapins en croissance avaient la possibilité de se cacher dans la zone nid couvert et seul 1 lapin a été observé en train de rentrer dans cette zone lors des observations.

Dans la littérature, une étude avec les mêmes aménagements en conditions expérimentales a relevé 12,1% des lapins dans la zone nid couvert à l'âge de 5 semaines (Fortun-Lamothe et al., 2021). A la vue de ce

résultat, il aurait été intéressant de compter le nombre de lapins dans la zone couverte dans notre étude en plus du nombre de lapins entrant dans cette zone.

2.3. Permettre aux lapins de s'isoler

Lorsqu'elles en ont la possibilité, les femelles s'isolent au moment de la mise-bas, quelques jours avant pour construire leur nid, et après la mise-bas (Coureaud et al., 2015). Il est également important pour les lapins de pouvoir s'isoler afin de fuir certains congénères de rang hiérarchique plus élevé. Dans l'étude, l'action de monter sur la plateforme a été exprimée entre 0 et 3,3 fois sur 50 lapins en croissance observés pendant 8 minutes. En moyenne, ce comportement a été exprimé 1,08±1,1 fois sur 50 lapins observés pendant 8 minutes. Aucune lapine n'a été observée sur la plateforme ou en train de monter sur la plateforme.

Dans la littérature, il a été observé en station expérimentale qu'en moyenne 18,5% des lapins en croissance utilisent les plateformes avec des allers et venues toutes les 11 minutes à 62 jours (Fortun-Lamothe et al., 2021) et 32% des lapines utilisent les plateformes (Huang et al., 2021). Un autre auteur indique que les lapines passent en moyenne 23% de leur temps sur les plateformes (Alfonso-Carillo et al., 2014). Le fait de monter sur la plateforme étant très furtif, il est possible que la méthodologie d'observation adoptée dans la présente étude n'ait pas permis d'estimer de façon suffisamment fine l'expression de ce comportement. De plus, l'utilisation de la plateforme peut être impactée par sa localisation, sa surface mais aussi par l'expérience des animaux (apprentissage nécessaire ?) et leur stade physiologique. En effet, la littérature indique un pic d'utilisation des plateformes les 2 semaines précédant le sevrage (+20%), probablement pour s'isoler des petits qui sortent du nid (Huang et al., 2021).

2.4. Permettre aux lapins de se redresser

De par leur statut de proie, les lapins sont très alertes et interrompent très régulièrement leurs activités pour observer leur environnement de vie en se redressant (Coureaud et al., 2015). Lors du redressement, le train postérieur reste au sol tandis que le corps est vertical, les oreilles dressées en direction du stimulus. Cette posture offre aux lapins une meilleure perception visuelle et auditive de leur environnement. Dans l'étude, les redressements étaient significativement plus fréquents dans les logements rehaussés (5,4 fois plus de redressements) avec en moyenne 1,7 redressements dans les cages basses et 7,8 redressements dans les cages rehaussées sur 50 lapins observés pendant 8 minutes (p-value=0,02), comme illustré sur la Figure 2. Pour les logements bas, les redressements étaient incomplets car il était impossible pour les lapins adultes de se relever entièrement, oreilles dressées. Aucune différence statistique n'a été mise en évidence chez les femelles de par une fréquence d'expression très faible de ce comportement (entre 0 à 4% des observations, en moyenne 1% des observations).

2.5. Permettre aux lapins de se déplacer

Le bond est le moyen de déplacement le plus fréquent chez le lapin tandis que le pas est une allure de transition chez l'adulte, majoritairement utilisé pour brouter en prairie. L'allure la plus rapide (25-30 km/h) est adoptée lors de la fuite face à un danger, le lapin se déplace alors par bonds successifs (Coureaud et al., 2015). Dans l'étude, les trappes de communication installées entre les cages pour les lapins en croissance ont permis une augmentation significative des déplacements et des bonds. Dans l'étude, les déplacements et les bonds étaient significativement plus fréquents dans les logements rehaussés que dans les logements bas (respectivement 2,7 fois plus pour les déplacements et 4,6 fois plus pour les bonds ; p-value=0,004 pour les redressements et p-value=0.05 pour les bonds), comme illustré sur la Figure 2. Cependant, aucune différence significative n'a été mise en évidence sur le pourcentage de lapins observés au repos (en moyenne 52% des lapins au repos dans les modules témoin contre 53% dans les modules aménagés).

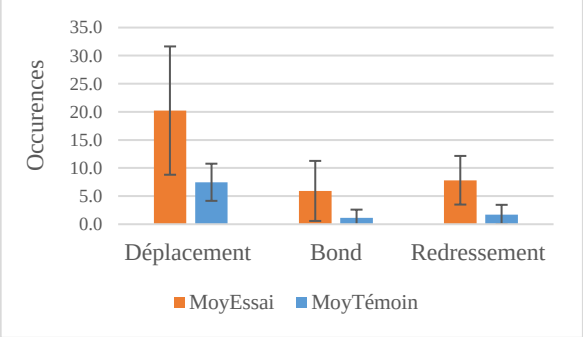


Figure 2 : Nombre de fois où les comportements ont été exprimés sur une moyenne de 50 lapins en croissance observés pendant 8 minutes

Dans la littérature, Fortun-Lamothe et al., (2021) ont observé en station expérimentale 1 changement de cage via les trappes en moyenne toutes les 3 minutes, ce qui est cohérent avec nos observations qui indiquent davantage de déplacements grâce aux trappes. Un autre moyen de stimuler les déplacements est de proposer aux lapins un accès extérieur. En extérieur, les déplacements représentent 20% des observations contre 8% en intérieur en système Mobigarenne (Fetiveau et al., 2021).

2.6. Impacts des aménagements sur les indicateurs d'état sanitaire

Les aménagements testés n'ont pas eu d'effet sur les indicateurs d'état sanitaire des lapins et des lapines collectés dans l'étude.

2.7. Point de vue des éleveurs sur les aménagements

Si les éleveurs n'ont pas constaté de différence sensible au niveau des performances de leurs animaux (sauf en cas de problème sanitaire où les effets sont décuplés par la multiplication des contacts entre les animaux), ils s'accordent en revanche sur le constat d'une mobilité plus importante des lapereaux en croissance permise par le système de trappes, tel l'un d'eux qui explique : « *sur le comportement des lapins, c'est vrai que le fait d'ouvrir et de communiquer entre les cages ça fait une plus grande surface accessible pour les lapins… le bien-être est réel sur les lapins* ». Un autre éleveur témoigne du fait qu'il a constaté, suite à un marquage de couleur : « *les animaux se mélangent bien, ils circulent dans tout le logement accessible* ».

Les éleveurs n'ont pas repéré d'utilisation différentielle de l'espace liée à la présence du couvre-nid. Mais en ce qui concerne les lapines, ils constatent une utilisation variable de la plateforme et du bloc de fourrages compressés, en fonction de la période, de l'expérience des animaux et du stade physiologique. Pour eux, qu'il s'agisse des lapins en croissance ou des lapines, les dispositifs testés n'ont pas eu d'incidence sur le poids, la santé ou la reproduction.

Les éleveurs ont fait état de dégradations de leurs conditions de travail liées à la présence des couvre-nids qu'ils jugent très chronophages à ouvrir, ce qui perturbe leurs capacités de surveillance de l'élevage, particulièrement sur la partie maternité. Ils questionnent également l'intérêt de ces couvre-nids pour les lapins (« *je ne sais pas s'ils y trouvent un intérêt, à se cacher dessous* » exprime l'un d'eux). Ils ont également regretté la lourdeur de l'ouverture panoramique du module qu'ils ont jugé peu ergonomique. Ils ont évoqué plusieurs pistes d'amélioration pour remédier à ces difficultés, par exemple d'inverser le sens d'ouverture du couvre nid.

Enfin, les éleveurs ont particulièrement apprécié le fait que les systèmes testés soient compatibles avec le mode de gestion des animaux en conduite en salles polyvalentes.

2.8. Coûts des aménagements

Bien que les surcoûts n'aient pas été calculés précisément dans cette étude, une simulation précédente indique un coût de production du système de référence à 1,88 €/kg et du système aménagé à 2,11 €/kg de poids vif (Koulete et al., 2021).

Conclusions

Les aménagements proposés répondent à certains besoins comportementaux des lapins, sans compromettre leur santé, même si des pistes d'amélioration doivent être retravaillées pour améliorer l'ergonomie au travail des éleveurs. Il semble important d'expliquer aux éleveurs les bénéfices de ces aménagements pour les lapins pour faciliter l'adhésion de ces derniers. Des pistes d'amélioration doivent être réfléchies pour que ces aménagements soient bien adaptés aux besoins lapins (ex : dimensions et emplacement des équipements, temps d'adaptation, …) sans compromettre la qualité de travail des éleveurs (ergonomie et temps de travail). Enfin, les éléments de coûts permettront d'aiguiller la filière sur les investissements prioritaires à mener au regard du bénéfice pour les animaux.

Remerciements

Les travaux de recherche ont été soutenus par la Région Occitanie, le CLIPP et le FEDER dans le cadre du projet 3L. Merci aux éleveurs pour leur implication, aux établissement Chabeauti pour la fourniture du matériel et aux organisations de productions partenaires impliquées dans ces essais. Merci également aux acteurs du consortium 3L pour leur contribution à la démarche participative.

Références

Alfonso-Carrillo C., Martin E., De Blas C., Ibanez M.A., Garcia-Rebollar P., Garcia-Ruiz A.I., 2014. Effect of cage type on the behaviour pattern of rabbit does at different physiological stages. World Rabbit Science 22, 59-69.

Altmann J 1974. Observational Study of Behavior: Sampling Methods. Behaviour 49, 227–266

Buijs S, Keeling LJ et Tuyttens FAM, 2011. Behaviour and use of space in fattening rabbits as influenced by cage size and enrichment. Applied Animal Behaviour Science, 134 (3-4), 229-238

Coureaud, G., Rodel, H.G., Le Normand, B., Fortun-Lamothe L., Bignon, L. 2015. Comportement. In: Le lapin: de la biologie à l'élevage, T. Gidenne (ed.), Quae éditions, Paris, Chapitre 4, 107-136.

Dawkins, M. S., 1988. Behavioural deprivation: a central problem in animal welfare. Applied Animal Behaviour Science, 20(3-4), 209-225.

Fetiveau M., Savietto D., Gidenne T., Pujol S., Aymard P., Fortun-Lamothe L., 2021. Effect of access to outdoor grazing and stocking density on space and pasture use, behaviour, reactivity, and growth traits of weaned rabbits. Anim., 15

Fortun-Lamothe L., Breda J., Savietto D., Aymard P., Combes S., Gidenne T., Warin L., Huang Y., 2021. Space use and exploratory behaviour in growing Rabbit housed in large partitioned pens. World Rabbit Science Association 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021

Guené-Grand E., Davoust C., Launay C., 2021. A new alternative outdoor housing method (WELLAP®). For fattening rabbits: first results. World Rabbit Science Association 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021

Hawkins P., Hubrecht R., Buckwell A., Cubitt S., Howard B., Jackson A., Poirier G.M., 2008. Refening rabbit care - A ressource for those working with rabbits in research. RSPCA & UFAW

Huang Y., Breda J., Savietto D., Debrusse A., Combes S., Gidenne T., Warin L., Fortun-Lamothe L., 2021. Part-time grouping of rabbit does in enriched housing: Effects on spatial position, performance and lesions. World Rabbit Science Association 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021

Koulete E., Cadudal F., Huang Y. et Fortun-Lamothe L., 2021. Évaluation des conséquences socio-économiques d'une modification de la conduite ou du logement des lapins visant une meilleure prise en compte du bien-être en élevage. Journée ITAVI lapin de chair, Jeudi 21 janvier 2021 (webinaire)

Wallage-Drees M.J., 1987. A field study on seasonal changes in the circadian activity of rabbits. Z. Säugetierkunde 54: 22-30

ETUDE DU COMPORTEMENT DU LAPIN D'ENGRAISSEMENT SELON QUATRE MODES DE LOGEMENT

Rebours G.[1*], Raffin J.[1], Vastel P.[1], Reys S.[1]

[1] Techna France Nutrition, B.P 10, 44220 Couëron, France.

[*]Auteur correspondant : gwenael_rebours@techna.fr

Résumé – Dans un contexte de remise en question du bien-être animal en élevage cunicole, différents systèmes de logement ont été développés, mais il n'existe pas à ce jour de comparaison en contemporain de plus de deux modes de logement. Cette étude compare les comportements de 454 lapins d'engraissement âgés de 32 à 71 jours selon 4 modes de logement : cage conventionnelle (CG), parc grillagé (PG), enclos au sol avec ou sans accès à l'extérieur (respectivement ESE et ES). Des films ont été réalisés pendant tout l'essai et analysés par la méthode de scan sampling à 3 âges (41j, 55j, 69j) et 3 horaires distincts (9h, 12h, 24h). Les comportements ont été regroupés selon 7 catégories et reliés à 6 zones. Indépendamment des logements et périodes étudiés, l'activité principale est « se reposer » (66% des lapins), suivie principalement de « s'alimenter » (12%), « se toiletter » (9%) et « se déplacer » (8%). Le comportement « se reposer » varie surtout selon l'accès extérieur (70% en ES contre 58% en ESE ; $p<0.05$). Parmi les 6 zones, il s'effectue principalement sur le sol (50%). A l'échelle de chaque enrichissement, le repos est l'activité majoritaire ($p<0.05$). « S'alimenter » concerne respectivement 8%, 12%, 12% et 15% des lapins en CG, PG, ES, et ESE. Au cours des semaines, « s'alimenter » diminue uniquement pour les enclos au sol ($p<0.05$). « Se toiletter » concerne 16% des lapins en CG (versus 7% en moyenne dans les autres logements) et évolue de 10% à 41j à 21% à 69j, suggérant une surexpression de ce comportement en CG. « Se déplacer » atteint 13% en ESE (versus 6% en moyenne pour les 3 autres logements) et est significativement plus élevé à 9h (26% versus 8% en moyenne pour les autres logements ; $p<0.05$) en lien avec l'ouverture récente du parcours. « Se dresser » est très peu observé même lorsque les lapins ont plus la possibilité de le faire en parc et au sol. Pour les animaux ayant un accès à l'extérieur (ESE), le parcours est fortement fréquenté à 9h (61% versus 14% à 12h) tout au long de l'engraissement, avec une forte diversité de comportements (ronger, creuser des terriers, …). La lecture des résultats zootechniques semble indiquer une meilleure valorisation alimentaire en CG et PG, et une plus grande sensibilité sanitaire en ES et ESE. Les systèmes de logement au sol testés permettent donc de satisfaire certains besoins comportementaux des lapins, qui tendent à améliorer leur bien-être et à répondre aux attentes des consommateurs. Cependant, ils semblent moins performants. Ces éléments doivent servir de base à de nouvelles investigations autour d'une méthode d'évaluation multicritères adaptée aux grands groupes qui intègre le bien-être mais aussi la performance des animaux et le confort de travail des éleveurs.

Abstract – Several housing systems have been developed to meet increasing social expectations regarding rabbit welfare. But no simultaneous comparison of more than two housing systems has been done. This study compares the behaviours of 454 fattening rabbits from 32 to 71 days old, in 4 different housing systems: conventional cages (CG), wired pen (PG), floor pens with and without outside access (respectively ESE and ES). Movies were recorded all along the trial and were analysed by the scan sampling method at 3 ages (41d, 55d, 69d) and at 3 different hours (9.00 am, 12.00 am and 12.00 pm). Behaviours were grouped in 7 categories and were linked to 6 zones. Regardless of housing systems and periods studied, the main activity is "resting" (66% of animals), mainly followed by "feeding and drinking" (12%), "grooming" (9%) and "moving" (8%). "Resting" varies mostly according to the outside access (70% in ES versus 58% in ESE; $p<0.05$). Among the 6 zones, the rest is mainly expressed on the floor (50%). For every enrichment, the rest in the main activity ($p<0.05$). « Feeding and drinking » involves respectively 8%, 12%, 12% and 15% of rabbits in CG, PG, ES, and ESE. This activity decreases with increasing weeks only for floor pens ($p<0.05$). « Grooming » is expressed by 16% of rabbits in CG (versus in average 7% in other housing systems) and evolves from 10% à 41d to 21% at 69d, which suggests an overexpression of this behaviour in CG. « Moving » is equal to 13% in the ESE (versus 6% in average for the other housing systems) and is significantly higher at 9.00 am (26% versus 8% in average for the other housing systems; $p<0.05$) due to the recent opening of the outside area. « Standing » is rarely observed even though rabbits have more the possibility to do it in pens. For animals with an outside access (ESE), the outside area is highly used at 9.00 am (61% versus 14% at 12.00 am) all along the fattening period, with a strong diversity of behaviours (gnawing, digging a burrow, …). Performance results show a better feed valorisation in CG and PG, and a higher sanitary sensitivity in ES and ESE. Floor systems tested allow to satisfy some behavioural needs of rabbits, which tend to improve their welfare and to meet the consumer' expectations but they seem to perform less. These information should help to develop new works on a multi-criteria evaluating method more suitable to large group including the animal welfare and performances as well as working comfort of the breeder.

Introduction

Le bien-être animal est au cœur des préoccupations de l'ensemble des productions animales. Dans les élevages cunicoles, l'amélioration du bien-être des lapins se traduit notamment par l'étude et la concrétisation de systèmes de logement, avec des caractéristiques nouvelles comme l'enrichissement de l'environnement, le logement collectif en groupes plus ou moins grands, ou encore les systèmes en plein air (EURCAW-Poultry-SFA, 2021). L'objectif est d'offrir aux lapins la possibilité d'exprimer davantage de comportements naturels (se dresser, bondir, s'isoler…), tout en maintenant leurs performances.

C'est ainsi qu'ont vu le jour les cages dites « bien-être » ou « enrichies » et les parcs surélevés grillagés d'une trentaine de lapins, mais ils sont constitués de grillage décrié par les associations de consommateurs. Aussi, des systèmes de logements au sol sur caillebotis sont apparus depuis en France, accueillant des effectifs plus importants (> 100 lapins) et permettant des enrichissements plus variés.

En parallèle, plusieurs enquêtes révèlent que plus de 60% des consommateurs souhaitent que les animaux puissent avoir accès à l'extérieur (Roguet C., 2017). Or, seuls quelques élevages spécifiques en France offrent cette possibilité aux lapins (systèmes en plein air, élevage biologique). Dans ce contexte global, quelques études ont comparé différents systèmes de logements cunicoles se différenciant sur la taille du logement, la densité, le type de sol ou les enrichissements ; mais aucune, à notre connaissance, n'évalue plus de deux modes de logements en contemporain, avec notamment des grands groupes et un accès à l'extérieur.

Cette étude vise à comparer les comportements de lapins d'engraissement selon 4 modes de logement.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux et Schéma expérimental

L'essai a été conduit à la station expérimentale de Saint Symphorien au printemps 2022. Au sevrage (32j), un total de 454 lapins de souche Hyplus Optima x P69J9, ont été répartis en 4 groupes selon leur poids. Il leur a été distribué de l'eau fraîche et un aliment commercial (14.9% de protéine, 3.2% de matière grasse, 17.6% de cellulose) à volonté.

1.2. Logements

Les 4 groupes expérimentaux se distinguent par 4 modes de logements (Tableau 1 ; Illustration 1) : **1) *Cage grillagée (CG) :*** 28 lapins répartis dans 4 cages de 7 lapins d'une surface de 0.42cm² pour une densité de 16.7 lapins/m² ; **2) *Parc grillagé (PG) :*** 28 lapins logés dans un parc grillagé d'une surface de 2m² avec deux mezzanines de 0.4m² chacune pour une densité de 14 lapins/m² au sol ; **3) *Enclos au sol sans accès extérieur (ES) :*** 200 lapins logés dans un enclos au sol en caillebotis plastique d'une surface de 16m² avec des plateformes (PF) d'une surface totale de 0.88m², pour une densité de 12.5 lapins/m² au sol ; **4) *Enclos au sol avec accès extérieur (ESE***) : 198 lapins logés dans le même type d'enclos que le ES (surface, densité, enrichissements), mais avec un accès de 8h à 16h, à un parcours extérieur de 13m² partiellement végétalisé.

Tableau 1 : Caractéristiques des logements

	CG	PG	ES	ESE
Nombre lapins	28	28	200	198
Surface sol intérieur	0.42cm²	2m²	16m²	16m²
Densité (sol intérieur)	16.7 lapins/m²	14 lapins/m²	12.5 lapins/m²	12.5 lapins/m²
Type & surface de plateforme	/	Grillage et plastique 0.8m²	Plastique plein 0.88m²	Plastique plein 0.88m²
Surface extérieure	/	/	/	13m²
Lumière	Néons 8h-17h30	Néons 8h-17h30	Lumière naturelle	Lumière naturelle
Nombre de mangeoires	1 (6.4cm/lp)	4 (3.2cm/lp)	4 (2.8cm/lp)	4 (2.8cm/lp)
Nombre de pipettes	1 (1 / 7 lp)	4 (1 / 7 lp)	16 (1 / 12 lp)	16 (1 / 12 lp)
Enrichissements intérieurs	/	2 mezz. 1 tube	2 PF 1 niche 2 tubes	2 PF 1 niche 2 tubes
Enrichissements extérieurs	/	/	/	1 PF 1 tube

Illustration 1 : Photographies de 1) Cages grillagées (CG) ; 2) Parcs grillagés (PG) ; 3) Enclos au sol (ES) ; 4) Parcours extérieur (ESE)

1.3. Contrôles et mesures

Des caméras ont été installées dans chaque logement et des vidéos ont été réalisées tous les jours de l'essai à différents horaires, de jour comme de nuit. Dans le cadre de cette étude, 3 âges (41j, 55j, et 69j) ont été étudiés afin de suivre l'évolution des comportements des lapins tout au long de l'essai. Le choix des analyses a été porté sur les vidéos du samedi (moindre perturbation humaine) à 3 horaires distincts qui couvrent l'ensemble d'une journée : 9h, 12h et 24h.

Les films ont été analysés par la méthode de scan sampling : pour chaque horaire, 3 séquences de 10

secondes espacées de 5 minutes ont été étudiées. A l'extérieur, et donc uniquement en ESE, chaque résultat d'un horaire est issu de la moyenne de 3 jours différents afin de minimiser l'impact des conditions climatiques sur l'utilisation de l'aire extérieure.
Les comportements des lapins ont été regroupés selon plusieurs catégories, inspirées d'EBENE® (Warin et al., 2017) : s'alimenter (regroupant les activités de manger et boire), se toiletter, se reposer, se déplacer (déplacement court quand moins de 3 bonds, et déplacement long quand supérieur ou égal à 3 bonds), se dresser, interagir socialement (interactions positives et agressions) et les comportements « autres » (par exemple s'étirer, se frotter, ronger du non alimentaire…). Ces comportements ont été reliés à 6 zones qui ont été définies au préalable : mangeoire, pipette, PF, cachettes (niche, tube), sol et parcours (herbe, caillebotis extérieur).
Pour chaque logement, tous les lapins ont été comptés et classés selon leur comportement et la zone occupée. Puis l'effectif de lapins concerné a été rapporté à l'effectif total, résultant en une proportion d'individus par activités et zone utilisée. A noter que pour éviter des biais, l'analyse des vidéos a été réalisée par une seule et même personne.
Par ailleurs la mortalité et les paramètres d'ambiance ont été relevés quotidiennement. Des pesées de l'ensemble des animaux et les bilans alimentaires ont été réalisés une fois par semaine.

1.4. Analyses statistiques

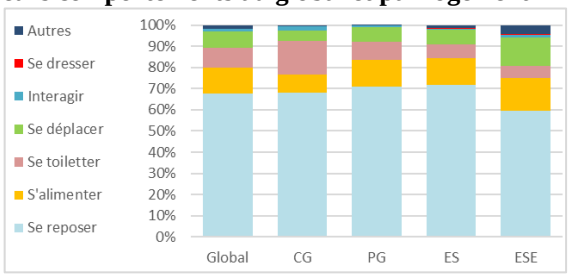
Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R (version 3.6.0) par Chi² (seuil de 5%) sur un effectif moyen. Lorsque les effectifs étaient statistiquement trop faibles, un test exact de Fisher a été appliqué.
Seules les performances n'ont pas été analysées statistiquement en raison de l'absence de répétitions.

2. Résultats et discussion

2.1. Activités moyennes

Indépendamment des logements, des semaines et des horaires étudiés, l'activité principale des lapins est « se reposer » (66% des animaux), suivi de « s'alimenter » (12%), « se toiletter » (9%), et « se déplacer » (8%) (Figure 1). Cette répartition est proche de celle observée par Huang et al. (2021) qui indiquent que quel que soit le logement, 76% des lapins sont au repos, 15% mangent, et moins de 2% se déplacent (logés en cage et parc).
Les activités « interagir socialement », « se dresser » et « autres » représentent un pourcentage mineur de lapins (respectivement 1.1%, 0.3% et 1.5%). Ces chiffres peuvent s'expliquer par des comportements furtifs et donc difficilement détectables par la méthode du scan sampling. Ferraz et al. (2019) indiquent également que le temps passé par les lapins à manifester des comportements de jeu et d'exploration représente moins de 10% du temps total observé (contexte en cage bicellulaire).
L'étude de ces activités dans le temps montre que le pourcentage de lapins au repos diminue en fin d'engraissement : 66% à 41j et 69% à 55j, contre 62% à 69j ($p<0.05$). Le pourcentage de lapins qui s'alimentent a également tendance à baisser (14% à 41j versus 10% à 69j) ($p=0.055$). Ces évolutions se font au profit du toilettage (7% à 41j et 8% à 55j, contre 12% à 69j ; $p<0.05$) et des déplacements (6% à 55j contre 10% à 69j ; $p<0.05$).
De plus, il existe un effet de l'horaire : à 12h le pourcentage de lapins au repos est plus important (75% versus 61% à 9h et 24h ; $p<0.05$). Ce constat est en accord avec Diez et al. (2013), qui ont montré que les lapins sont inactifs durant la journée. Cette augmentation du repos se fait principalement au détriment des activités « s'alimenter » (7% à 12h, versus 11% à 9h et 17% à 24h ; $p<0.05$) et « se déplacer » (4% à 12h et 6% à 24h, versus 13% à 9h ; $p<0.05$). Ces comportements peuvent être reliés au rythme circadien du lapin nourri à volonté.
A noter que ces moyennes masquent des disparités en fonction des logements.

Figure 1 : Répartition moyenne des lapins selon leurs comportements au global et par logement



2.2. Activités en fonction du type de logement

- **Se reposer** : sur les périodes observées, cette activité principale n'est pas différenciante entre CG (68%), PG (67%) et ES (70%). Par contre les lapins se reposent moins dans le dispositif avec parcours que dans les autres logements : 58% en ESE ($p<0.05$). Ainsi, c'est l'accès extérieur qui impacterait le repos et non la densité ou l'aménagement des espaces intérieurs. Ce constat est en accord avec Fetiveau et al. (2021) qui indiquent que les lapins sont plus actifs dehors avec une plus grande diversité de comportements exprimés, indépendamment de la densité (parc grillagé avec et sans parcours extérieur).
Bien qu'en moyenne l'activité « se reposer » baisse significativement au cours des semaines, ce constat n'est pas observé au sein de chaque logement. Cela est contradictoire avec Trocino et Xiccato (2006) qui indiquent, pour les lapins logés en cage, une augmentation du repos avec l'âge, qu'ils attribuent à un manque d'espace.
Parmi les 6 zones des logements, le repos s'effectue principalement sur le sol (50%) car c'est la zone la plus facilement accessible et disponible. Près d'un quart des lapins se repose en zone d'alimentation (17% près des pipettes et 7% près des mangeoires). Dans les logements qui en disposent, les enrichissements sont également utilisés pour le repos à hauteur de 30% (15% sous les PF, 12% sur les PF et 3% dans les cachettes). Notons que les PF sont

fortement utilisées au regard de leur surface disponible : en PG 19.3 lapins/m² de PF pour une densité au sol de 14 lapins/m² ; et dans les enclos 28.3 lapins/m² de PF (densité au sol de 12.5 lapins/m²).
En ESE, parmi les lapins présents sur le parcours extérieur, 15% d'entre eux sont au repos.

- **S'alimenter** : Le pourcentage de lapins observés à s'alimenter durant les horaires étudiés est de respectivement 8%, 12%, 12% et 15% en CG, PG, ES, et ESE. On pourrait s'attendre à avoir davantage de lapins en cage s'alimentant, comme l'indiquent Trocino et Xiccato (2006), puisqu'ils ne disposent pas d'enrichissement et que l'espace disponible est restreint, ce qui n'est pas le cas dans notre étude.
Au cours des semaines, bien que la tendance moyenne des 4 logements soit à la baisse, l'activité « s'alimenter » diminue uniquement pour les enclos au sol : en tendance en ES (15.5% à 41j versus 9.3% à 69j, p=0.062), et de façon significative en ESE (19.1% à 41j et 15.6% à 55j vs 8.9% à 69j, p<0.05).
En enclos au sol, l'accès à un parcours extérieur (ESE) permet d'observer, aux horaires étudiés et parmi les lapins qui s'alimentent, 47% à brouter au détriment de l'aliment et de l'eau de boisson (53%). Ce pourcentage varie au cours de l'engraissement : 34% à 41j, 83% à 55j et 0% à 69j (s'expliquant par une absence d'herbe à disposition) (p<0.05).

- **Se toiletter** : durant nos observations, cette activité concerne 16% des lapins en CG versus 7% en moyenne dans les autres logements (8% en PG et 6% en ES et ESE). Ribikauskas et al. (2010) ont également constaté davantage de toilettage en cage qu'en parc (8.5 vs 5.2%). En CG, le toilettage évolue de 10% à 41j, 17% à 55j et 21% à 69j. Bien que ces différences ne soient pas significatives, on peut supposer que dans un environnement de vie plus pauvre comme la cage, les lapins semblent surexprimer le comportement de toilettage.

- **Se déplacer** : sur les jours et les horaires étudiés, cette activité est de 13% en ESE, alors qu'elle est en moyenne de 6% pour les 3 autres logements (5% en CG, 6% en PG et 7% en ES). Cet écart est lié à la présence du parcours extérieur, puisque les effectifs de lapins se déplaçant à l'intérieur des bâtiments varient entre 5% et 7% quel que soit le logement. De plus, le pourcentage de déplacements courts et longs croît de façon non significative entre CG et ESE (Tableau 2). Ainsi, c'est l'accès à l'extérieur qui semblerait susciter davantage de déplacement que l'espace disponible supplémentaire.

Tableau 2 : Types de déplacements en fonction du logement (% d'animaux observés)

	CG	PG	ES	ESE
Courts	3.2%	4.1%	4.4%	7.9%
Longs	1.6%	2.1%	2.4%	5.1%

A 9h, l'ESE compte davantage de déplacements (26% versus en moyenne 8% pour les autres logements ; p<0.05) que l'on peut attribuer à la récente ouverture des trappes. A 12h et 24h, les déplacements sont plus faibles qu'à 9h (3 à 8% ; p<0.05). Ces valeurs sont proches de l'étude de Ribikauskas et al. (2010) : en moyenne (cage et parc) 5.4% à 12h et 11.9% à 24h.

- **Se dresser** : en CG, aucun lapin n'a été observé « dressé », probablement par manque d'espace. Dans les autres logements, qui facilitent ce comportement, il y avait seulement 0.2% de lapins dressés en PG, 0.4% en ES et 0.6% en ESE. Cela est en accord avec Huang et al. (2021), qui indiquent que « se dresser » concerne moins de 1% des lapins (en cage et parc). La faible proportion de ce comportement de vigilance est probablement lié au fait qu'il est rapidement exprimé.

- **Interagir socialement** : les interactions entre congénères sont très faibles quel que soit le logement (0.3 à 2.1%). Cela semble en opposition avec les conclusions de Trocino et Xiccato (2006) qui indiquent davantage d'interactions sociales dans les parcs (10% des observations) comparés aux cages (4% des observations). Cela peut être expliqué par une méthode de comptage différente de notre étude, et par la difficulté de distinguer de tels comportements, notamment dans des grands groupes d'animaux. De plus, très peu d'agressivité (0 à 0.32%) a été constatée alors que les études citent régulièrement l'apparition de blessures significatives dans des grands groupes de lapins (EURCAW-Poultry-SFA, 2021).

- **Utilisation du parcours** : pour les animaux ayant un accès à l'extérieur (ESE), en moyenne 38% des lapins fréquentent le parcours malgré la disparition progressive d'herbe disponible (Figure 2) : 32%, 46% puis 36% pour les 3 semaines d'engraissement étudiées. Cela laisse penser que les lapins ont un fort attrait pour l'extérieur même en l'absence de ressource alimentaire. On constate un effet du moment de la journée, puisqu'à 9h, soit 1h après l'ouverture des trappes, l'aire extérieure est fortement utilisée : 61%. Alors qu'à 12h, seulement 14% des lapins sont dehors. Ces valeurs semblent conformes à celles indiquées par Guéné-Grand et al. (2021) avec un pourcentage de lapins présents à l'extérieur en moyenne de 13%. Les températures pourraient être un facteur d'explication d'une baisse de fréquentation du parcours entre 9h et 12h.

Figure 2 : Evolution du parcours extérieur

Bien qu'il n'y ait pas eu d'épisode de forte chaleur (température extérieure maximum inférieure à 25°C) pendant les périodes d'analyse des films, nous avons pu observer lors de journées chaudes que les lapins

restaient dehors surtout s'ils avaient la possibilité d'accéder à une zone ombragée.

2.3. Activités selon le type d'enrichissement

Pour l'ensemble des enrichissements, l'activité « se reposer » est majoritaire et significativement plus élevée que les autres activités ($p<0.05$) (Tableau 3).
Sous les PF, on observe 7 à 10% de lapins en journée contre 4% à 24h. Cela peut s'interpréter comme un besoin de s'abriter, comme l'évoquent Trocino et Xiccato (2006), où les lapins n'apprécient manifestement pas de plafond haut (30 et 40 cm versus 20 cm) ou une absence de « plafond ».
Dans l'herbe, même si le repos est l'activité majoritaire, les caractéristiques de cette zone donnent aux lapins l'opportunité d'exprimer d'autres comportements, comme nous avons pu l'observer (ronger du non alimentaire, creuser des terriers, …).

Tableau 3 : Répartition des activités selon le type d'enrichissement (% d'animaux observés)

	Sur PF	Sous PF	Cachettes	Herbe
Se reposer	69%	76%	76%	45%
Se toiletter	13%	9%	0.3%	0.5%
Se déplacer	12%	12%	22%	23%
S'alimenter	0%	2%	0%	21%
Autres	6%	2%	2%	11%

2.4. Performances

Les données descriptives de performances techniques et sanitaires sont indiquées dans le Tableau 3. Aucune mortalité n'a été constatée en CG et PG tandis qu'elle atteint 8% dans les deux logements au sol, principalement pour cause digestive. Cela peut s'expliquer par un grand nombre de lapins par groupe qui faciliterait la diffusion des pathogènes entre animaux. Les poids tendent aussi à être plus faibles dans les logements au sol, ce qui peut être la résultante des soucis sanitaires. La consommation d'aliment inférieure (-20%) peut aussi expliquer des performances de croissances diminuées, d'autant plus que les indices de consommation ne sont pas dégradés. Si les contre-performances en enclos au sol étaient confirmées, il conviendrait de travailler l'approche nutritionnelle.

Tableau 3 : Performances

	CG	PG	ES	ESE
Poids sevrage 32j (g)	998	1001	1002	1002
Poids vente 71j (g)	3106	3057	2708	2630
Consommation moyenne journalière (CMJ) (g/j)	190	184	147	149
Indice de consommation (IC)	3.52	3.49	3.35	3.57
% mortalité	0%	0%	8%	8%

A noter que, par type de logement, le pourcentage de lapins observés à s'alimenter n'est pas en accord avec les CMJ mesurées. Cela peut être lié à l'absence de suivi individuel des animaux, à une accessibilité de mangeoire différente (linéaire ou circulaire) et/ou à la taille de groupe.

Conclusions

Cette étude a permis d'observer et de quantifier simultanément la diversité des comportements des lapins, à la fois dans des cages et trois systèmes alternatifs. Sur les périodes étudiées, les modifications de comportements les plus significatives ont été observées en enclos au sol avec parcours extérieur avec une baisse du repos et une augmentation des déplacements peu après l'ouverture du parcours. D'autres tendances suggèrent que l'augmentation et l'aménagement de l'espace permettent l'expression de comportements naturels du lapin, mais en contrepartie ils semblent perturber leurs performances.
La méthode d'évaluation du comportement des lapins comporte des limites avec les groupes de grands effectifs qu'il conviendra d'adapter pour obtenir une méthode d'évaluation multicritères intégrant à la fois le bien-être et les performances des lapins ainsi que le confort de travail des éleveurs.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble du personnel qui a contribué à la réalisation et au suivi de l'essai.

Références

Díez C., Sánchez-García C., Pérez J.A., Bartolomé D.J., González V., Wheatley C.J., Alonso M.E., Gaudioso V.R. 2013. Behavioural activity of wild rabbits (oryctolagus cuniculus) under semi-natural rearing systems: establishing a seasonal pattern. World Rabbit Sci. 21, 263–270.

EURCAW - European Union Reference Centre for Animal Welfare Poultry SFA – Rabbit review. 2021.

Ferraz P.F.P., Ferraz G.A.S., Barbari M., Silva M.A.J.G., Damasceno F.A., Cecchin D., Castro J.O., 2019. Behavioural and physiological responses of rabbits. Agronomy Research 17(3), 704–710.

Fetiveau M. et al.. 2021, outdoor access for growing rabbits: effect of stocking rate on behaviour and performance- 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021.

Guené-Grand E., Davoust C., Launay C., 2021. A new alternative outdoor housing method (Wellap®) for fattening rabbits: behavior and space use. 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021.

Huang Y., Breda J., Savietto D., Labatut D., Pujol S., Combes S., Gidenne T., Warin L., Fortun-Lamothe L., 2021. E, effect of housing and enrichment on behaviour and performance of growing and reproducing rabbits. 12th World Rabbit Congress - November 3-5 2021.

Ribikauskas V., Ribikauskiene D., Skurdeniene I., 2010. Effect of housing system (wire cage vs group-housing) and in-house air quality parameters on the behavior of fattening rabbits. World Rabbit Sci., 18:243-250.

Roguet C., 2017. « Acceptabilité des élevages par la société en France » Cartographie des controverses, mobilisations collectives et prospective. Projet Accept.

Trocino A., Xiccato G ., 2006. Animal welfare in reared rabbits : a review with emphasis on housing systems. World Rabbit Sci., 14 :77-93.

Warin L., Mika A., Souchet C., Bouvarel I., Bignon L. 2017, Construction d'une méthode pratique et partagée d'évaluation du bien-être du lapin d'élevage : Ebene - 17èmes Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France.

ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE L'UTILISATION DE L'ESPACE DE LAPINS EN CROISSANCE ELEVES DANS UN NOUVEAU SYSTEME DE PARCS AU SOL

Gohier C.[1*], Menini F.X.[1], Moreau R.[1], Leroy G.[2]

[1]MIXSCIENCE, 2 avenue de Ker Lann, 35170, Bruz, France
[2]SANDERS OUEST, Le Pont d'Etrelles, 35370 Etrelles, France
[*]Auteur correspondant : charly.gohier@mixscience.eu

Résumé – Pour répondre aux nouvelles attentes sociétales, un logement alternatif à la cage, appelé CUNILOFT®, a été développé pour permettre d'élever des lapins en groupes et au sol, tout en préservant de bonnes conditions de travail de l'éleveur. L'objectif de cette étude était de comparer l'expression des comportements naturels (explorer l'environnement, se déplacer, se cacher, etc…) exprimés par des lapins élevés dans ce logement alternatif par rapport à des lapins élevés en cages classiques. Un total de 1 956 lapins ont été répartis en deux groupes : un groupe Enclos (164 lapins répartis dans 8 enclos au sol, soit une densité de 12,4 lapins/m²) et un groupe Cages (644 lapins répartis dans 92 cages standards de 0,33m², soit une densité de 21,2 lapins/m²). Les comportements des lapins ont été observés à l'aide de deux méthodes inspirées de Altman (1974). La méthode focal sampling permettant de déterminer un budget-temps de lapins préalablement identifiés a démontré que les lapins élevés en enclos passent plus de temps à se déplacer (4,7 fois plus, p<0,001) et ont tendance à explorer davantage leur environnement (1,5 fois plus, p<0,10). Les lapins élevés en cages semblent compenser cette moindre activité en passant davantage de temps au repos éveillé ou endormi (1,11 fois plus). Le comportement autocentré (se lécher, se gratter, se toiletter) ne varie pas d'un logement à un autre. Enfin, aucune stéréotypie n'a été observée en enclos tandis que des stéréotypies ont été observées chez les lapins élevés en cages (0,6% du temps, p<0,05) traduisant probablement une frustration comportementale. La seconde méthode en scan sampling a été employée sur une période de 24h à 60 jours d'âge (un scan toutes les 15 minutes soit 96 scans sur 24h) à l'aide d'analyses vidéos. Cette méthode a également révélé une exploration sensiblement plus marquée chez les lapins élevés en enclos, d'autant plus de 8h30 à 20h30 (10,8% vs 0,8% de la population observée, p<0,01). Les stéréotypies, uniquement observées en cages, se produisaient principalement en journée (1,2% de la population observée, p<0,05). La localisation des lapins élevés en enclos était également renseignée afin de pouvoir donner un aperçu descriptif de l'occupation de l'espace. L'occupation du terrier tend à diminuer aucours de l'engraissement (58,3% des lapins dans le terrier à 38j contre 26,2% à 68j) au profit d'une occupation accrue de l'espace caillebotis. L'occupation de l'espace sous les mezzanines était relativement constante au cours de l'engraissement. En revanche, les lapins s'aventuraient sur les mezzanines seulement à partir de la 2ème semaine d'engraissement, autour de 47j. D'une manière générale, le logement en enclos au sol permet de satisfaire davantage de besoins comportementaux des lapins tout en limitant l'apparition de stéréotypies.

Abstract – To meet new societal expectations, an alternative housing system to the cage, called CUNILOFT®, has been developed to allow rabbits to be kept in groups and on the ground, while maintaining good working conditions for the breeder. The objective of this study was to compare the expression of natural behaviours (exploring the environment, moving around, hiding, etc.) expressed by rabbits raised in this alternative housing compared to rabbits raised in conventional cages. A total of 1 956 rabbits were divided into two groups: a Pen group (164 rabbits in 8 floor pens, i.e. a density of 12.4 rabbits/m²) and a Cage group (644 rabbits in 92 standard cages of 0.33m², i.e. a density of 21.2 rabbits/m²). The behaviour of the rabbits was observed using two methods inspired by Altman (1974). Focal sampling method used to calculate a time budget showed that pen-reared rabbits spent more time moving around (4.7 times more, p<0.001) and tended to explore a bit more their environment (1.5 times more, p<0.10). Rabbits kept in cages seem to compensate the lack of exploration by spending more time awake or asleep (1.11 times more). Self-centred behaviour (licking, scratching, grooming) did not vary from one housing unit to another. Finally, no stereotypy was observed in the pen, whereas stereotypy was observed in the cage rabbits (0.6% of the time, p<0.05), probably reflecting behavioural frustration. The second method, scan sampling, was used over a 24-hour period at 60 days of age (96 scans over 24 hours) using video analysis. This method also revealed significantly more exploration in pen-reared rabbits, especially from 8:30am to 8:30pm (10.8% vs 0.8% of the observed population, p<0.01). Stereotypies, only observed in cages, occurred mainly during the daylight (1.2% of the observed population, p<0.05). The location of the rabbits kept in cages was also recorded in order to give a descriptive overview of the occupationof the space. The occupation of the burrow tended to decrease during fattening (58.3% of rabbits in the burrow at 38d versus 26.2% at 68d) in favour of an increased occupation of the slatted area. The occupation of the space under the mezzanines was relatively constant during fattening. In general, housing rabbits in a floor pen allows more of their behavioural needs to be met while limiting the occurrence of stereotypies.

Introduction

Les évolutions sociétales conjointement aux dernières avancées scientifiques, visant à mieux caractériser le bien-être animal, amènent à reconsidérer le mode d'élevage en cage encore couramment utilisé en France pour l'élevage de lapins. La réglementation va prochainement évoluer. La Commission européenne a répondu favorablement à une initiative citoyenne « End the Cage Age » et s'engage à proposer de supprimer progressivement l'utilisation des cages (Commission européenne, 2021), au profit de logements alternatifs à la cage.
Certains d'entre eux ont d'ailleurs déjà fait l'objet de nombreuses études qui mettent en avant une meilleure expression des comportements naturels (Szendrő et Dalle Zotte, 2011; Maertens *et al.*, 2011; Trocino *et al.*, 2014; Leblatier *et al.*, 2017). Ainsi, pour accompagner cette évolution, certains acteurs de la filière cunicole s'attachent à développer de nouveaux systèmes de logements pour lapins.

En prenant en compte les considérations mises en avant par l'European Food Safety Authority (EFSA, 2020), à savoir que pour améliorer le bien-être des lapins adultes il fallait agrandir l'espace et améliorer la structure des logements proposés, Mixscience a développé un logement alternatif à la cage. Ce système a été développé dans le but de permettre d'élever des lapins au sol en groupes collectifs de 100 à 300 en fonction du choix de l'installation en leur permettant davantage de mouvements que dans une cage pour ainsi favoriser l'expression de leurs comportements naturels.

L'objectif de cette étude est donc de comparer l'expression de divers comportements naturels de lapins élevés dans ce système alternatif et dans un système de cages classiques.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux et logements

L'essai a été conduit dans un élevage commercial sur la période de janvier à mars 2021.

1 956 lapins, issus d'un croisement ♀ Hycole x ♂ Hyplus PS59 ont été sevrés à 35 jours. Ils ont alors été répartis, en fonction de leur poids vif, dans 8 enclos collectifs au sol (Groupe Enclos, en système Cuniloft®) à raison de 164 lapins par enclos (soit une densité de 12,4 lapins/m²) et dans 92 cages standards (groupe Cages) à raison de 7 lapins par cage (soit une densité de 21,2 lapins/m²).

Les deux groupes de lapins étaient nourris avec un aliment engraissement fibreux unique durant toute la période d'engraissement. Le rationnement était detype « horaire » en méthode Durefix®: les animaux avaient une quantité illimitée d'aliment avec une distribution faite, au cours de la nuit, à heures fixes.

Les lapins avaient également un accès à l'eau à volonté.

Les deux types de logements présentés par la suite offraient un accès à la lumière naturelle.

1.2.1 Enclos collectifs
Le système Cuniloft®, développé par Mixscience, conçu pour préserver de bonnes conditions de travail de l'éleveur (temps de travail et ergonomie), est composé ici d'un module de 8 enclos au sein d'un bâtiment. La surface au sol de chaque enclos était de 11,5m² dont 2,1m² de terrier permettant aux lapins de se cacher. Dans chacun des enclos, 1,7m² de plateformes offraient aux lapins la possibilité de se réfugier au-dessus ou en- dessous ainsi qu'une balle de fourrage grossier afin de donner la possibilité aux lapins de ronger. Le sol était composé d'un caillebotis permettant d'évacuer les déjections dans une fosse raclée tous les jours.

1.2.2 Cages standards
Les lapins sont élevés dans des cages de 0,33m². Ces cages ne comportaient ni plateforme ni enrichissement supplémentaire. Le sol était grillagé, permettant d'évacuer les déjections dans une fosse raclée tous les jours.

1.3.1 Observations comportementales (focal sampling)

D'une part, les comportements des lapins ont été observés, par un seul observateur, selon la méthode focal sampling inspirée de Altmann (1974, méthode d'observation en continu) pour permettre de déterminer un budget- temps de lapins préalablement identifiés par une marque de couleur (36 lapinsdans chaque groupe). Ainsi, les mêmes individus ont été observés pendant 5 semaines à raison de 3 sessions d'observations par semaine avec 4 répétitionsde 15 secondes par session d'observation. Soit un total de 15 minutes par lapin. A chaque répétition de 15 secondes, les comportements de l'individu observé étaient renseignés selon le répertoire comportemental décrit par la suite.

Des tests préliminaires ont permis de prendre des dispositions (position de l'observateur, déplacements minimisés, etc…) afin d'éviter que la présence humaine influence le comportement des lapins. De même, afin de se délester du biais lié à la période d'observation, les observations ont été réalisées de manière alternéele matin et l'après-midi aux mêmes heures (Princz *et al.*, 2008). Les mangeoires étaient vides au moment des observations.

Les comportements des lapins ont été renseignés selon un répertoire comportemental inspiré de différentes méthodes (Princz *et al.*, 2008; Warin *et al.*,2017) : boire, se déplacer (tout changement de position court ou long), explorer (l'animal renifle, lèche, gratte, se frotte à son environnement), repos éveillé (lapin en position debout, couchée ou sur deux pattes ne faisant

aucun mouvement), repos endormi (lapin en position couchée, les yeux fermés), comportements autocentrés (se lécher, se gratter, se toiletter), comportements sociaux (idem comportements autocentrés mais reconduits vers un congénère ou jeu avec un congénère), comportements agonistiques (mordre, poursuivre, se battre avec d'autres lapins), enrichissement (ronge un bloc à ronger), stéréotypie (ronge ou se frotte à l'environnement de façon prolongée). L'analyse des comportements des lapins élevés en enclos portait uniquement sur les lapins observables en-dehors des terriers.

Au cours des visites d'élevages, réalisées tous les 3 jours, au même moment de la journée et sur toute la période d'engraissement, la localisation (dans terrier, hors-terrier, sous-mezzanine, sur-mezzanine) de l'ensemble des lapins logés dans les enclos était renseignée afin d'évaluer l'occupation de l'espace par les lapins.

1.3.2 Observations comportementales (scan sampling)

D'autre part, la répartition des comportements sur une journée à l'échelle de la population a été étudiée à l'aide de la méthode scan sampling (Altmann, 1974) grâce à des caméras infrarouges placées de manière à filmer en continu 2 enclos et 10 cages. Soit respectivement 328 lapins en enclos et 70 lapins en cages. Pour cela, des enregistrements vidéos ont été réalisés pendant 24h à 60 jours d'âge (même âge que le protocole d'audit EBENE®, Warin *et al.*, 2017). Ces enregistrements vidéos ont été séquencés selon deux périodes, inspirées de la méthode employée dans l'étude de Matignon *et al.* (2022): une période inactive (8h30- 20h30) et une période active (20h30-8h30) en enregistrant les comportements des lapins à une fréquence de 15 minutes telle que décrite dans Princz *et al.* (2008). Le répertoire comportemental a été simplifié par rapport à la méthode focal sampling afin de rendre ce dernier plus réaliste étant donné que l'observation vidéo d'un grand nombre de lapins (*e.g.* 164 lapins observés simultanément dans un enclos) ne permet pas de détailler aussi bien les comportements observés qu'avec la méthode focal sampling où l'observation est faite à l'échelle de l'individu. Ainsi, le répertoire comportemental utilisé a été inspiré d'études ayant eu recours à cette même approche (Morisse and Maurice, 1997; Princz *et al.*, 2008, Bozicovich *et al.*, 2016) : boire, manger, se déplacer, explorer (intègre le comportement enrichissement précédemment décrit), repos (endormi ou éveillé), comportements autocentrés, comportements sociaux, comportements agonistiques et stéréotypies.

Les performances zootechniques ont également été examinées, elles feront l'objet d'une publication ultérieure.

1.4. Analyses statistiques

Les résultats de comportement donnés par la méthode focal sampling ont été analysés grâce au logiciel RStudio® à l'aide d'un modèle linéaire mixte avec les effets logement et âge en facteurs fixes et l'effet individu en facteur aléatoire. Les analyses vidéos en scan sampling ont été analysées à l'aide d'un Chi-deux ou d'un test exact de Fisher (lorsque les conditions initiales du test Chi- deux n'étaient pas remplies). D'autres variables présentées par la suite ont fait l'objet d'analyses descriptives.

2. Résultats et discussion

2.1 Méthode focal sampling (suivi du comportement d'individus identifiés)

Les résultats présentés dans le tableau 1 révèlent des différences significatives de comportements observés entre les animaux élevés en cages et ceux élevés en enclos. Ces derniers passent significativement plus de temps à se déplacer (4,7 fois plus, $p<0,001$) et ont tendance à explorer davantage leur environnement (1,5 fois plus, $p<0,10$). Les lapins élevés en cages semblent compenser ce temps en passant davantage de temps au repos éveillé ou endormi (1,11 fois plus en cumulant les deux). Cela traduit le besoin des lapins d'explorer et de découvrir un nouvel environnement et aussi la possibilité de le faire du fait d'un plus grand espace disponible (Gidenne, 2015). Il a notamment été observé que ces déplacements étaient plus importants en début d'engraissement (12,6% en 1ere semaine d'engraissement contre 3,1% en 5ème semaine, $p<0,001$).

Le comportement autocentré (se lécher, se gratter, se toiletter) ne varie pas d'un logement à un autre. Ce comportement représentait en moyenne 12,7% du temps total des lapins observés.

Tableau 1 : Budget-temps de lapins observés en focal sampling sur 5 semaines d'engraissement élevés en cages ou en enclos hors-terrier *(% du temps moyen passé par lapin à exprimer chaque comportement ; NS = non significatif)*

Répertoire comportemental (%)	Logements		
	Enclos (hors-terrier)	Cages	P-value
Boire	0.7	0.2	NS
Se déplacer	6.6	1.4	<0.001
Explorer	6.9	4.7	<0.10
Repos éveillé (immobilité)	39.2	43.3	NS
Repos endormi	30.1	33.8	NS
Comportements autocentrés	12.6	12.8	NS
Comportements sociaux	3.4	3.0	NS
Comportements agonistiques	0.1	0.2	NS
Enrichissement	0.4	0.0	<0.10
Stéréotypies	0.0	0.6	<0.05

Concernant les interactions sociales, bien que leurs durées ne soient pas significativement différentes en comparant les enclos et les cages dans la globalité, il s'avère que ces temps étaient plus élevés en début d'engraissement en enclos (3,8% en moyenne sur les deux premières semaines d'engraissement contre 2,6% sur les deux dernières, $p<0,001$).

Ce phénomène peut être relié à la mise en place de la hiérarchie sociale qui s'établit naturellement dans un grand groupe d'individu, les interactions diminuent ensuite une fois cette hiérarchie établie (Mykytowycz, 1958; Maertens et Coudert, 2006; Gidenne, 2015). Le phénomène inverse est observé en cage (1,6% en 1ère semaine d'engraissement contre 4,6% sur la 5ème semaine, $p<0.001$). L'absence d'enrichissement, une augmentation progressive de la densité en cages impliquant une réduction de la surface disponible par lapin incite certainement les lapins à davantage interagir entre eux. Cette hypothèse est d'ailleurs renforcée par l'interaction sociale « toiletter un congénère »,observée uniquement en cages.

Aucune stéréotypie n'a été observée en enclos tandis que des stéréotypies ont été observées chez les lapins élevés en cages, traduisant probablement une frustration comportementale. D'ailleurs, le logement en enclos offre la possibilité aux lapins de ronger un bloc de fibres, phénomène observé à une fréquence très faible (0,6% du budget-temps des lapins observés). Toutefois, des valeurs de consommation dépassant les 10g/j ont été relevées à certaines périodes ce qui atteste de l'intérêt des lapins pour ce type d'enrichissement (les consommations n'ont pas été relevées sur toute la durée de l'engraissement).

Les enclos offraient également la possibilité aux lapins de se cacher dans les terriers. Des résultats présentés sur le graphique 1 démontrent qu'une part relativement importante des lapins (36,8% en moyenne) occupent cet espace.

2.2 Méthode scan sampling (suivi des comportements d'une population donnée)

2.2.1 Observations vidéo à 60 jours d'âge

La répartition des comportements des populations de lapins observées est présentée dans le tableau 2. Les deux phases, active et inactive (absence de nourriture), se démarquent par les pourcentages de lapins observés au repos : 58,1% en phase active contre 76,7% en phase inactive. A noter qu'au cours de la phase active, 41,7% des lapins étaient dans le terrier et 44,8% au cours de la phase inactive. Les observations de comportements ont donc été réalisées sur un peu moins de 60% de l'effectif total des lapins logés en enclos.

Parmi ces lapins observés au cours de la phase active, 26,4% étaient en train de manger dans les enclos contre 15,5% dans les cages. En phase inactive, aucun lapin n'a été observé en train de manger dans les enclos et seuls 0,4% ont été observés en train de manger dans les cages, probablement lié au fait que les mangeoires étaient rapidement vides au début de cette phase.

L'exploration est beaucoup plus marquée chez les lapins élevés en enclos, et d'autant plus en phase inactive : certains lapins s'aventurent davantage à explorer leur environnement pendant qu'une proportion importante de leurs congénères se repose (74,8%).

Ces deux comportements (exploration et repos) sont réduits en phase active puisque les lapins sont attirés par la nourriture (26,4% des lapins en enclos pour 15,5% des lapins en cages). Les stéréotypies observées uniquement en cages (aucune stéréotypie en enclos) se produisent principalement en phase inactive (1,2%). Aucun comportement agonistique n'a été observé.

Tableau 2 : Répartition des comportements observés d'une population de lapins de 60 jours d'âge élevés en cages ou en enclos hors-terrier *(% de lapins ayant exprimé chaque comportement ; NS = non significatif)*

Répertoire comportemental (%)	Phase Active (20h30-8h30)			Phase Inactive (8h30-20h30)		
	Enclos (hors-terrier)	Cages	P-value	Enclos (hors-terrier)	Cages	P-value
Boire	3.9%	2.3%	NS	1.1%	0.3%	NS
Manger	26.4%	15.5%	<0.05	0.0%	0.4%	<0.10
Se déplacer	4.9%	5.8%	NS	1.5%	2.2%	NS
Explorer	4.3%	0.6%	NS	10.8%	0.8%	<0.01
Repos	51.6%	64.7%	<0.05	74.8%	78.6%	NS
Comportements autocentrés	8.8%	10.2%	NS	11.4%	16.3%	NS
Comportements sociaux	0.1%	0.6%	NS	0.4%	0.4%	NS
Stéréotypies	0.0%	0.2%	NS	0.0%	1.2%	<0.05

2.2.2 Répartition spatiale

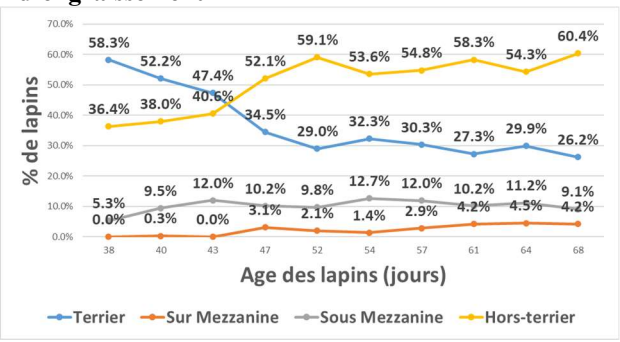
Le graphique 1 décrit l'occupation de l'espace d'une population de lapin logée en enclos.

L'occupation du terrier tend à diminuer au cours de l'engraissement (58,3% à 38j contre 26,2% à 68j), cela concerne tous les enclos de la salle. Pour compenser ce phénomène, il s'avère que l'occupation de l'espace caillebotis situé à l'extérieur du terrier augmente continuellement au cours de l'engraissement (36,4% à 38j contre 60,4% à 68j). Cela peut s'expliquer d'une part par l'augmentation de la densité dans le terrier, du fait de lapins de plus en plus corpulents, qui amène certains lapins à moins occuper cet espace clos au cours de l'engraissement. Aussi, la mise en place d'une hiérarchie sociale, hypothèse précédemment soulevée, serait une seconde explication : l'utilisation du terrier serait-elle conditionnée par la position occupée par un lapin dans la hiérarchie sociale ? A l'inverse dans un autre type de terrier, Fortun-Lamothe et al. (2021) a observé une occupation plus faible et progressive avec l'âge (2% en début et 12% en fin d'engraissement). Est-ce lié à la conception différente du terrier (taille, emplacement, complémentarité avec les autres enrichissements, etc…) ?

L'occupation de l'espace sous les mezzanines est relativement constante au cours de l'engraissement.

En revanche, les lapins s'aventurent sur les mezzanines seulement à partir de la 2ème semaine d'engraissement, autour de 47j, c'est-à-dire lorsque leur taille leur permet d'atteindre plus aisément ces mezzanines surélevées de 25cm.

Graphique 1 : Evolution de la répartition spatiale des lapins élevés en enclos au cours de la période d'engraissement



Conclusions

Cette étude met en avant une bonne réponse à certains besoins comportementaux obtenue grâce aux enclos au sol (se déplacer grâce à l'espace supplémentaire, explorer l'environnement, ronger le bloc, se cacher ou s'isoler dans les terriers, s'isoler sur les mezzanines). L'ergonomie de ce système, facilitant le travail des éleveurs, doit également être mise en avant afin que les éleveurs adhèrent à ce type de logement. Aussi, les modifications de la conduite d'élevage dans ce système alternatif à la cage (densité, taille de groupe, mode d'alimentation, etc…) doivent être maitrisées pour exprimer les meilleures performances techniques et économiques.

Remerciements

Les auteurs remercient les éleveurs et les différentes personnes impliquées dans cette étude ainsi que FranceAgriMer (Projets « structuration des filières agricoles et agroalimentaires ») pour son support financier.

References

Altmann J., 1974. Observational Study of Behavior: Sampling Methods. Behaviour 49, 227–266

Bozicovich T.F.M., Moura A.S.A.M.T., Fernandes S., Oliveira A.A., Siqueira E.R.S., 2016. Effect of environmental enrichment and composition of the social group on the behavior, welfare, and relative brain weight of growing rabbits. Applied Animal Behaviour Science 182, 72–79

Commission Européenne, 2021. Communication de la commission relative à l'initiative européenne (ICE) "End the Cage Age" (Pour une nouvelle ère sans cage). Consulté le 19 Octobre 2022 sur https://ec.europa.eu

EFSA (European Food Safety Authority), 2020. Health and welfare of rabbits farmed in different production systems. EFSA Journal, 96p

Fortun-Lamothe L., Breda J., Savietto D., Aymard P., Combes S., Gidenne T., 2021. Space use and exploratory behaviour in growing rabbit housed in large partitioned pens. 12th World rabbit Congress – Novembre 3-5, Nantes, France Communication E-04, 4pp

Gidenne T., 2015. Le lapin. De la biologie à l'élevage. Quae, Versailles, France., 288 pp

Leblatier L., Menini FX., Bourdillon A., Gohier C., Salaün JM., Le Floch A., Perdriau A., 2017. Effet d'un logement collectif en parc sur les performances zootechniques du lapin en engraissement en conditions d'élevage commercial. In Proc. 17èmes Journ. Rech. Cunicole, Le Mans, France, 21-22 novembre. 51-54

Maertens L., Coudert P., 2006. Recent advances in rabbit sciences. ILVO, 0-300

Maertens L., Rommers J., Jacquet M. 2011. Le logement des lapins en parcs, une alternative pour les cages classiques dans un système "duo"? In Proc. 14èmes Journ. Rech. Cunicole, Le Mans, France, 22-23 novembre. 85-88

Martignon, M., Burel, C., Guinebretière, M., Postollec, G., Huonnic, D., Boilletot, E., Michel, V., Gidenne, T. 2022. Feeding behaviour of the growing rabbit fed freely or restricted, and impact on performance and digestive organs. World Rabbit Sci., 30: 119-130 https://doi.org/10.4995/wrs.2022.14513

Morisse, J.P., Maurice, R., 1997. Influence of stocking density or group size on behaviour of fattening rabbits kept under intensive conditions. Applied Animal Behaviour Science 54, 351-357

Mykytowycz R., 1958. Social behavior of an experimental colony of wild rabbit (Oryctolagus cuniculus L.) 1. Establishment of the colony. CSIRO Wildl 3, 7-25.

Princz, Z., Zotte, A.D., Radnai, I., Birio-Néméth, E., Matics, Z., Gerencér, Z., Nagy, I., Szendro, Z., 2008. Behaviour of growing rabbits under various housing conditions. Applied Animal Behaviour Science 111, 342-356

Szendrò ZS., Dalle Zotte A., 2011. Effect of housing conditions on production and behaviour of growing meat rabbits: A review. Livestock Sci., 37, 296-303

Trocino A., Filiou E., Tazzoli M., Bertotto D., Negrato E., Xiccato G. 2014. Behaviour and welfare of growing rabbits housed in cages and pens. Livestock Sci., 167, 305–314

Warin L., Mika A., Souchet C., Bouvarel I., Bignon L., 2017. Construction d'une méthode pratique et partagée d'évaluation du bien-être du lapin d'élevage : EBENE. In Proceeding of the 17th Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, pp. 35–38

DEVELOPPEMENT D'UNE METHODE DE DOSAGE DE LA CORTICOSTERONE PILAIRE CHEZ LE LAPIN POUR EVALUER LEUR STRESS ET LEURS CAPACITES D'ADAPTATION

Fillon V.[1*], Despeyroux M.[1], Ly P. [1], Savietto D.[1], Fetiveau M.[1], Fortun-Lamothe L.[1]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326 Castanet-Tolosan, France

[*]Auteur correspondant : valerie.fillon@inrae.fr

Résumé – Il y a un enjeu fort à disposer d'indicateurs physiologiques pour évaluer le bien-être animal et/ou le stress dans différents environnements et pour différentes populations afin d'accompagner la ré-conception des systèmes d'élevage. La corticostérone est une hormone de l'adaptation. Elle s'accumule dans le poil des animaux. Son dosage permet donc d'évaluer le niveau de stress sur une période donnée. Une méthode de dosage de la corticostérone pilaire Elisa par immuno-compétition a été développée avec succès. La méthode est simple, reproductible, juste, sensible et le stress potentiel vécu par les animaux lors du prélèvement n'influe pas sur le résultat. Des valeurs de références ont été établies pour des lapins INRA1777 mâles et femelles âgés de 1, 3, 6 et 13 mois. Aucun effet du sexe n'a été mis en évidence (*P*-value = 0,46). En revanche, un fort effet de l'âge a été observé avec des valeurs de corticostérone élevées chez le lapereau au sevrage (8,40 pg/mg de poil en moyenne) qui baissent progressivement et fortement avec l'âge pour atteindre 2,82 pg/mg de poil chez les adultes de 13 mois (*P*-value <0,0001). La corticostérone a été redosée sur les lapines à l'âge de 15 mois après un changement de bâtiment et d'animaliers concernant 9 lapines. Les valeurs moyennes sont passées de 2,69 (avant) à 3,80 pg/mg de poil (après) (*P*-value = 0,01), alors que pour les 6 lapines n'ayant pas subi de changement la valeur moyenne est passée de 3,14 à 3,44 pg/mg de poil *P*-value = 0,42). Ceci suggère que ce dosage pourrait permettre d'objectiver le stress des animaux après une perturbation. Des études ultérieures vont être entrepris pour étudier l'influence qui conditions de vie des lapins et de la relation homme/animal sur le niveau de corticostérone pilaire.

Abstract – There is a strong need for physiological indicators to assess animal welfare and/or stress in different environments and for different populations in order to support the redesign of breeding systems. Corticosterone is an adaptation hormone. It accumulates in the hair of animals. Its measurement therefore makes it possible to assess the level of stress over a given period. A method for the determination of hair corticosterone by Elisa immuno-competition has been successfully developed. The method is simple, reproducible, accurate, sensitive and the potential stress experienced by the animals during sampling does not influence the result. Reference values has been established for male and female INRA1777 rabbits aged 1, 3, 6 and 13 months. No sex effect was found (*P*-value = 0.46). However, a strong age effect was observed with high corticosterone values in weanling rabbits (8.40 pg/mg hair on average) which progressively and strongly decreased with age to 2.82 pg/mg hair in 13-month-old adults (P-value <0.0001). Corticosterone was re-dosed on the does at 15 months of age after a change of animal housing for 9 does. The mean value increased from 2.69 (before) to 3.80 pg/mg hair (after) (*P*-value = 0.01), while for the 6 control does the mean value increased from 3.14 to 3.44 pg/mg hair (P-value = 0.42). This suggests that it may be possible to objectify the stress of the animals after a disturbance. Further studies will be undertaken to investigate the influence of the living conditions of the rabbits and the human/animal relationship on the hair corticosterone level.

Introduction

Les conditions d'élevage et le bien-être des animaux interpellent aujourd'hui l'ensemble de la société, à la fois les professionnels (éleveurs et filières de production), les citoyens et les consommateurs. La filière cunicole intensive ne fait pas exception. Elle s'est fortement rationnalisée depuis plusieurs décennies et l'élevage a connu des progrès dans tous les domaines (génétique, alimentation, reproduction…). Mais elle est aujourd'hui critiquée car le mode de logement dominant (cages grillagées de petites dimensions) ne permet pas aux animaux d'exprimer la totalité des comportements propre à l'espèce lapin et de répondre aux attendus du bien-être animal (Anses, 2018).

Pour évaluer et objectiver le bien-être des lapins, il est essentiel de pouvoir mesurer l'impact des conditions de vie sur le niveau de stress vécu par les animaux. Il est donc nécessaire de recourir à des indicateurs physiologiques en lien avec l'état des animaux. Les glucocorticoïdes (cortisol, corticostérone) sont des hormones du stress et de l'adaptation (Mormède *et al.,* 2007). Ils sont

responsables du maintien de l'homéostasie en ajustant le métabolisme aux besoins physiologiques. Ils ont une action anti-inflammatoire. Ces molécules sont présentes dans tous les tissus, fluides corporels et phanères à des concentrations variables. Leur sécrétion fluctue tout au long de la journée, et peut varier avec l'exercice musculaire, la prise alimentaire, le rythme nycthéméral.

Afin de pouvoir utiliser les glucocorticoïdes pour évaluer le niveau de stress de lapins dans des conditions d'élevage contrastées, il faut d'abord mettre au point une méthode de dosage de la corticostérone pilaire et établir des valeurs de références chez des lapins élevés dans le système dominant (cages grillagées).

Les glucocorticoïdes sont classiquement dosés dans le sang ou la salive. Mais, du fait de sa nature d'espèce proie, le lapin est un animal craintif, le stress des manipulations lors du prélèvement de sang peut entrainer une élévation ponctuelle du taux de cortisol plasmatique. Le résultat obtenu est alors difficile à interpréter.

Les glucocorticoïdes s'accumulent aussi progressivement dans les poils au fur et à mesure de leur croissance (Meyer and Novak, 2012). De nombreuses études rapportent le dosage du cortisol dans les cheveux ou les poils pour évaluer le niveau de stress sur une période donnée tant chez les humains que chez les espèces animales sauvages ou domestiques (Heimbürge *et al.*, 2019). Le prélèvement de poils présente en plus l'avantage d'être non-invasif. La quantité de glucocorticoïdes accumulés dans le poil tout au long de sa croissance reflète ainsi le niveau de cortisol global sur la durée de vie du poil (environ 5 semaines chez le lapin) et donc pendant une période définie, contrairement à la salive et au sang qui permettent de doser le cortisol à l'instant *T* sans s'affranchir des fluctuations quotidiennes. La mesure des glucocorticoïdes dans les poils vise ainsi à évaluer le niveau de stress chronique des animaux, en lien avec leurs conditions de vie.

Une méthode de dosage de la corticostérone dans les poils de lapins a été développée en adaptant la méthode utilisée pour doser le cortisol dans la salive. Nous avons pu valider la méthode et établir les premières valeurs de références pour une cinquantaine de lapins de la souche INRA 1777 selon leur âge et stade physiologique. Certaines lapines reproductrices ont changé de milieu de vie pour des raisons de conduite du troupeau. De façon opportuniste, nous avons évalué l'impact de ce changement sur le niveau de corticostérone pilaire à partir d'un 2ème prélèvement réalisé 1 mois et demi après.

L'objectif de cet article est de présenter la méthodologie de dosage de la corticostérone dans les poils de lapins, les paramètres de qualité de cette méthode (justesse, robustesse et répétabilité) et les valeurs de référence disponibles à ce jour.

1. Matériel et méthodes

L'expérience a reçu un avis favorable du comité d'éthique en expérimentation animale et a été autorisée par le MESRI sous le numéro #16330-2018072716211212v3.

1.1. Les animaux

Tous les lapins sont de la lignée INRA 1777 (Legault *et al*., 1996). Pour établir des valeurs de référence, nous avons prélevé des lapins d'âges et de stades physiologiques différents : 10 lapereaux de 1 mois (mâles et femelles) au sevrage, 10 lapins de pré-cheptel non sexuellement matures de 3 mois (mâles et femelles), 5 lapines reproductrices de 6 mois (2ème insémination artificielle (IA)), 18 lapines reproductrices de 13 mois (6ème ou 7ème IA) et 9 mâles reproducteurs de 13 mois. Ces lapins ont tous été élevés à l'Installation Expérimentale de GenPhySE (INRAE) dans des cages grillagées (P :96 × L :46 × H : 30 cm), sans plateforme et avec repose-pattes. Ces échantillons ont également servi pour valider la méthode (justesse, robustesse et répétabilité). Parmi les 18 lapines en reproduction, 9 ont déménagé dans un nouveau bâtiment équipé de logements de plus grandes dimensions (P : 90 × L : 46 × H :90 cm) et ont changé d'équipe d'animaliers. Un 2ème prélèvement a été réalisé 1 mois et demi après le déménagement (lapines de 15 mois et à la 8ème IA) pour évaluer l'impact de ce changement sur le niveau de corticostérone pilaire. Pour les 9 lapines qui n'ont pas déménagé, 6 étaient vivantes à 15 mois. Leur poil a été reprélevé et elles ont servi de témoins.

1.2. Prélèvement des poils

Comin *et al*. (2012) ont montré qu'il n'y a pas de différence significative sur les taux de corticostérone mesurés à partir de poils échantillonnés sur diverses parties du corps de lapins Néozélandais. Nous avons choisi la région dorsale scapulaire car c'est une zone facile à prélever, même pour un opérateur seul. Les poils ont été prélevés par rasage à l'aide d'une tondeuse électrique sur une zone d'environ 25 cm² (5×5 cm ; Figure 1). Cela a permis de récolter environ 250 mg de poil. Les échantillons ont été mis en sachet et conservés à -20°C jusqu'aux analyses.

Figure 1 : Prélèvement de poil à la tondeuse dans la région scapulaire d'un jeune lapin.

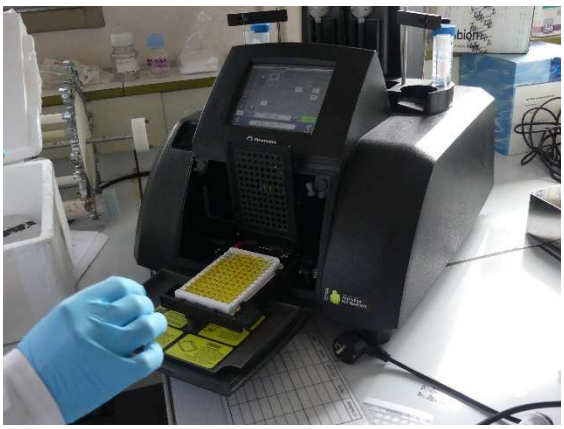


Figure 2 : Lecture de la densité optique avec le spectrophotomètre Glomax.

1.3. Extraction de la corticostérone

La méthode de quantification est un dosage Elisa par immuno-compétition adapté de la méthode développée par Davenport *et al*. (2006). La première étape consiste à laver 250 mg de poils à trois reprises avec 5 à 7 mL d'isopropanol afin d'éliminer les sources externes de stéroïdes. Les poils sont ensuite complètement séchés à température ambiante pendant au moins 2 jours. Environ 50 mg de poils sont ensuite coupés en fragments d'environ 1 mm avec des ciseaux ou broyés avec un broyeur *Fast-prep* (6 m/s pendant 2 fois 1 min entrecoupées d'une pause de 5 min) à l'aide de 6 billes en acier de 3 mm (MP Biomedical), puis placés en tubes de 2 mL. Après l'ajout de 1,5 mL de méthanol les tubes sont agités pendant 18 à 22h à 30°C. Après centrifugation (15 min à 13000 g), 600 µL de surnageant sont transférés dans des tubes Eppendorf de 2 mL et incubés pendant 3h20 à 30°C dans un *Speedvac* jusqu'à évaporation complète. Les culots séchés sont remis en suspension dans 100 µL de solution de dilution (kit Salimetrics® Cortisol), puis mélangés par vortex. Il est possible de stocker cet extrait à -20°C jusqu'au dosage, pendant 2 mois maximum.

1.4. Dosage de la corticostérone avec le kit Elisa Salimetrics®

Nous avons utilisé un kit de dosage par immuno-compétition conçu pour la mesure quantitative du cortisol salivaire (Salimetrics®, Carlsbad, CA, USA) et suivi les recommandations du fournisseur. La température de la pièce a été notée lors de chaque dosage. La mesure de l'absorbance est faite par un spectrophotomètre Glomax (Promega) à 450 et 490 nm (Figure 2). Le dosage d'une gamme étalon de concentration en cortisol connue est systématiquement réalisée.

La concentration de chaque échantillon est déterminée par interpolation en utilisant un ajustement de courbe de régression non linéaire à 4 paramètres (logiciel Myassays 4PL) et convertie en pg/mg en tenant compte des facteurs de dilution.

1.5. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisée avec le logiciel R (R Core Team, 2022 ; https://www.R-project.org/). La normalité des variables a été testée par un test de Shapiro. Les tests de validation de la méthode ont été réalisé par des Test t de Student apparié (répétabilité). Des analyses de variances (Anova) ont été réalisées pour évaluer l'effet du stade physiologique et du sexe (valeurs de référence). L'effet d'une perturbation (déménagement) a été analysé par un Test t de Student apparié.

2. Résultats et discussion

2.1. Validation de la méthode

Le tableau 1 rapporte les résultats obtenus pour le dosage de la gamme étalon réalisé à une température ambiante de 23 ou 27°C, mesurés sur des jours différents. Les résultats montrent que la méthode est juste (valeurs mesurées proches de la valeur cible) et reproductible (valeurs identiques pour deux séries de mesures faites à 23°C ; *P*-value = 0,19). En revanche, le dosage doit être réalisé entre 20 et 23°C pour ne pas perdre en justesse, comme recommandé par le fabriquant du kit. En effet, un dosage réalisé l'été à une température ambiante de 27°C a montré un fort écart entre les valeurs de la gamme connues et mesurées.

Tableau 1 : Effet de la température ambiante sur le dosage de la corticostérone de la gamme étalon.

Gamme (µg/dl)	Dosage à 27°C	Dosage 1 à 23°C	Dosage 2 à 23°C
3,00	4,70	2,99	3,00
1,000	1,350	1,010	1,000
0,333	0,184	0,332	0,332
0,111	0,052	0,112	0,111
0,037	0,033	0,037	0,038
0,012	0,025	0,011	0,010

Par ailleurs, 9 échantillons de concentration inconnue ont été dosés deux fois en parallèle sur deux plaques distinctes et par des manipulateurs différents. Il n'y a pas eu d'effet significatif de la plaque ou du manipulateur (*P*-value = 0,19). La méthode est donc reproductible.

2.2. Valeurs de référence pour des lapins de la lignée INRAE 1777

Le tableau 2 rapporte les taux de corticostérone pilaire pour des lapins à différents stades physiologiques. La variabilité individuelle est importante. Aucun effet du sexe n'a été observé (*P*-value = 0,46), pour les animaux prépubères, les valeurs moyennes ont été calculées en agrégeant les valeurs provenant des animaux des deux sexes.

Tableau 2 : Valeurs moyennes de corticostérone (pg/mg) pour des lapins INRA 1777.

Age (mois)	Stade Physiologique	Sexe	Effectif	Corticostérone (pg/mg de poil)	Ecart-type
1	Sevrage	Mâles et Femelles	10	8,40 [a]	2,55
3	Pré-cheptel	Mâles et Femelles	10	4,98 [bc]	2,17
6	Adulte	Femelles	5	4,02 [cd]	0,39
13	Adulte	Femelles	18	2,91 [e]	0,67
13	Adulte	Mâles	9	2,74 [e]	0,55

[a, b , c, d, e] Les moyennes n'ayant pas de lettres communes sont significativement différentes (P< 0,01).

Le taux de corticostérone baisse fortement et progressivement avec l'âge. L'effet âge est significatif (*P*-value < 0,001 ; Tableau 3).

Tableau 3 : Comparaison deux à deux entre les moyennes de corticostérone dosée pour chaque âge.

Ages (en mois) Comparés 2 à 2	Différence de niveaux de Corticosterone (pg/mg de poil) entre âges	*P*-value
1 *vs* 3	3,42	<0,0001***
1 *vs* 6	4,38	0,0002***
1 *vs*13	5,58	<0,0001***
3 *vs* 6	0,96	0,64
3 *vs* 13	2,16	0,09
6 *vs* 13	1,20	0,01*

Des observations similaires ont été faites chez les porcs et les bovins (Heimbürge *et al.*, 2020). Les valeurs de corticostérone élevées observées pour les lapereaux au sevrage sont peut-être à mettre en relation avec un métabolisme très actif du jeune. Cela a été démontré chez l'humain où le métabolisme est deux fois plus intense chez le bébé de moins de 1 an que chez l'adulte (Pontzer *et al.*, 2021). Il est également possible que les follicules pileux du lapereau fixent une partie des glucocorticoïdes sécrétés pour le déclenchement de la mise-bas. Cette différence pourrait être également expliquée par un taux très bas chez les adultes, en lien avec une vie en claustration et un état d'inactivité. Chez les chevaux, des niveaux bas de cortisol plasmatique ont été mis en lien avec des états dépressifs (Pawluski *et al.*, 2017). Chez l'être humain, une baisse du niveau de cortisol a également été observé chez des personnes en situation de burn out (Marchand *et al*., 2014). Le stress chronique entraine une sécrétion importante et prolongée de cortisol qui conduit à un épuisement des surrénales et à une chute du taux de cortisol plasmatique Un niveau trop bas de cortisol est préjudiciable car il diminue les capacités d'adaptation métabolique et physiologique de l'individu.

Dans la littérature, la couleur du poil est un facteur qui pourrait influencer le taux de cortisol, les poils blancs montrant généralement une accumulation plus importante de glucocorticoïdes (Heimbürge *et al*., 2019). Le mécanisme n'est pas parfaitement compris. Il pourrait s'agir d'une différence dans le flux sanguin des zones blanches ou noires du pelage, d'une interaction avec la mélanine, ou une dégradation plus importante du cortisol des poils noirs sous l'effet des rayons ultra-violets. Dans la présente étude, tous les lapins avaient un pelage blanc.

Par ailleurs, Fetiveau *et al*. (2023) ont mis en évidence un effet du type génétique sur le taux de corticostérone pilaire chez des lapereaux de 71 jours issus de deux croisements (souche 1001 ×1777 *vs* PS119 × 1777) élevés dans un système permettant l'accès à un parcours herbager.

Notons, qu'il n'est pas possible de comparer entre elles des valeurs brutes de corticostérone obtenues par des méthodes différentes.

2.3. Effet d'un changement du milieu de vie

Après le déménagement (changement du milieu de vie et d'animaliers) et durant la période d'acclimatation, le taux moyen de corticostérone dans le poil des 9 lapines est passé de 2,69 (avant) à 3,80 pg/mg de poil (après) (différence significative, *P*-value = 0,01). Pour les 6 lapines témoins n'ayant pas déménagé, la valeur moyenne est passée de 3,14 à 3,44 pg/mg de poil (différence non significative, *P*-value = 0,42). Ce résultat suggère que ce changement (de milieu de vie et équipe d'animaliers) a pu constituer un stress et que les capacités d'adaptation des animaux ont été sollicitées. Ce résultat suggère que la méthode est suffisamment sensible pour évaluer l'impact d'un facteur de stress. Peric *et al*. (2017) avaient fait des observations analogues sur 19 lapines et avaient montré des élévations du taux de corticostérone pilaire lors d'un changement de lieu, et de l'arrivée d'une nouvelle équipe d'animaliers.

De plus, Perez-Fuentes *et al*. (2020) ont montré que des lapines élevées en groupes avaient des niveaux de corticostérone trois fois plus élevés que des lapines logées en cages individuelles.

Conclusions

La méthode de dosage Elisa de la corticostérone pilaire est simple, juste, reproductible et sensible. Nous proposons ici des premières valeurs de référence pour les lapins de la lignée INRAE 1777.

La corticostérone pilaire est un biomarqueur simple à doser qui pourrait permettre d'objectiver l'effet d'un évènement potentiellement stressant sur les lapins. La bioaccumulation quotidienne permet de s'affranchir du stress de la contention ou de la capture et de la sécrétion fluctuante de cortisol.

Avant toute interprétation, il faut garder à l'esprit que la corticostérone est une hormone de l'adaptation. Elle est donc nécessaire. Un excès, comme un manque sont préjudiciables à la santé. Par ailleurs, dans des systèmes innovants avec accès à l'extérieur, ou de l'élevage en parc, l'augmentation de l'activité motrice ou de la thermorégulation peuvent s'accompagner de niveaux de glucocorticoïdes plus importants, sans que le bien-être des animaux soit dégradé. C'est donc un indicateur à utiliser avec précaution, et à mettre en relation avec d'autres paramètres de santé et de bien-être. Pour évaluer le stress sur une période donnée, nous recommandons de tondre le poil en début de période pour réaliser les analyses sur le poil qui aura repoussé sur la période étudiée. Cela évite de prendre en compte une bioaccumulation de corticostérone sur la période précédant l'étude.

Ces travaux seront poursuivis pour évaluer si les conditions de vie des lapins (cages *vs* parc ; bâtiment *vs* extérieur ; milieu simple *vs* milieu enrichi ; relation homme-animal positive *vs* relation neutre) influencent ce biomarqueur et objectiver l'impact des conditions de vie sur le niveau de stress chronique de lapins en croissance.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Région Occitanie, le fonds FEDER et le CLIPP dans le cadre du projet Living Lab Lapins.
Nous remercions les animaliers pour la conduite des troupeaux.

Références

ANSES, 2018. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au « Bien-être animal : contexte, définition et évaluation ».

Comin, A., Zufferli, V., Peric, T., Canavese, F., Barbetta, D., Prandi, A., 2012. Hair cortisol levels determined at different body sites in the New Zealand White rabbit. World Rabbit Sci. 20, 149–154.

Davenport, M.D., Tiefenbacher, S., Lutz, C.K., Novak, M.A., Meyer, J.S., 2006. Analysis of endogenous cortisol concentrations in the hair of rhesus macaques. Gen. Comp. Endocrinol. 147, 255–261.

Fetiveau, M., Savietto, D., Bannelier, C., Fillon, V., Despeyroux, M., Pujol, S., Lamothe, L. 2023. Effect of outdoor grazing-area size and genotype on space and pasture use, behaviour, health and growth traits of weaned rabbits. Animal Open Space (accepté le 27/01/2023).

Heimbürge, S., Kanitz, E., Otten, W., 2019. The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. Gen. Comp. Endocrinol. 270, 10–17.

Heimbürge, S., Kanitz, E., Tuchscherer, A., Otten, W., 2020. Within a hair's breadth – Factors influencing hair cortisol levels in pigs and cattle. Gen. Comp. Endocrinol. 288, 113359.

Legault, C., Ménissier, F., Ricordeau, G., Rouvier, R., 1996. Les lignées originales de l'INRA : Historique, développement et impact sur les productions animales. Productions Animales, HS, 41-56.

Marchand, A., Juster, R.-P., Durand, P., Lupien, S.J., 2014. Burnout symptom sub-types and cortisol profiles: what's burning most? Psychoneuroendocrinology 40, 27–36.

Meyer, J.S., Novak, M.A., 2012. Minireview: Hair Cortisol: A Novel Biomarker of Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Activity. Endocrinology 153, 4120–4127.

Mormède, P., Andanson, S., Aupérin, B., Beerda, B., Guémené, D., Malmkvist, J., Manteca, X., Manteuffel, G., Prunet, P., van Reenen, C.G., Richard, S., Veissier, I., 2007. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. Physiol. Behav., Stress and Welfare in Farm Animals 92, 317–339.

Pawluski, J., Jego, P., Henry, S., Bruchet, A., Palme, R., Coste, C., Hausberger, M., 2017. Low plasma cortisol and fecal cortisol metabolite measures as indicators of compromised welfare in domestic horses (Equus caballus). PLoS ONE 12, e0182257.

Pérez-Fuentes, S., Muñoz-Silvestre, A., Moreno-Grua, E., Martínez-Paredes, E., Viana, D., Selva, L., Villagrá, A., Sanz-Tejero, C., Pascual, J.J., Cervera, C., Corpa, J.M., 2020. Effect of different housing systems (single and group penning) on the health and welfare of commercial female rabbits. Anim. Int. J. Anim. Biosci. 14, 1270–1277.

Peric, T., Comin, A., Corazzin, M., Montillo, M., Canavese, F., Stebel, M., Prandi, A., 2017. Relocation and Hair Cortisol Concentrations in New Zealand White Rabbits. J. Appl. Anim. Welf. Sci. JAAWS 20, 1–8.

Pontzer, H., Yamada, Y., Sagayama, H., Ainslie, P.N., Andersen, L.F., Anderson, L.J., Arab, L., Baddou, I., Bedu-Addo, K., Blaak, E.E., Blanc, S., Bonomi, A.G., Bouten, C.V.C., Bovet, P., Buchowski, M.S., Butte, N.F., Camps, S.G., Close, G.L., Cooper, J.A., Cooper, R., Das, S.K., Dugas, L.R., Ekelund, U., Entringer, S., Forrester, T., Fudge, B.W., Goris, A.H., Gurven, M., Hambly, C., El Hamdouchi, A., Hoos, M.B., Hu, S., Joonas, N., Joosen, A.M., Katzmarzyk, P., Kempen, K.P., Kimura, M., Kraus, W.E., Kushner, R.F., Lambert, E.V., Leonard, W.R., Lessan, N., Martin, C., Medin, A.C., Meijer, E.P., Morehen, J.C., Morton, J.P., Neuhouser, M.L., Nicklas, T.A., Ojiambo, R.M., Pietiläinen, K.H., Pitsiladis, Y.P., Plange-Rhule, J., Plasqui, G., Prentice, R.L., Rabinovich, R.A., Racette, S.B., Raichlen, D.A., Ravussin, E., Reynolds, R.M., Roberts, S.B., Schuit, A.J., Sjödin, A.M., Stice, E., Urlacher, S.S., Valenti, G., Van Etten, L.M., Van Mil, E.A., Wells, J.C.K., Wilson, G., Wood, B.M., Yanovski, J., Yoshida, T., Zhang, X., Murphy-Alford, A.J., Loechl, C., Luke, A.H., Rood, J., Schoeller, D.A., Westerterp, K.R., Wong, W.W., Speakman, J.R., IAEA DLW DATABASE CONSORTIUM, 2021. Daily energy expenditure through the human life course. Science 373, 808–812.

Génétique

SYNTHESE : CONTRIBUTION DE LA GENETIQUE ANIMALE A LA TRANSITION AGROECOLOGIQUE DES SYSTEMES D'ELEVAGE CUNICOLE**

Gunia M.[1*], Douhard F.[1], Savietto D.[1], Sautier M.[1], Fillon V.[1], Rupp R.[1], Moreno-Romieux C[1†], Mignon-Grasteau S.[2], Gilbert H.[1], Fortun-Lamothe L.[1], Ducos A.[1]

[1] GenPhySE, INRAE, Université de Toulouse, ENVT, 31326, Castanet-Tolosan, France
[2]INRAE, Université de Tours, BOA, 37380 Nouzilly, France

[*]Auteur correspondant : melanie.gunia@inrae.fr

** Cette synthèse est une version adaptée pour l'élevage cunicole de l'article de Ducos et al. (2021) publié dans la revue INRAE Productions animales.

Résumé – Les systèmes d'élevage font face à une importante crise de légitimité et doivent évoluer en profondeur. Les élevages cunicoles, comme les autres, sont touchés par cette crise. L'agroécologie offre un cadre pertinent pour guider cette évolution. Si la génétique a été associée dans le passé au développement de systèmes qui sont aujourd'hui remis en cause, elle peut également jouer un rôle dans leur transition. Pour cela, la génétique animale devra contribuer aux travaux visant une reconception des systèmes d'élevage cunicole.

Abstract –Contribution of animal genetics to the agroecological transition of rabbit breeding systems.
Livestock systems are facing a major legitimacy crisis and must undergo in-depth changes in the future. Rabbit breeding systems suffer from this crisis. Agroecology is a relevant framework to guide this evolution. Even though genetics has been associated in the past with the development of systems that are now being questioned, it can also play a role in their transition. For this to happen, animal genetics must contribute to research aimed at redesigning rabbit breeding systems.

Introduction

L'élevage de lapins en France, comme les autres types d'élevages, a connu de fortes transformations depuis le milieu du XX siècle. La taille des élevages a augmenté tandis que leur nombre a fortement diminué. A titre d'exemple, la taille moyenne des élevages cunicoles a plus que triplé entre 1984 et 2014, passant de 169 à 613 femelles (Coutelet, 2015). Les élevages se sont aussi concentré géographiquement, avec plus de 75% des élevages cunicoles situés dans le grand ouest, ce qui traduit une dissociation assez forte entre productions végétales et animales. Des évolutions majeures ont concerné la conduite des animaux (bande unique, reproduction à un rythme de 42 jours), l'utilisation d'aliment sous forme de concentré, l'augmentation des recours aux intrants (énergie, médicaments, désinfectants), et l'utilisation de souches de lapins hybrides issus du croisement de lignées maternelles sélectionnées pour leur prolificité et leur et de lignées paternelles sélectionnées pour leur vitesse de croissance (Garreau et al., 2015a). L'amélioration génétique a joué un rôle central dans l'intensification des productions, avec une évolution importante des performances zootechniques (Hill and Kirkpatrick, 2010). La standardisation des conditions d'élevage a permis la création, la sélection et la diffusion de lignées de lapins très productives, dès les années 1970 en France, au détriment de races locales moins productives. Celles-ci ont progressivement été abandonnées pour l'élevage et sont maintenant conservées dans des élevages amateurs pour participer à des concours et expositions agricoles basés sur des critères de conformités des individus au standard de la race (Garreau et al., 2015b). Toutes ces transformations visaient l'accroissement de la productivité par unité de service (c.-à-d. le 'duo' femelle-cage), de l'efficacité et de la compétitivité des élevages professionnels dans un contexte de mondialisation croissante (Domingues et al., 2019). Elles ont permis l'accès à des produits animaux à des coûts raisonnables pour la plupart des consommateurs (Laisney, 2012).

Cependant, ces changements ont été accompagnés par des effets négatifs sur l'environnement, le bien-être des animaux, la situation socio-économique de nombreux éleveurs et la santé publique. Typiquement, la concentration animale sur certains territoires, l'augmentation de l'utilisation des intrants et l'importation de ressources alimentaires, comme par exemple le tourteaux de soja contribuant à la déforestation, ont entraîné la pollution des eaux et des sols, augmenté les émissions de gaz à effets de serre et contribué à la destruction des biomes et à l'effondrement de la biodiversité (Buckwell and Nadeu, 2018). Les changements de pratiques d'élevages portent atteinte à certaines dimensions du bien-être des animaux : augmentation de la densité des animaux et réduction de l'espace disponible par animal, absence d'accès à l'extérieur et à de la lumière naturelle, impossibilité d'exprimer certains comportements propres de l'espèce (brouter, ronger, se dresser, gratter, etc.), apparition de lésions (maux de pattes) liées aux conditions de logement ou l'incapacité de s'isoler et d'agencer leur milieu de vie (Leterrier et al., 2022). La forte régionalisation et concentration des abattoirs en France (ITAVI, 2017) augmente la durée de transports avant abattage pour les animaux. Sur le plan socio-économique, l'agrandissement et la spécialisation des exploitations se sont accompagnées d'un endettement croissant des éleveurs. Parallèlement, la mondialisation, les dérégulations induisant une instabilité de certains marchés et les modifications des rapports de force au sein des filières ont conduit à une précarisation accrue de nombreux éleveurs (Nozieres-Petit et al., 2016).

Enfin, le recours important aux désinfectants et médicaments (Landecker, 2019), et en particulier aux antibiotiques, contribue à l'émergence de pathogènes résistants, ce qui constitue une menace pour la santé publique. Le lapin, espèce animale la plus exposée à ces molécules en France, avec un ALEA (indicateur d'exposition des animaux aux antibiotiques) de 1,91 en 2020 (Anses, 2021) est particulièrement touché par cette problématique.

Pour toutes ces raisons, l'élevage européen, et notamment l'élevage cunicole, est aujourd'hui confronté à une crise de légitimité environnementale, sociale et économique sans précédent, et doit évoluer en profondeur (Peyraud et al., 2015).

Les évolutions de l'agriculture, telles que définies par la Commission Européenne, doivent se traduire par des systèmes alimentaires durables, équitables, sains et respectueux de l'environnement (European Union, 2020).

Ces objectifs sont proches de ceux de l'agroécologie, définie par Gliessman (2006) comme l'application de principes d'écologie et de principes sociaux à la conception et à la gestion de systèmes agricoles et alimentaires durables. L'agroécologie vise ainsi à (ré)inventer une agriculture durable, écologiquement saine, économiquement viable et socialement juste (Wezel and Jauneau, 2011), en proposant des voies de transformation des systèmes agricoles et alimentaires pensées sur le long terme et prenant en compte leurs multiples dimensions (FAO, 2018). De tels systèmes agroécologiques (1) recourent de façon accrue aux régulations biologiques, sont productifs mais moins dépendants des intrants que ne le sont les systèmes classiques, (2) sont liés à leur environnement physique et cherchent à valoriser les interactions entre les composantes du système, (3) considèrent la biodiversité comme une ressource et cherchent à la préserver, et (4) placent la production alimentaire,

l'intégrité de l'agroécosystème et du système alimentaire au même niveau de priorité.

Dans un travail dédié spécifiquement à l'élevage, Dumont et al. (2013) ont proposé un cadre conceptuel permettant de structurer les réflexions sur une transition agroécologique des systèmes d'élevage. Ce cadre s'articule autour des cinq principes explicités dans le Tableau 1.

Tableau 1 : 5 principes agroécologiques pour les systèmes d'élevages (Dumont el al., 2013)

1. Développer des pratiques de gestion intégrée pour améliorer la santé des animaux
2. Potentialiser l'utilisation des ressources naturelles et des coproduits pour diminuer les intrants nécessaires à la production
3. Optimiser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour réduire les pollutions
4. Gérer la diversité des ressources et la complémentarité des animaux pour renforcer la résilience des systèmes d'élevage
5. Adapter les pratiques d'élevage de manière à préserver la biodiversité et à assurer les services écosystémiques associés

1. Contributions de la génétique animale aux principes d'agroécologie pour l'évolution des systèmes d'élevage cunicoles

1.1. Développer des pratiques de gestion intégrée pour améliorer la santé des animaux

La gestion intégrée de la santé consiste à combiner différentes méthodes pour réduire l'utilisation d'intrants médicamenteux (Fortun-Lamothe and Savietto, 2022). Ces méthodes concernent **1)** le milieu de vie des animaux en ciblant les pratiques d'élevage, d'alimentation, etc. **2)** les pathogènes eux-mêmes en utilisant la vaccination, des traitements ciblés, **3)** les animaux, et leur résistance, tolérance ou résilience aux maladies. Les travaux de recherche en génétique animale ont ciblé cette dernière catégorie.

En production cunicole, ces travaux ont concerné la résistance à quelques maladies bien caractérisées comme la pasteurellose (Shrestha et al., 2020), l'entéropathie épizootique du lapin (Garreau et al., 2005), ou les infections causées par plusieurs bactéries, par exemple *Pasteurella multocida* et *Bordetella bronchiseptica* (Baselga et al., 1988), *Pasteurella multocida* et *Staphylococcus aureus* (Eady et al., 2007), et ont aussi concerné des troubles de santé non spécifiques (Garreau et al., 2008; Ragab et al., 2015; Gunia et al., 2018).

De façon générale, le but de ces travaux est d'identifier des critères permettant d'améliorer la résistance aux maladies, de comprendre les mécanismes impliqués, de vérifier la spécificité ou l'universalité de ces résistances, et de définir des stratégies pour les intégrer dans les programmes de sélection (Gunia et al., 2018). Enfin, d'autres travaux cherchent à définir des critères liés à la robustesse, ou conférant une meilleure robustesse aux animaux (García et al., 2021).

D'autres pistes ont été étudiées dans d'autres espèces animales, mais restent peu explorées chez le lapin. Elles concernent l'utilisation d'un panel de critères permettant d'évaluer la compétence immunitaire globale des animaux, l'utilisation de données concernant le microbiote (Le Graverand et al., 2023; Renevey et al., 2023), ou la détection d'anomalie génétique causées par des mutations délétères de l'ADN en utilisant les outils génomiques.

Le déploiement de nouvelles technologies associées à l'élevage de précision, dans les élevages expérimentaux et commerciaux, ouvre de nouveaux champs pour comprendre et analyser les relations entre santé et bien-être (Faverdin and Van Milgen, 2019). On pourrait imaginer que de nouvelles méthodes d'analyses d'images parallèlement au déploiement de caméras dans les élevages cunicoles, sur des systèmes de type parc par exemple, permettront une meilleure caractérisation des comportements et de caractères liés à la santé (prostration, changement de l'activité…) et au bien-être des animaux.

D'autres champs de recherches pourraient être développés sur :
- le rôle de l'épigénétique dans la régulation des interactions entre hôtes et agents pathogènes et de la réponse immunitaire (Zhang and Cao, 2019)
- les relations entre immunocompétence et résistance ou tolérance
- la modélisation mathématique pour appréhender les effets de la sélection sur un plan zootechnique, épidémiologique et économique, et pour étudier comment coupler plusieurs stratégies de contrôle des maladies (Bishop, 2010)
- la compréhension des capacités d'adaptation des animaux à des sources de stress biotiques ou abiotiques (température, humidité), notamment lorsque les animaux sont élevés dans des environnements moins contrôlés, avec accès à l'extérieur par exemple (Savietto et al., 2013, 2014).

1.2. Potentialiser l'utilisation de ressources naturelles et des coproduits pour diminuer les intrants nécessaires à la production

Le développement des systèmes d'élevage au XXème siècle s'est accompagné d'une augmentation de l'utilisation d'intrants, notamment alimentaires. Ceux-ci occupent une place particulière, en raison de la compétition de leur utilisation pour l'alimentation humaine ou animale, et en raison de leur part importante dans les coûts de production des élevages. La compétition entre alimentation humaine et animale est plus faible pour les lapins que pour d'autres espèces monogastriques (porcs ou volaille), car le lapin est un herbivore et a besoin de fibres dans son alimentation. L'élevage cunicole conventionnel

permet donc de valoriser de nombreux sous-produits. Néanmoins, on estime que l'aliment représente entre 55% et 60% des coûts de production des élevages cunicoles français (Coutelet, 2015). Dans des contextes de marché très fluctuants, avec des variations de prix importantes, la maîtrise des coûts alimentaires est une priorité forte. L'utilisation de sous-produits n'est pas toujours favorisée.

Un des leviers de maîtrise les plus utilisés en génétique est l'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux (Phocas et al., 2014). De nombreux travaux sur le lapin ont permis de comprendre le déterminisme génétique de différents critères d'efficacité alimentaire, tels que l'indice de consommation, la consommation moyenne journalière résiduelle ou la vitesse de croissance sous-alimentation restreinte (Drouilhet et al., 2013; Gidenne et al., 2013).

Dans d'autres espèces, des études assez avancées cherchent à identifier des biomarqueurs de l'efficacité alimentaire ou à déterminer les compromis et les synergies entre efficacité alimentaire et robustesse. Ces études sont complétées par des travaux sur le microbiote, l'épigénétique, le comportement alimentaire, l'activité physique des animaux, la reconstitution de leurs réserves corporelles, les émissions de gaz à effet de serre et les rejets d'azote ou de phosphore dans les effluents.

Jusqu'à maintenant, les recherches sur l'efficacité alimentaire chez le lapin se sont basées sur des aliments complets équilibrés. L'efficacité alimentaire ou digestive en présence de ressources alimentaires de moins bonne qualité, de composition plus variable ou des régimes basés sur l'utilisation des prairies (fourrages), reste encore largement à explorer, de même que les interactions entre le génotype, la stratégie d'alimentation (granulé ou fourrages par exemple) et/ou la physiologie digestive, sont encore rares.

L'énergie et l'eau sont d'autres intrants très utilisés en élevage. L'énergie est utilisée pour maîtriser les conditions d'ambiance dans les bâtiments d'élevage, et réduire ainsi les coûts d'alimentation. Mieux comprendre les bases génétiques de la thermorégulation (Gourdine et al., 2019), de l'aptitude des animaux à produire sous une large gamme de température et à surmonter des stress thermiques serait important pour réduire les dépenses énergétiques. Quelques études sur le sujet existent en lapin (Zeferino et al., 2011; Piles et al., 2014) et mériteraient d'être poursuivies.

Les hormones sont aussi largement utilisées en élevage cunicoles pour assurer la reproduction. L'injection de GnRH (Gonadotrophin Releasing Hormone) est cruciale pour l'utilisation de l'insémination artificielle (IA) puisque le lapin est une espèce à ovulation provoquée par l'accouplement. L'IA permet la conduite en bande et accélère la diffusion du progrès génétique. Quelques travaux de génétique ont porté sur les alternatives à l'injection d'hormone pour la reproduction, et notamment sur la réceptivité des lapines (Theau-Clément et al., 2015), mais les résultats ne sont pas très encourageants. L'utilisation d'hormones reste la norme.

Diminuer les intrants en considérant la carrière totale des animaux peut permettre de réduire les pertes liées à la production et épargner des vies animales. Cela peut être obtenu en réduisant le temps de vie improductif, par exemple en améliorant la précocité sexuelle, mais cela peut avoir une influence négative sur la prolificité ou la longévité (Flatt, 2011) ou en améliorant directement la longévité ou la durée de vie reproductive, plus étudiée en lapin (Garreau et al., 2017; El Nagar et al., 2020). Cela permettrait de diminuer le taux de renouvellement de troupeaux, de même que réduire les taux de mortalité aux différents âges. De même, conserver les reproductrices plus longtemps, sans effectuer de renouvellement en reformant des animaux sains et performants pour faire rentrer de nouvelles femelles de niveau génétique potentiellement supérieur, est aussi une piste à tester (Savietto et al., 2016).

1.3. Optimiser le fonctionnement des systèmes d'élevage pour réduire les pollutions

Une partie des travaux évoqués au point précédent visant à réduire les intrants par unité de production vont aussi permettre de réduire les pollutions dont les effluents d'élevage peuvent être responsables, ou les émissions de gaz à effet de serre. Des modifications du génome avaient été envisagées pour réduire les pollutions dans certaines espèces animales, comme des porcs transgéniques valorisant plus efficacement le phosphore (Golovan et al., 2001).

Toutefois le principe « d'optimisation du fonctionnement des systèmes d'élevage » renvoie plutôt à la notion de « bouclage des cycles » au sein de systèmes diversifiés composés d'éléments complémentaires (Peyraud et al., 2015). Les systèmes de polyculture-élevage très intégrés sont emblématiques de ce principe. Ce sont des systèmes autonomes, recourant peu aux intrants, avec des niveaux de couplage forts entre productions végétales et animales (Bonaudo et al., 2014). Les recherches sur ces sujets concernent principalement la conception des systèmes en elle-même. Les contributions de la génétique animale ont été jusqu'à présent très limitées pour de nombreuses espèces et inexistantes en lapins. Les travaux visant à faire évoluer les objectifs de sélection dans le but de disposer d'animaux plus autonomes, adaptables et robustes, susceptibles de valoriser des ressources hétérogènes produites localement (pâturage, résidus de récolte, cultures fourragères variées intégrées dans des rotations longues…), ou visant à identifier des ressources génétiques (races ou croisements) présentant ces caractéristiques, en font partie (Phocas et al., 2017).

1.4. Gérer la diversité des ressources et la complémentarité des animaux pour renforcer la résilience des systèmes d'élevage

L'idée sous-jacente à ce principe est qu'une diversité bien pensée, d'un point de vue biologique, génétique, technique et organisationnel renforce la résilience des systèmes d'élevage.

Par exemple, la variabilité entre les individus au sein d'un troupeau d'une même espèce (et d'une seule ou plusieurs races) peut être une source de résilience si tous les animaux ne gèrent pas les compromis entre fonctions de la même façon et n'utilisent pas les mêmes mécanismes d'adaptation. Cela peut aussi favoriser l'immunité du groupe.

L'association de différentes espèces animales procure aussi de nombreux avantages :
- la valorisation de ressources alimentaires différentes ou avec des temporalités distinctes ;
- la baisse des compétitions pour accéder à certaines ressources ;
- des effets favorables sur la dynamique épidémiologique de certaines maladies (parasitisme, même s'il existe des risques de transmissions croisées de certains agents infectieux) et sur la biodiversité des surfaces fourragères,
- la sécurisation des revenus (Magne et al., 2019; Mahieu et al., 2020; Martin et al., 2020).

Si de nombreux travaux ont été conduits dans le domaine des productions végétales, ils restent rares dans le domaine des productions animales (Doré and Bellon, 2019) et, à notre connaissance, sont inexistants pour le lapin. Comme résumé dans le rapport issu de la réflexion prospective interdisciplinaire pour l'agroécologie conduite à INRAE (Caquet et al., 2019), les enjeux sont nombreux. Il s'agit :
1) D'évaluer la contribution de la diversité génétique à la performance des systèmes agroécologiques.
2) De comprendre les mécanismes d'action de cette diversité, ainsi que l'effet de la gamme de diversité et de la gamme de variation environnementale sur l'amplitude des interactions « Génétique × Environnement ».
3) D'identifier les caractères d'intérêt majeurs impliqués dans les interactions entre animaux.
4) De définir la gamme de diversité permettant l'expression des mécanismes favorables au développement de systèmes de production plus résilients.
5) De définir de nouveaux critères et développer de nouveaux programmes de sélection et de croisement innovants prenant en compte les objectifs de diversité génétique des animaux.

Ces enjeux indiquent qu'une contribution de la génétique animale au 4ème principe nécessite de dépasser les approches de sélection fondées sur la recherche d'un animal optimal aux performances calibrées pour des environnements d'élevage standardisés, et de s'inscrire dans des approches plus systémiques du fonctionnement des systèmes d'élevage.

1.5. Adapter les pratiques d'élevage de manière à préserver la biodiversité et à assurer les services écosystémiques associés

Ce principe considère la biodiversité des écosystèmes et des populations des animaux d'élevage. Les systèmes et les pratiques d'élevage ne doivent pas avoir d'impacts négatifs sur la biodiversité des agroécosystèmes, que ce soient ceux dans lesquels vivent les animaux, mais aussi ceux qui servent à la production des ressources alimentaires pour l'élevage. La voie principale pour favoriser la biodiversité des agroécosystèmes repose sur le redéploiement des prairies naturelles et l'extension des infrastructures agroécologiques (haies, arbres, etc.), ainsi que l'adaptation des pratiques de valorisation des surfaces fourragères (Sabatier et al., 2015). À l'inverse, des systèmes d'élevage mobilisant des ressources alimentaires produites à partir de déforestation massive, de monoculture, induisant des dégâts importants sur la nature ou nécessitant un recours important aux pesticides, devraient être proscrits, étant donné le rôle prépondérant de ces pratiques dans l'effondrement de la biodiversité. Il est donc nécessaire que cet aspect soit intégré dans les recherches portant, par exemple, sur l'efficacité alimentaire des animaux. Dans l'ensemble, les recherches en génétique animale permettant de contribuer à ce 1er volet du 5ème principe sont largement insuffisantes (toutes espèces confondues), et commencent seulement à émerger chez le lapin (Savietto and Drusch, 2022).

Ce principe inclut aussi des objectifs de préservation de la diversité des populations animales, pour laquelle la contribution des généticiens est importante. Des méthodes et outils permettant de quantifier, caractériser et gérer la diversité génétique au sein des populations ont été développés de longue date, et sans cesse améliorés (Leroy et al., 2013). Les populations commerciales en sélection comme les races locales ou patrimoniales ont été considérées. Ces travaux bénéficient de l'évolution des outils d'analyse du génome (génotypage et séquençage). On peut citer pour le lapin : la conservation de races et lignées patrimoniales, de lignées utilisée pour la recherche et de lignées en sélection à la Cryobanque nationale (CRB-Anim, 2018), la caractérisation de différentes races (Bolet et al., 2000, 2004), la reconstitution de l'histoire de la domestication du lapin (Carneiro et al., 2014) et le développement de méthodes pour préserver de la diversité génétique au sein des populations sélectionnées et optimiser les accouplements pour limiter l'augmentation de la consanguinité (Herbert et al., 2021).

2. Des travaux en génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage

2.1. Vers une mobilisation conjointe et équilibrée des différents principes

Certains exemples présentés ici ont été associés à un l'un des principes de l'agroécologie, mais ils contribuent également à d'autres (Tableau 2). Par exemple, en améliorant l'efficacité alimentaire des animaux, on réduit la quantité d'intrants nécessaire à la production par unité de produit, ce qui est une contribution forte au principe 2, on réduit les pollutions (principe 3), et on diminue l'importation de matières premières nuisant à la biodiversité (principe 5). Cependant si ce gain d'efficacité s'accompagne d'une augmentation de la taille de l'élevage et du volume produit, ou d'une augmentation de la qualité des matières premières requises pour l'aliment, l'impact favorable de l'amélioration de l'efficacité alimentaire sur les niveaux de pollution ou la préservation de biodiversité est susceptible d'être annulé (effet rebond).

D'autres travaux en génétique animale, qui n'ont pas encore concerné le lapin, peuvent mobiliser plusieurs principes, notamment ceux qui visent à quantifier les conséquences économiques et environnementale de la sélection sur certains caractères (Soleimani and Gilbert, 2020), ou ceux permettant de remplacer les pondérations économiques des objectifs de sélection par des pondérations environnementales (Besson et al., 2020). Certains travaux peuvent mobiliser l'ensemble des principes, par exemple ceux concernant la définition de nouveaux objectifs de sélection adaptés à des systèmes d'élevages alternatifs et diversifiés (Slagboom et al., 2020), ou prenant en compte l'ensemble des services et contraintes des élevages à l'échelle des territoires (Tixier-Boichard et al., 2015).

2.2. De l'amélioration de l'efficience à la reconception des systèmes d'élevage

Certaines actions (Tableau 3) sont associées à un ou plusieurs principes envisagés dans le cadre de l'élevage dit « conventionnel » et ne relèvent pas d'une transition agroécologique des systèmes d'élevage.
L'utilisation du gradient E/S/R (Efficience/ Substitution/ Reconception) développée par Hill (1985) permet de considérer les niveaux de transition que les différentes actions peuvent engendrer.

Par exemple, certaines actions visant une recherche d'Efficience (E) ne vont pas remettre en cause les fondements du système. C'est par exemple le cas de sélection sur l'efficacité alimentaire, sans chercher à modifier le type d'aliment ni la conduite d'élevage (*cf.* Drouilhet et al., 2013). C'est aussi le cas de l'amélioration de la résistance à la Pasteurellose, sans s'interroger sur les facteurs de risque (tel que le fait d'élever les lapins en claustration (Shrestha et al., 2020).

De même, certaines actions vont chercher à Substituer (S) certaines composantes du système par d'autres jugées plus vertueuses, mais sans remettre en question non plus la conception générale du système. Cela peut être le cas du changement d'une matière première dans la formulation d'aliment (remplacer le tourteau de soja par d'autres matières premières produites localement) sans changer la conduite des élevages (Gayrard et al., 2022).

Au final, le niveau de transition le plus abouti implique une reconception (R) globale et en profondeur des systèmes, avec l'application conjointe de plusieurs principes de l'agroécologie (Dumont et al., 2013, 2020). Une modernisation agroécologique forte des élevages (Duru et al., 2014) nécessite un changement de paradigme et une conception *de novo* en profondeur des systèmes (Fetiveau et al., 2021; Savietto and Drusch, 2022). Il s'agit de se baser sur les principes de l'agroécologie : utiliser la biodiversité pour produire de services, de régulation notamment, afin de limiter les intrants, réduire les pollutions et accroître la résilience des systèmes.

La modernisation agroécologique faible (E ou S) est la plus simple à envisager, et consiste à réduire les coûts pour améliorer l'efficience économique des systèmes. Cependant, en proposant des solutions efficaces à court terme, elle peut empêcher la recherche des causes fondamentales des problèmes et retarder la mise en œuvre de solutions à long terme nécessitant une remise en cause forte de la structure des systèmes (Hill, 1985).

Les contributions passées de la génétique animale pour l'élevage cunicole se situent dans un registre de modernisation agroécologique faible (E/S). La génétique animale a eu dans le passé un impact positif sur la durabilité économique et environnementale des élevages. Elle a contribué à l'accroissement de la productivité en permettant une réduction des coûts de production, des ressources utilisées et des impacts environnementaux rapportés à l'unité de produit. Cependant, cette contribution a bénéficié majoritairement au système d'élevage dit « conventionnel », et ses effets positifs ont été contrebalancés par une augmentation des volumes produits. La génétique animale a accompagné l'évolution de systèmes d'élevages des dernières décennies et contribué au verrouillage socio-économique des systèmes, rendant l'évolution et la reconception difficiles.

Cependant, certains thèmes de recherche pourraient s'inscrire dans une perspective de transition agroécologique forte des systèmes d'élevage. Ils sont présentés dans le Tableau 2.

2.3. Transition agroécologique, bien-être des animaux, des humains et de l'environnement

Les travaux fondateurs en agroécologie sont issus des productions végétales (Altieri, 2002), ce qui explique que le bien-être animal a jusque-là été peu considéré dans la transition agroécologique des systèmes d'élevage. Le bien-être des animaux pourrait de façon logique être intégré au 1er principe (gestion intégrée de la santé), en utilisant la notion de « *One Welfare* » pour comprendre les interconnexions entre bien-être animal, bien-être humain et environnement (Pinillos et al., 2016). Améliorer le bien-être animal est l'un des objectifs importants des travaux de conception de systèmes cunicoles avec accès à l'extérieur actuellement en cours (Fetiveau et al., 2021).

Tableau 2 : Exemple de contributions de la génétique animale aux 5 principes (P1 : Gestion intégrée de la santé et du bien-être des animaux, P2 : Diminution des intrants nécessaires à la production, P3 : Optimiser le fonctionnement des systèmes et réduire les pollutions ; P4 : Gérer la diversité pour renforcer la résilience des systèmes d'élevage, et P5 : Préserver la biodiversité en adaptant les pratiques) agroécologiques pour les systèmes d'élevage cunicoles[1,2,3]

	P1	P2.	P3	P4	P5
EFFICACITE ALIMENTAIRE ET METABOLISME					
Améliorer l'efficacité alimentaire					
Analyser les compromis entre efficience alimentaire et robustesse					
Améliorer l'aptitude des lapins à valoriser les ressources alimentaires alternatives					
Etudier les bases génétiques de la gestion des réserves corporelles					
Comprendre les bases génétiques de la thermorégulation des lapins					
SANTE DES ANIMAUX					
Comprendre les mécanismes génétiques impliqués dans la résistance aux maladies					
Sélectionner sur la résistance aux maladies d'étiologies connues					
Sélectionner sur la réduction des troubles non spécifiques					
Définir des critères de robustesse héritables					
Sélectionner sur les compétences immunitaires des lapins					
Sélectionner des lapins plus autonomes, adaptables et robustes					
REPRODUCTION ET LONGEVITE					
Etudier les caractères réduisant les temps de vie improductifs					
Etudier les bases génétiques de la réceptivité sexuelle des femelles					
GESTION DE LA DIVERSITE GENETIQUE					
Gérer les affections héréditaires en ségrégation dans les populations en sélection					
Préserver la diversité des populations de lapins					
Développer des méthodes et outils pour caractériser la diversité génétique des lapins					
Valoriser et piloter la variabilité génétique entre individus au sein du système					
TRANSITION DES SYSTEMES					
Définir des objectifs de sélection adaptés aux systèmes d'élevage alternatifs					
Sélectionner les animaux pour optimiser les services rendus par les systèmes d'élevage					
Quantifier les conséquences environnementales des stratégies de sélection génétique					

[1]Rectangle gris foncé : contribution forte de la recherche au principe agroécologique, rectangle gris clair : contribution faible, rectangle blanc : pas de contribution. [2]Texte en italique =Contribution très faible ou inexistante pour les systèmes d'élevage cunicole. [3]D'après Ducos et al., 2021.

Tableau 3 : Positionnement de travaux concernant trois grands domaines de recherche en génétique animale sur le gradient Efficience/Substitution/Reconception.[1]

Thématiques / Domaines de recherche & développement	GRADIENT DE TRANSITION E>>S>>R		
	Efficience (E)	**Substitution (S)**	**Reconception (R)**
Efficacité alimentaire	Sélection pour réduire la consommation de concentrés (réduction des intrants et du coût de production)	Sélection pour améliorer la capacité à valoriser des aliments fibreux de moindre valeur nutritionnelle et en plus faible compétition avec l'alimentation humaine → alternative / substitution aux concentrés	Stratégies pour accroitre durablement l'efficacité à l'échelle de la ferme en mobilisant plusieurs leviers : - sélection et conduite pour améliorer l'efficacité à l'échelle de la carrière de l'animal ou du troupeau (gestion du renouvellement) - ressources alimentaires alternatives (ex : produits et coproduits d'intercultures, déchets alimentaires) - systèmes innovants diversifiés s'appuyant sur une forte intégration agriculture et élevage
Santé des animaux	Sélection pour améliorer la productivité des animaux dans des milieux très contrôlés (sous-entendu : les animaux malades ne sont pas productifs, et réciproquement)	Sélection pour améliorer la résistance des animaux aux maladies infectieuses et parasitaires et/ou l'immunocompétence → alternative / substitution à l'usage de médicaments, antibiotiques et antiparasitaires notamment	Stratégie intégrée de gestion de la santé pour minimiser le recours aux intrants en mobilisant plusieurs leviers complémentaires et services écosystémiques : - association de plusieurs espèces animales complémentaires et sélectionnées pour leur adaptation au système (ex : animaux résistants ou tolérants) - utilisation de plantes à valeur santé - traitements ciblés sélectifs - pâturage tournant
Dynamiques de production, diversité et transition des systèmes	Sélection pour améliorer l'efficacité de fonctions biologiques particulières telles que la durée de la carrière reproductive Réduire la durée de la phase de démarrage non productive	Sélection pour améliorer l'aptitude des animaux à mobiliser et reconstituer leurs réserves corporelles, à gérer les compromis entre fonctions → alternative / substitution à la maîtrise du milieu par les éleveurs basée sur un usage intensif d'intrants	Stratégie de gestion de la diversité et de la complémentarité entre les animaux, et entre les animaux et les autres composantes du système (croisements, gestion innovante de la diversité intra-troupeau) pour accroitre la résilience des systèmes et minimiser le recours aux intrants (dont animaux) Stratégies de sélection à partir d'objectifs multicritères intégrant les impacts économiques, sociaux et environnementaux (incluant la biodiversité) de la sélection, à l'échelle des territoires

[1]D'après Ducos et al. 2021

Conclusions

La menace du dérèglement climatique, la dégradation des écosystèmes, ainsi que les évolutions des attentes sociétales dans certains pays, nous obligent à repenser les choix ayant structuré nos systèmes alimentaires (Duru and Le Bras, 2020).

Différentes voies de transition sont possibles, de l'intensification durable (ou écologie industrielle, évoquée dans l'article de Dumont et al., 2013) à ce virage qu'est l'agroécologie.

Les débats sont vifs entre les partisans de chaque orientation, y compris au sein de la communauté scientifique. L'élevage de lapins en France est très largement basé sur le modèle dit « conventionnel » (Gidenne, 2018). L'interprofession Lapin (CLIPP) souhaite que la filière évolue vers une diversification de la production, avec un développement de l'offre de lapins issus d'élevages alternatifs, sous cahier des charges *Label Rouge* et *Agriculture Biologique*. Leur but était d'atteindre 25% de viande de lapins issus d'élevages alternatifs en 2022 (CLIPP, 2018). Ce but

reste à atteindre et pour accompagner cette transition, l'effort de recherche doit être conséquent (Dumont et al., 2014) et envisagé de façon interdisciplinaire.

La recherche en génétique animale doit se saisir de ces thématiques pour accompagner au mieux la transition agroécologique des systèmes cunicoles.

Références

Altieri M 2002. Agroecological principles and strategies for sustainable agriculture. In Agroecological innovations: Increasing food production with participatory development. (ed. N. Uphoff), pp. 40–46. London, UK.

Anses 2021. Surveillance des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2020. Rapport annuel.

Baselga M, Deltoro J, Camacho J and Blasco A 1988. Genetic analysis on lung injury in four strains of meat rabbit. In 4th World Rabbit Congress, pp. 120–127. Budapest, Hungary.

Besson M, Komen H, Rose G and Vandeputte M 2020. The genetic correlation between feed conversion ratio and growth rate affects the design of a breeding program for more sustainable fish production. Genetics Selection Evolution 52, 5.

Bishop SC 2010. Modelling farm animal diseases. In Breeding for disease resistance in farm animals, pp. 38–54. CABI Books.

Bolet G, Brun J-M, Lechevestrier S, Lopez M and Boucher S 2004. Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms. Animal Research 53, 59–65.

Bolet G, Brun JM, Monnerot M, Abeni F, Arnal C, Arnold J, Bell D, Bergoglio G, Besenfelder U, Bosze S, Boucher S, Chanteloup N, Ducourouble MC, Durand-Tardif M, Esteves PJ, Ferrand N, Gautier A, Haas C, Hewitt G, Jehl N, Joly T, Koehl PF, Laube T, Lechevestrier S, Lopez M, Masoero G, Menigoz JJ, Piccinin R, Queney G, Saleil G, Surridge A, van der LOO W, Vicente JS, Viudes de Castro MP, Virag JS and Zimmermann JM 2000. Evaluation and conservation of european rabbit (Oryctolagus cuniculus) genetic resources. First results and inferences. In 7th World Rabbit Congress, pp. 281–315. Valencia, Spain.

Bonaudo T, Bendahan AB, Sabatier R, Ryschawy J, Bellon S, Leger F, Magda D and Tichit M 2014. Agroecological principles for the redesign of integrated crop–livestock systems. European Journal of Agronomy 57, 43–51.

Buckwell A and Nadeu E 2018. What is the Safe Operating Space for EU Livestock? RISE Foundation Brussels.

Caquet T, Gascuel-Odoux C, Tixier-Boichard M, Dedieu B, Detang-Dessendre C, Dupraz P, Faverdin P, Hazard L, Hinsinger P, Litrico-Chiarelli I, Medale F, Monod H, Petit-Michaud S, Reboud X, Thomas A, Lescourret F, Roques L, de Vries H and Soussana J-F 2019. Réflexion prospective interdisciplinaire pour l'agroécologie. Rapport de synthèse.

Carneiro M, Rubin C-J, Di Palma F, Albert FW, Alfoldi J, Barrio a. M, Pielberg G, Rafati N, Sayyab S, Turner-Maier J, Younis S, Afonso S, Aken B, Alves JM, Barrell D, Bolet G, Boucher S, Burbano H a., Campos R, Chang JL, Duranthon V, Fontanesi L, Garreau H, Heiman D, Johnson J, Mage RG, Peng Z, Queney G, Rogel-Gaillard C, Ruffier M, Searle S, Villafuerte R, Xiong a., Young S, Forsberg-Nilsson K, Good JM, Lander ES, Ferrand N, Lindblad-Toh K and Andersson L 2014. Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. Science 345, 1074–1079.

CLIPP 2018. PLAN DE FILIERE LAPIN 2018-2022.

Coutelet G 2015. Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins de chair en France en 2014. In 16ème Journées de la Recherche Cunicole, pp. 193–196. Le Mans, France.

CRB-Anim 2018. INRAE. Centre de Ressources Biologiques - Pilier Animal.

Domingues JP, Bonaudo T, Gabrielle B, Perrot C, Trégaro Y and Tichit M 2019. Les effets du processus d'intensification de l'élevage dans les territoires. INRA Productions Animales 32, 159–170.

Doré T and Bellon S 2019. Les mondes de l'agroécologie.

Drouilhet L, Gilbert H, Balmisse E, Ruesche J, Tircazes A, Larzul C and Garreau H 2013. Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. Journal of Animal Science 91, 3121–3128.

Ducos A, Douhard F, Savietto D, Sautier M, Fillon V, Gunia M, Rupp R, Moreno-Romieux C, Mignon-Grasteau S, Gilbert H and Fortun-Lamothe L 2021. Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage. INRAE Productions Animales 34, 79–96.

Dumont B, Fortun-Lamothe L, Jouven M, Thomas M and Tichit M 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. Animal 7, 1028–1043.

Dumont B, Fortun-Lamothe L and Thomas M 2020. Agroécologie en élevage : quelles opportunités face au défi climatique ? In L'élevage pour l'agroécologie et une alimentation durable (eds. S. Chriki, M. Ellies-Oury and J. Hocquette), pp. 157–175. Paris, France.

Dumont B, González-García E, Thomas M, Fortun-Lamothe L, Ducrot C, Dourmad JY and Tichit M 2014. Forty research issues for the redesign of animal production systems in the 21st century. Animal 8, 1382–1393.

Duru M and Le Bras C 2020. Crises environnementales et sanitaires : des maladies de l'anthropocène qui appellent à refonder notre système alimentaire. Cah. Agric. 29.

Duru M, Fares M and Therond O 2014. Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser demain) la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. Cahiers Agricultures 23, 84-95 (1).

Eady SJ, Garreau H and Gilmour AR 2007. Heritability of resistance to bacterial infection in meat rabbits. Livestock Science 112, 90–98.

European Union 2020. Farm to Fork Strategy – for a fair, healthy and environmentally-friendly food system.

FAO 2018. FAO's work on agroecology: A pathway to achieve the SDGs. Rome, Italy.

Faverdin P and Van Milgen J 2019. Intégrer les changements d'échelle pour améliorer l'efficience des productions animales et réduire les rejets. INRAE Productions Animales 32, 305–322.

Fetiveau M, Savietto D, Gidenne T, Pujol S, Aymard P and Fortun-Lamothe L 2021. Effect of access to outdoor grazing and stocking density on space and pasture use, behaviour, reactivity, and growth traits of weaned rabbits. Animal 15, 100334.

Flatt T 2011. Survival costs of reproduction in Drosophila. Experimental Gerontology 46, 369–375.

Fortun-Lamothe L and Savietto D 2022. Gestion intégrée de la santé animale : Définition. Dictionnaire d'agroécologie. from https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/gestion-integree-de-la-sante-animale/.

García ML, Gunia M and Argente MJ 2021. Genetic factors of functional traits. World Rabbit Science 29, 207–220.

Garreau H, Eady S, Hurtaud J and Legarra A 2008. Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. In Proc. 9th World Rabbit Congress.

Garreau H, Fournier E, Allain D and Gunia M 2015a. Génétique et sélection. In Le lapin. De la biologie à l'élevage (ed. T. Gidenne).

Garreau H, Larzul C, Tudela F, Ruesche J, Ducrocq V and Fortun-Lamothe L 2017. Energy balance and body reserves in rabbit females selected for longevity. World Rabbit Science 25, 205.

Garreau H, Licois D, Rupp R and Rochambeau H De 2005. Variabilité génétique de la résistance à l'entéropathie épizootique du lapin : nouveaux résultats. In 11ème

Journées de la Recherche Cunicole, pp. 277–280. Paris, France.
Garreau H, Theau-clément M and Gidenne T 2015b. Anatomie, taxonomie, origine, évolution et domestication. In Le lapin. De la biologie à l'élevage (ed. T. Gidenne).
Gayrard C, Bretaudeau A, Gombault P, Hoste H and Gidenne T 2022. Feed incorporation of dehydrated sainfoin: effects on health and performances of does and growing rabbits. World Rabbit Science 30, 107–118.
Gidenne T 2018. Diversité des filières cunicoles. Innovations Agronomiques 68, 217–225.
Gidenne T, Aubert C, Drouilhet L and Garreau H 2013. L'efficacité alimentaire en cuniculture: impacts technico-économiques et environnementaux. In 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, pp. 1–13. Le Mans, France.
Gliessman SR 2006. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems. CRC Press.
Golovan SP, Meidinger RG, Ajakaiye A, Cottrill M, Wiederkehr MZ, Barney DJ, Plante C, Pollard JW, Fan MZ, Hayes MA, Laursen J, Hjorth JP, Hacker RR, Phillips JP and Forsberg CW 2001. Pigs expressing salivary phytase produce low-phosphorus manure. Nature Biotechnology 19, 741–745.
Gourdine JL, Riquet J, Rosé R, Poullet N, Giorgi M, Billon Y, Renaudeau D and Gilbert H 2019. Genotype by environment interactions for performance and thermoregulation responses in growing pigs. Journal of Animal Science 97, 3699–3713.
Le Graverand Q, Labrune Y, Aymard P, Chapuis H, Demars J, Helies V, Riquet J, Ruesche J, Zemb O, Gilbert H and Garreau H 2023. Analyse génomique de la composition du microbiote caecal du lapin. In 23èmes Rencontres Recherche Ruminants. Le Mans, France.
Gunia M, David I, Hurtaud J, Maupin M, Gilbert H and 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, 467.
Herbert C, Yviquel J, Flatres-Grall L, Pong-Wong R and Lenoir G 2021. Optimal contribution selection in C line Hycole: prospect for genetic gain. In 12th World Rabbit Congress. Nantes, France.
Hill S 1985. Redesigning the food system for sustainability. Alternatives, 32–36.
Hill WG and Kirkpatrick M 2010. What Animal Breeding Has Taught Us about Evolution. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 41, 1–19.
ITAVI 2017. Structure et organisation des filières cunicoles en Europe. Analyse comparée des filières espagnole, italienne, hongroise, belge et néerlandaise.
Laisney C 2012. L'évolution de l'alimentation en France. Centre d'études et de prospectives.
Landecker H 2019. Antimicrobials before antibiotics: war, peace, and disinfectants. Palgrave Communications 5, 1–11.
Leroy G, Mary-Huard T, Verrier E, Danvy S, Charvolin E and Danchin-Burge C 2013. Methods to estimate effective population size using pedigree data: Examples in dog, sheep, cattle and horse. Genetics Selection Evolution 45, 1.
Leterrier C, Aubin-Houzelstein G, Boissy A, Deiss V, Fillon V, Lévy F, Merlot E and Petit O 2022. Améliorer le bien-être des animaux d'élevage : est-ce toujours possible ? Sesame.
Magne M-A, Nozières-Petit M-O, Cournut S, Ollion É, Puillet L, Renaudeau D and Fortun-Lamothe L 2019. Gérer la diversité animale dans les systèmes d'élevage : laquelle, comment et pour quels bénéfices ? INRAE Productions Animales 32, 263–280.
Mahieu M, Arquet R, Fleury J, Bonneau M and Mandonnet N 2020. Mixed grazing of adult goats and cattle: Lessons from long-term monitoring. Veterinary Parasitology 280, 109087.
Martin G, Barth K, Benoit M, Brock C, Destruel M, Dumont B, Grillot M, Hübner S, Magne M-A, Moerman M, Mosnier C, Parsons D, Ronchi B, Schanz L, Steinmetz L, Werne S, Winckler C and Primi R 2020. Potential of multi-species livestock farming to improve the sustainability of livestock farms: A review. Agricultural Systems 181, 102821.
El Nagar AG, Sánchez JP, Ragab M, Mínguez C and Baselga M 2020. Genetic variability of functional longevity in five rabbit lines. animal 14, 1111–1119.
Nozieres-Petit M-O, Baritaux V, Couzy C, Dervillé M, Perrot C, Sans P and You G 2016. Organisation des filières de ruminants : Quelles évolutions ? Quelles alternatives pour les éleveurs ? In 23èmes Rencontres Recherche Ruminants. Paris, France.
Peyraud J-L, Richard G and Gascuel-Odoux C 2015. Boucler les grands cycles biogéochimiques. Innovations Agronomiques 43, 177–186.
Phocas F, Agabriel J, Dupont-Nivet M, Geurden J, Médale F, Mignon-Grasteau S, Gilbert H and Dourmad JY 2014. Le phénotypage de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficience des productions animales. INRAE Productions Animales 27, 235–248.
Phocas F, Belloc C, Bidanel J, Delaby L, Dourmad J-Y, Dumont B, Ezanno P, Fortun-Lamothe L, Foucras G, Frappat B, Gonzalez-Garcia E, Hazard D, Larzul C, Lubac S, Mignon-Grasteau S, Moreno-Romieux C, Tixier-Boichard M and Brochard M 2017. Quels programmes d'amélioration génétique des animaux pour des systèmes d'élevage agro-écologiques ? INRA Productions Animales 30, 31–46.
Piles M, Baselga M and Sanchez JP 2014. Expected responses to different strategies of selection to increase heat tolerance assessed by changes in litter size in rabbit. Journal of Animal Science 92, 4306–4312.
Pinillos RG, Appleby MC, Manteca X, Scott-Park F, Smith C and Velarde A 2016. One Welfare – a platform for improving human and animal welfare. Veterinary Record 179, 412–413.
Ragab M, Ramon J, Rafel O, Quintanilla R, Piles M and Sanchez JP 2015. Paramètres génétiques des phénotypes liés aux maladies chez le lapin en engraissement nourri avec deux regimes alimentaires differents. In 16ème Journées de la Recherche Cunicole, pp. 69–72. Le Mans, France.
Renevey M, Combes S, Cauquil L, Aymard P, Helies V, Larzul C, Ruesche J, Poli M, Zemb O and Garreau H 2023. Etude de la résilience de l'holobionte suite à une rupture de transmission symbiotique dans 2 lignées de lapins sélectionnées sur l'efficacité alimentaire. In 19èmes journées de la Recherche Cunicole. Le Mans, France.
Sabatier R, Durant D, Hazard L, Lauvie A, Lecrivain E, Magda D, Martel G, Roche B, Sainte Marie C de, Teillard F and Tichit M 2015. Towards biodiversity-based livestock systems: review of evidence and options for improvement. CABI Reviews 2015, 1–13.
Savietto D, Cervera C, Blas E, Baselga M, Larsen T, Friggens NC and Pascual JJ 2013. Environmental sensitivity differs between rabbit lines selected for reproductive intensity and longevity. Animal 7, 1969–1977.
Savietto D, Cervera C, Ródenas L, Martínez-Paredes E, Baselga M, García-Diego FJ, Larsen T, Friggens NC and Pascual JJ 2014. Different resource allocation strategies result from selection for litter size at weaning in rabbit does. Animal 8, 618–628.
Savietto D and Drusch S 2022. Le lapin, le pommier et les bénéfices écosystémiques interspécifiques. Conception d'un système d'association arboriculture – élevage. In Séminaire du métaprogramme Metabio. Paris, France.
Savietto D, Ródenas L, Martínez-Paredes E and Pascual JJ 2016. Adjusting the age pyramid to promote a more sustainable and healthful rabbit production system. In Proceedings of the 11th World Rabbit Congress, pp. 123–126.
Shrestha M, Garreau H, Balmisse E, Bed'hom B, David I, Guitton E, Helloin E, Lenoir G, Maupin M, Robert R, Lantier F and Gunia M 2020. Genetic parameters of

resistance to pasteurellosis using novel response traits in rabbits. Genetics Selection Evolution 52, 34.
Slagboom M, Hjortø L, Sørensen AC, Mulder HA, Thomasen JR and Kargo M 2020. Possibilities for a specific breeding program for organic dairy production. Journal of Dairy Science 103, 6332–6345.
Soleimani T and Gilbert H 2020. Evaluating environmental impacts of selection for residual feed intake in pigs. Animal 14, 2598–2608.
Theau-Clément M, Tircazes A, Saleil G, Monniaux D, Bodín L and Brun JM 2015. Preliminary study of the individual variability of the sexual receptivity of rabbit does. World Rabbit Science 23, 163.
Tixier-Boichard M, Verrier E, Rognon X and Zerjal T 2015. Farm animal genetic and genomic resources from an agroecological perspective. Frontiers in Genetics 6.
Wezel A and Jauneau J-C 2011. Agroecology – Interpretations, Approaches and Their Links to Nature Conservation, Rural Development and Ecotourism BT - Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field. In (eds. W.B. Campbell and S. Lopez Ortiz), pp. 1–25. Springer Netherlands, Dordrecht.
Zeferino CP, Moura ASAMT, Fernandes S, Kanayama JS, Scapinello C and Sartori JR 2011. Genetic group×ambient temperature interaction effects on physiological responses and growth performance of rabbits. Livestock Science 140, 177–183.
Zhang Q and Cao X 2019. Epigenetic regulation of the innate immune response to infection. Nature Reviews Immunology 19, 417–432.

ETUDE DE LA RESILIENCE DE L'HOLOBIONTE SUITE A UNE RUPTURE DE TRANSMISSION SYMBIOTIQUE DANS 2 LIGNEES DE LAPINS SELECTIONNEES SUR L'EFFICACITE ALIMENTAIRE

Renevey M.[1], Combes S.[1], Cauquil L.[1], Aymard P.[1], Helies V.[1], Larzul C.[1], Ruesche J.[1], Poli M. [1], Zemb O.[1], Garreau H.[1]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, 31326 Castanet-Tolosan, France

[*]Auteur correspondant : renevey.marie@gmail.com

Résumé – Cette étude porte sur deux lignées sélectionnées chacune pour un critère d'efficacité alimentaire (croissance en alimentation restreinte pour la lignée AlimR ou consommation résiduelle en régime *ad libitum* pour la lignée ConsR) introduites dans un bâtiment par adoption des lapereaux nouveaux nés par des femelles EOPS. A la suite de cette rupture de transmission symbiotique, la collecte de fèces des animaux a permis d'étudier la composition du microbiote des deux lignées au cours de 7 générations (17 femelles par lignée et par génération). La proportion de *Firmicutes* était significativement plus élevée dans la lignée AlimR que dans la lignée ConsR (82.22% vs 78.21% respectivement, $p < 0{,}0001$). Réciproquement, la proportion de *Bacteroidota* était significativement plus élevée dans la lignée ConsR que dans la lignée AlimR (20.38% vs 16.50% respectivement, $p < 0{,}0001$). L'effet de la génération était également significatif pour l'abondance des *Firmicutes* et des *Bacteroidota* (p=0,0009 et $p < 0{,}0001$, respectivement). Les valeurs des indices d'alpha-diversité de la lignée AlimR étaient plus élevées que dans la lignée ConsR, (5,23 vs 5,14 respectivement pour 'indice de Shannon, p=0,02). L'effet de la génération était également significatif pour l'indice de Shannon (p=0,003). Enfin une analyse discriminante en composantes principales de la composition du microbiote a permis de distinguer d'une part les deux lignées, d'autre part les générations, notamment la 11eme génération de sélection correspondant aux animaux adoptés par des femelles EOPS et la 18eme génération.

Abstract –This study was carried out on two lines, each selected for a feed efficiency criterion (growth on restricted feed for the AlimR line or residual consumption on *ad libitum* diet for the ConsR line), introduced in a building by adoption of newborn rabbits by SPF females. Following this break in symbiotic transmission, females feces samples was used to study the composition of the microbiota of the two lines over 7 generations (17 females per line and per generation). The proportion of *Firmicutes* was significantly higher in the AlimR line than in the ConsR line (82.22% vs 78.21% respectively, p<0.0001). Conversely, the proportion of *Bacteroidota* was significantly higher in the ConsR line than in the AlimR line (20.38% vs 16.50% respectively, $p < 0.0001$). The effect of generation was also significant for *Firmicutes* and *Bacteroidota* abundance (p=0.0009 and $p < 0.0001$, respectively). The Shannon diversity index was significantly higher in the AlimR line than in the ConsR line, (5.23 vs. 5.14 respectively, p=0.02). The effect of generation was also significant for the Shannon index (p=0.003). Finally, a discriminant principal component analysis of the composition of the microbiota allowed to distinguish between the two lines and between generations, in particular the 11th generation of selection corresponding to animals adopted by EOPS females and the 18th generation.

Introduction

L'appareil digestif du lapin héberge une communauté microbienne complexe et diversifiée qui joue un rôle clé dans de nombreuses fonctions physiologiques telles que la digestion ou l'immunité (Combes et al., 2011). Le pilotage du microbiote semble une voie prometteuse d'amélioration de la durabilité de l'élevage cunicole, notamment en termes de réduction des intrants médicamenteux et d'amélioration de l'efficacité alimentaire. Les études conduites dans d'autres espèces ont démontré l'influence de nombreux facteurs sur la composition du microbiote intestinal : environnement d'élevage (composition et quantité d'aliment, humidité et chaleur), transmission maternelle, âge et état physiologique, génétique, traitements antibiotiques (Gilbert et al., 2018). Chez le lapin, la transmission

maternelle du microbiote au jeune est bien connue, pour lequel l'ingestion de crottes maternelles dans le nid a été démontrée (Combes et al., 2014). Le contrôle génétique de la composition du microbiote a été mis en évidence par les différences observées entre des lignées divergentes sélectionnées sur l'efficacité alimentaire chez le porc (Aliakbari et al., 2021) ou sur l'efficacité digestive chez le poulet (Mignon-Grasteau et al., 2015). Afin de mieux comprendre la construction de l'holobionte et les mécanismes d'interaction hôte-microbiote, il est indispensable de mettre en place des dispositifs expérimentaux qui évitent la confusion des facteurs génétiques et environnementaux, en contrôlant ou maitrisant chacune de ces composantes. Deux lignées expérimentales sélectionnées chacune pour un critère d'efficacité alimentaire ont été introduites dans un bâtiment rénové de l'installation expérimentale INRAE de l'UMR GenPhySE en adoptant des lapereaux nouveaux nés par des femelles EOPS. Partant d'une rupture de transmission symbiotique et avec un environnement d'élevage commun aux 2 lignées, l'objectif de cette expérience est d'étudier, à partir d'échantillons de fèces de femelles reproductrices, les interactions entre l'hôte et le microbiote (effet du génotype sur le microbiote) et la résilience de l'holobionte aux cours des générations.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux

Les animaux étaient issus de la lignée INRA 1001 (Larzul et De Rochambeau, 2005) et ont été élevés dans l'installation expérimentale INRAE de l'UMR GenPhySE (Castanet-Tolosan, France), conformément à la réglementation relative à l'expérimentation animale (agrément APAFiS numéro #18416). Deux lignées ont été utilisées dans cette étude : la lignée AlimR, sélectionnée pour la vitesse de croissance en alimentation restreinte (80 % du niveau *ad libitum*) et la lignée ConsR, sélectionnée sur la consommation résiduelle, c'est-à-dire sur la consommation totale d'aliment distribuée *ad libitum*, corrigée (par régression linéaire) pour le poids moyen (poids métabolique) et pour le gain de poids de 30 à 63 jours. Les lignées sont élevées en même temps, dans les mêmes cellules de maternité et de croissance. Pour chaque génération, les femelles des 2 lignées sont inséminées 4 fois avec un intervalle de 42 jours. A chaque génération et pour chaque lignée, 300 animaux issus des inséminations 3 et 4 sont contrôlés en cage individuelle depuis le sevrage à 30 jours jusqu'à l'âge de 63 jours. Pour les deux lignées, la mesure du poids au sevrage (30 jours) et à 63 jours d'âge a permis de calculer le gain moyen quotidien (GMQ). Les consommations individuelles d'aliments de 30 jours à 63 jours d'âge ont permis de calculer la consommation résiduelle. Les animaux contrôlés pendant la croissance sont sélectionnés selon leur valeur génétique Blup estimée par le logiciel Asreml (Gilmour et al., 2019). Les mâles et femelles futurs reproducteurs sont retenus selon les valeurs génétiques de GMQ les plus élevées pour la lignée AlimR et selon les valeurs génétiques de consommation résiduelle les plus faibles pour la lignée ConsR. Le détail du protocole est décrit par Drouilhet et al. (2013). De la 1^{ere} à la 10eme génération les deux lignées sélectionnées sont composées chacune de 54 femelles et de 27 mâles (un titulaire et 2 remplaçants), répartis en 9 groupes de reproduction.

1.2 Rupture de transmission symbiotique

Pour réaliser la rénovation du bâtiment de sélection de l'installation expérimentale, la 9eme génération de chaque lignée a été transférée dans un bâtiment annexe. Les 9eme et 10eme générations ont été élevées dans ce bâtiment selon le même mode de conduite et le même processus de sélection que celui appliqué dans le bâtiment de sélection. Afin d'améliorer le statut sanitaire des lignées, un troupeau de 150 femelles EOPS gestantes du laboratoire Charles River a été mis en place dans le bâtiment de sélection après sa rénovation pour accueillir les lapereaux de la 11eme génération. Les lapereaux issus de la 5eme insémination artificielle des femelles de la 10eme génération ont été saupoudrés de talc antibiotique puis transférés dès leur naissance du bâtiment annexe vers le bâtiment de sélection rénové: 62 lapereaux mâle et 96 lapereaux femelles de la lignée AlimR ont été adoptés par 31 femelles EOPS tandis 93 lapereaux mâles et 119 lapereaux femelles ont été adoptés par 39 femelles EOPS. Après mesure de leurs performances individuelles et calcul des index de sélection, 84 femelles et 27 mâles sont retenus pour chaque lignée afin de procréer la 12eme génération. Les générations 12 à 18 sont conduites et sélectionnées selon le même processus que celui décrit en 1.1. Le plan expérimental est décrit dans la figure 1.

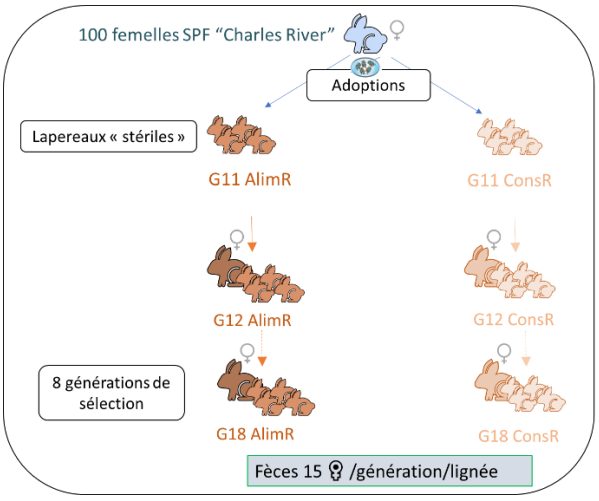


Figure 1 : Dispositif expérimental

1.3. Détermination de la composition du microbiote

Dans chaque lignée et à chaque génération, de la génération 11 à la génération 18, les fèces de 17 femelles (1 à 2 par famille) ont été prélevés 2 jours

avant la mise-bas de la 3eme IA et stockées à -80°C. En raison d'un problème de stockage, les échantillons de la génération 17 n'ont pas été retenus pour cette analyse. Au total, 232 échantillons ont été traités. Le kit ZR Soil Microbe DNA MiniPrepTM (ZymoResearch, Freiburg, Allemagne) a été utilisé pour l'extraction de l'ADN microbien. Le gène de l'ARNr 16S microbien a été caractérisé par séquençage des régions hypervariables V3-V4 codant le gène de l'ARNr 16S à l'aide d'un à l'aide d'un séquenceur illumina MiSeq (Plateforme Get-PlaGe Toulouse Occitanie, doi: 10.15454/1.5572370921303193E12). Les régions V3-V4 ont été retenues parce qu'elles contribuent à l'affiliation taxonomique la plus précise (Yang et al., 2016). Les séquences ont été traitées avec le logiciel FROGS (Escudié et al., 2018), qui utilise l'algorithme Swarm pour regrouper les séquences en cluster (Mahé et al., 2014). Les séquences chimériques ont été exclues en utilisant la package VSEARCH (Rognes et al, 2016). Nous avons ensuite supprimé les clusters dont la proportion minimale était inférieure à 0,005 % par rapport au nombre total de séquences (4, 288, 674 séquences). Leur assignation taxonomique a été réalisée en utilisant l'algorithme BLAST et les données SILVA SSU Ref NR 132 (Quast et al., 2013). Nous avons généré un objet à l'aide du paquetage R phyloseq (McMurdie et Holmes 2013) et avons calculé les indices d'alpha-diversité après raréfaction à 5980 lectures (nombre d'OTUs observées et indice de Shannon).

1.4. Analyses statistiques

Une analyse de variance a été réalisée pour analyser la proportion des différents phyla et les index d'alpha diversité à l'aide du logiciel R version 4.1.2. Les effets fixes du modèle étaient la lignée (n=2) et la génération (n=7). Les effets de la lignée et de la génération sur la composition du microbiote ont été analysés par une analyse discriminante en composante principale (DAPC) (Jombart et al., 2010).

2. Résultats et discussion

2.1. Composition taxonomique du microbiote

La proportion de *Firmicutes,* le phylum le plus abondant chez le lapin, était significativement plus élevée dans la lignée AlimR que dans la lignée ConsR (82,22% vs 78,21% respectivement, p<0,0001)(Figure 2). Réciproquement, la proportion de *Bacteroidota*, le second phylum le plus abondant, était significativement plus élevée dans la lignée ConsR que dans la lignée AlimR (20,38% vs 16,50% respectivement, p < 0,0001). Il n'y avait pas d'effet de la lignée pour l'abondance des autres phyla *Actinobacteriodota*, *Desulfobacterota*, *Proteobacteria* (respectivement 0,66%, 0,11%, 0,60% pour la lignée AlimR et 0,66%, 0,12%, 0,73% pour la lignée ConsR). L'effet de la génération était également significatif seulement sur l'abondance des *Firmicutes* et des *Bacteroidota* (p=0,0009 et p < 0,0001, respectivement). De la génération 11 à la génération 18, la proportion des *Firmicutes* a globalement augmenté (de 79,7 % à 86,3 % dans la lignée AlimR et de 80,0 % à 83,2 % dans la lignée ConsR) tandis que la proportion des *Bacteroidota* a globalement diminué (de 19,0 % à 11,4 % dans la lignée AlimR et de 18,9 % à 14,6 % dans la lignée ConsR).
L'interaction lignée*génération n'était pas significative. Indépendamment de l'effet lignée ou génération, la prédominance de ces deux phyla chez le lapin a été précédemment rapportée (Combes et al., 2011; Velasco-Galilea et al., 2018).

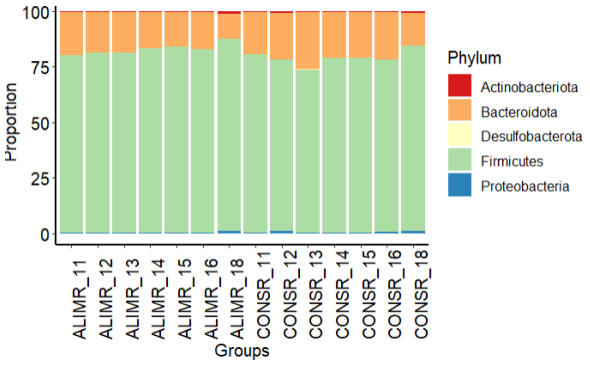


Figure 2 : Proportion de chaque phylum pour les lignées AlimR et ConsR et pour les générations 11 à 18

2.2. Diversité du microbiote

Les valeurs des indices d'alpha-diversité par lignée et génération sont données dans la figure 3. Le nombre d'OTU observé n'était pas significativement différent entre les lignées (641 dans la lignée AlimR contre 631 dans la lignée ConsR). L'indice de Shannon, qui prend en compte l'abondance proportionnelle des espèces, était cependant significativement plus élevé dans la lignée AlimR, sélectionnée sur la croissance en régime restreint que dans la lignée ConsR, sélectionnée pour les valeurs de consommation résiduelle les plus faibles (5,23 vs 5,14 respectivement, p=0,02). Chez le porc, dans une étude comparant la diversité microbienne de deux lignées divergentes sélectionnées pour la consommation résiduelle, l'indice de Shannon était cependant significativement plus élevé dans la lignée à faible consommation résiduelle (Aliakbari et al., 2021). L'effet de la génération était également significatif seulement sur l'indice de Shannon (p=0,003) : la génération 18, en particulier, se distingue par les valeurs les plus élevées (5,40 dans la lignée AlimR et 5,35 dans la lignée ConsR) tandis que les génération 13 et 14 présentent les valeurs les plus faibles (5,21 et 5,19, respectivement, dans les lignées AlimR et ConsR).

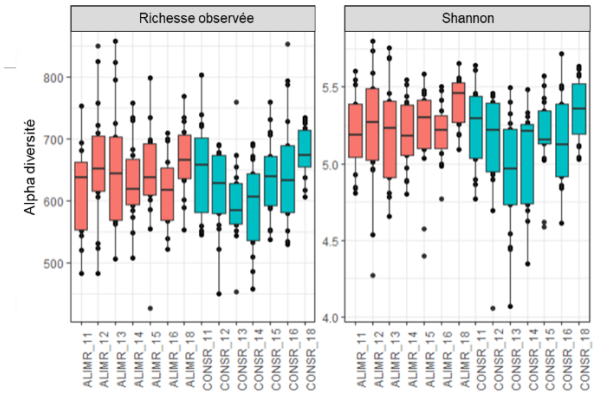


Figure 3 : Richesse observée et indice de Shannon pour les lignées AlimR et ConsR et pour les générations 11 à 18

2.3 Analyse discriminante en composantes principales de la composition du microbiote

L'analyse discriminante en composantes principales de la composition du microbiote permet de distinguer les deux lignées (Figure 4). Des différences de composition du microbiote ont déjà été rapportées entre des lignées divergentes sélectionnées sur l'efficacité alimentaire chez le porc (Aliakbari et al., 2021) ou sur l'efficacité digestive chez le poulet (Mignon-Grasteau et al., 2015). Cette spécificité des microbiotes associée à la lignée qui persiste au-delà de la rupture de transmission par contact, souligne un effet direct de la génétique de l'hôte sur le contrôle de son microbiote. Chez l'homme des études mGWAS (metagenome-Wide Association Studies) sur de larges cohortes, montrent des associations privilégiées entre une poignée de taxon et de SNP (Turpin et al., 2016). Toutefois les mécanismes physiologiques qui régissent cette sélection par l'hôte restent à élucider.

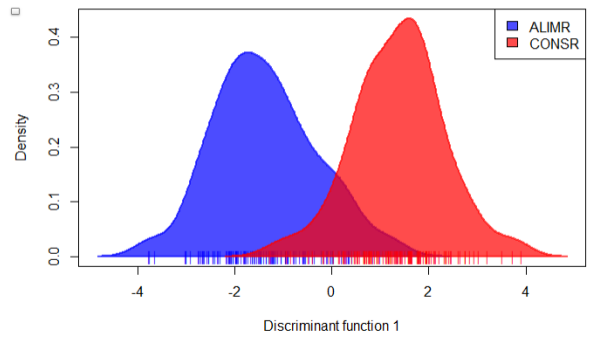


Figure 4 : Estimation de densité de noyaux Kernel de l'analyse discriminante en composantes principales des données du microbiote des lignées AlimR et ConsR

La figure 5 donne les résultats de l'analyse discriminante en composantes principales de la composition du microbiote selon la génération des animaux. La génération 11, correspondant aux animaux adoptés par les femelles EOPS, se distingue des générations 12 à 16, qui présentent des profils de composition microbienne similaires. La génération 18 se distingue des autres générations. Nous n'avons pas identifié de changement dans la conduite des animaux qui pourrait expliquer le profil particulier du microbiote pour cette génération.

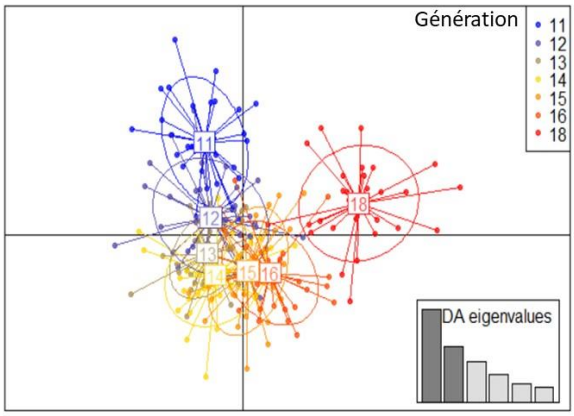


Figure 5 : Analyse discriminante en composantes principales des données du microbiote pour chaque génération de l'ensemble des animaux

Conclusions

Après une rupture de transmission symbiotique consécutive à l'adoption de lapereaux par des femelles EOPS, nous avons mis en évidence des différences de profils taxonomiques, de diversité et de composition du microbiote fécal entre deux lignées sélectionnées pour des critères d'efficacité alimentaires différents. L'effet de la génération sur la composition du microbiote était également significatif pour la proportion des différents phyla, la diversité et la composition du microbiote avec, notamment des différences marquées pour la 11eme génération de sélection, dont les animaux ont été adoptés par des femelles EOPS et pour la 18eme génération.

Remerciements

Nous remercions le personnel de l'installation expérimentale de GenPhySE pour leur soin apporté dans l'élevage des animaux et l'enregistrement des données ainsi que la plateforme bioinformatique Genotoul Toulouse Occitanie (Bioinfo Genotoul, doi : 10.15454/) et le groupe Sigenae pour l'aide ainsi que les ressources de calcul et de stockage.

Références

Aliakbari, A., Zemb, O., Billon, Y., Barilly, C., Ahn, I., Riquet, J., Gilbert, H. 2021. Genetic relationships between feed efficiency and gut microbiome in pig lines selected for residual feed intake. J Anim Breed Genet. Jul;138(4):491-507.

Combes, S., Fortun Lamothe, L., Cauquil, L., Gidenne, T. 2011, Piloter l'écosysteme digestif du lapin : pourquoi,

quand et comment ? 14èmes Journées de la recherche Cunicole (2011-11-22-2011-11-23) Le Mans (FRA)
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, Journal of Animal Science, Volume 92, Issue 2, February, Pages 652– 665.
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, 3121-3128. doi: 10.2527/jas.2012-6176
Escudié, F., Auer, L., Bernard, M., Mariadassou, M., Cauquil, L., Vidal, K., Maman, S., Hernandez-Raquet, G., Combes, S., and Pascal, G. 2018. FROGS: find, rapidly, OTUs with galaxy solution. Bioinformatics 34, 1287–1294.
Gilbert, H., Lagarrigue, S., Verschuren, L.M.G., Zemb, O., Velasco, M., et al. 2018. Effect of gut microbiota on production traits, interaction with genetics. *69. Annual Meeting of the European Association of Animal Production*, Aug 2018, Dubrovnik, Croatia. 705 p.
Gilmour, A. R., Gogel, B. J., Cullis B. R., Thompson R. 2009. ASReml user guide. VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK.
Jombart, T., S., Devillard, S. and Balloux, F. 2010. Discriminant analysis of principal components: A new method for the analysis of genetically structured populations. BMC Genet. 11:94.doi:10.1186/1471-2156-11-94.
Mahé, F., Rognes, T., Quince, C., de Vargas, C. and Dunthorn, M. 2014. Swarm: robust and fast clustering method for amplicon-based studies. PeerJ 2, e593.
Mignon-Grasteau, S., Narcy, A., Rideau, N., Chantry-Darmon, C., Boscher, M.Y., Sellier, N., Chabault, M., Konsak-Ilievski, B., Le Bihan-Duval, E., Gabriel, I. 2015 Impact of Selection for Digestive Efficiency on Microbiota Composition in the Chicken. *PLoS One*, doi:10.1371/journal.pone.0135488.
Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., Peplies, J .and Glöckner, F.O. 2013. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. Nucleic Acids Research 41, D590–D596.
Rognes, T., Flouri, T., Nichols, B., Quince, C., and Mahé, F. 2016. VSEARCH: a versatile open source tool for metagenomics. PeerJ 4, e2584.
Turpin, W., Espin-Garcia, O., Xu, W., Silverberg, M.S., Kevans, D, Smith MI, Guttman DS, Griffiths A, Panaccione R., Otley, A., et al. 2016. Association of host genome with intestinal microbial composition in a large healthy cohort. Nat Genet. 48(11) 1413–7.
Yang, B., Wang, Y. & Qian, PY. 2016. Sensitivity and correlation of hypervariable regions in 16S rRNA genes in phylogenetic analysis. *BMC Bioinformatics* 17, 135.

UNE EXPERIENCE DE SELECTION POUR LA RESISTANCE NON-SPECIFIQUE AUX MALADIES

M. Gunia[1*], J. Ruesche[1], P. Aymard[1], E. Gillet[2], C. Herbert[3], V. Helies[1], M. Maupin[4], D. Savietto[1], L. Warin[5], H. Gilbert[1], et H. Garreau[1]

[1]GenPhySE, INRAE, Université de Toulouse, ENVT, F-31326, Castanet-Tolosan, France.
[2]CLIPP, 7 rue du Fg. Poissonnière, 75009 Paris, France.
[3]HYCOLE, Route de Villers-Plouich, 59159 Marcoing, France.
[4]HYPHARM SAS, La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France.
[5]ITAVI, L'Orfrasière, 37380 Nouzilly, France.

[*]Auteur correspondant : melanie.gunia@inrae.fr

Résumé –Nous avons réalisé une expérience de sélection pour étudier la possibilité d'améliorer la résistance non spécifique aux maladies chez les lapins. Le critère de sélection était un caractère binaire (sain versus malade ou mort) obtenu à partir des signes cliniques de maladies observés en élevage. Un troupeau de 116 à 132 femelles et 30 mâles issu de la lignée INRA1777 a été sélectionné sur la base de ce critère pendant cinq générations sur l'installation expérimentale cunicole d'INRAE. L'héritabilité du caractère était de 0,025 ± 0,008. Après cinq générations de sélection, le progrès génétique estimé s'élevait à 1,5 écart-type génétique, ce qui montre que la sélection pour la résistance non-spécifique aux maladies est réalisable.

A selection experiment for resistance to non-specific diseases. We performed a selection experiment to investigate the possibility to improve resistance to non-specific diseases in rabbits. The selection criterion was a binary trait (healthy versus sick or dead) obtained from clinical signs of diseases occurring naturally on farm. A herd of 116 to 132 does and 30 bucks from the INRA1777 line was bred based on this selection criterion for five generations at the INRAE experimental rabbit farm. The heritability of the trait was 0.025 ± 0.008. After five generations of selection, the genetic progress was 1.5 genetic standard deviation, indicating that breeding for general disease resistance is feasible.

Introduction

Les populations d'animaux d'élevage sont exposées à une grande variété d'agents pathogènes, pas toujours identifiés, qui entraînent des maladies multifactorielles difficiles à éradiquer. Les éleveurs sont à la recherche d'animaux robustes, capables de faire face aux stress environnementaux et de résister aux épizooties. Cependant, il est parfois difficile de trouver un critère de sélection pour la résistance aux maladies qui soit précis, héritable, peu couteux et facile à mesurer en élevage (Davies et al., 2009 ; Bishop et Woolliams, 2014).

Dans cette étude, nous avons réalisé une expérience de sélection dans une installation expérimentale pour améliorer la résistance non-spécifique d'une lignée de lapins aux différentes maladies qu'ils peuvent rencontrer. Le critère de sélection était un caractère binaire (sain versus malade ou mort) basé sur les signes cliniques de maladies survenant naturellement dans les élevages. Le but de notre projet était de déterminer s'il est possible de sélectionner les lapins pour la résistance non spécifique aux maladies en se basant ce critère.

1. Matériel et méthodes

1.1. Caractère

Le critère de sélection était un caractère binaire (0 = malade à 63 jours ou mort en engraissement de maladies, le plus souvent d'origine infectieuse ; 1= sain). Les signes cliniques de maladies ont été enregistrés à 63 jours d'âge à l'installation expérimentale cunicole d'INRAE. La cause la plus probable de la mort a également été enregistrée pour les lapins morts ou euthanasiés entre le sevrage et la fin de l'engraissement. Ainsi, les lapins classés comme sains à 63 jours d'âge pouvaient être des individus malades qui s'étaient rétablis avant 63 jours (individus résistants ou tolérants). Pendant les trois années de l'expérience, 9936 lapins ont été contrôlés individuellement.

1.2. Animaux

Un troupeau de base de 132 femelles et 30 mâles a été constitué à partir de la lignée INRA1777, lignée maternelle sélectionnée sur la taille de portée et les effets directs et maternels du poids au sevrage. Les lapins étaient élevés autant que possible sans antibiotiques, ce qui a été le cas pour toutes les bandes, sauf pour les dernières bandes (21, 22) qui ont reçu de la bacitracine contre l'Entéropathie Epizootique du Lapin. Les reproducteurs étaient vaccinés contre la myxomatose et la maladie hémorragique virale (VHD). Le troupeau reproducteur était conduit en générations chevauchantes. Le nombre de femelles reproductrices variait entre 116 et 132, tandis que le nombre de mâles disponibles était maintenu à 30. L'intervalle de reproduction était de 42 jours. En moyenne 450 lapereaux naissaient à chaque bande. Ils étaient sevrés à 35 jours et élevés en groupes de 5 pendant la période d'engraissement. Les portées étaient divisées après le sevrage pour mélanger les origines génétiques dans chaque logement. Les lapins sevrés étaient nourris ad libitum avec un régime commercial pour lapins en croissance STABI-FIBRE (Terrya, Rignac, France) pour les 10 premières bandes puis STABI-GREEN ad libitum des bandes 11 à 18, puis de façon rationnée à partir de la bande 19.

Les 2 premières générations (bandes 1 à 10) ont été élevées dans d'anciennes installations avec des cages standard (38*90*32 ou 40*100*38). A partir de la bande 11, le troupeau a été déplacé dans de nouvelles installations (bâtiments rénovés, nouveaux systèmes de logement : 46*90*70 ou 46*90*60).

Tous les 42 jours, les 30 meilleures femelles et 10 meilleurs mâles étaient sélectionnés sur la base de notre critère de sélection pour devenir reproducteurs. L'augmentation de la consanguinité était limitée à 1% par génération (logiciel Gencont, Meuwissen, 2002). La sélection était basée sur la valeur génétique des individus, estimée à partir des informations recueillies sur tous les apparentés contrôlés, afin d'obtenir la meilleure précision possible.

1.3. Analyses génétiques

Les composantes de la variance ont été calculées avec une méthode de maximum de vraisemblance restreinte, en utilisant des modèles linéaires animaux unicaractère. Les valeurs génétiques ont été estimées avec la méthode BLUP en utilisant le même modèle. Les composantes de la variance et les valeurs génétiques ont été estimées ensemble avec le logiciel ASReml 3.0 (Gilmour et al., 2009). Des modèles à seuil ont aussi été utilisés à posteriori pour calculer l'héritabilité sur l'échelle sous-jacente.

Les modèles linéaires comprenaient un effet polygénique additif aléatoire et un effet aléatoire d'environnement commun de portée. Les effets fixes significatifs étaient la bande, la parité de la mère et la durée de gestation. Les valeurs génétiques estimées ont été utilisées pour estimer le gain génétique sur le critère de sélection. L'existence d'une relation linéaire entre les moyennes de valeurs génétiques estimées par bande et les numéros de bande a été testée en utilisant un test de Fischer à partir de la Proc Reg du logiciel SAS.

1.4. Ethique.

Toutes les expérimentations ont été menées conformément aux recommandations de la directive 2010/63/UE du Parlement européen et du Conseil et ont été approuvées par le comité d'éthique (N° 115, sous le code APAFIS#1812-201812121652792 v4).

2. Résultats et discussion

Au total, 18,6% des lapins ont présenté des signes cliniques de maladies à 63 jours ou bien sont morts ou ont été euthanasiés en engraissement. La proportion des principaux syndromes est présentée dans le

tableau 1. Les animaux souffraient principalement de symptômes digestifs (dans 70 % des cas), qui pouvaient être liés à l'entéropathie épizootique du lapin (EEL ; un trouble gastro-intestinal d'étiologie inconnue) ou à d'autres maladies digestives causées par divers agents pathogènes.

Tableau 1. Effectifs et proportion d'animaux atteints pour chaque syndrome.

Syndromes	Effectifs		Proportion morbides ou morts[3]
	morbides[1]	morts[2]	
Syndromes digestifs	250	1042	69.8%
Mauvais état corporel	447	1	24.2%
Maux de pattes	9	1	0.5%
Dermites	9	0	0.5%
Syndromes respiratoires	0	2	0.1%
Autres signes cliniques	89	2	4.9%
Total	804	1048	100%

[1]Animaux morbides à 63 jours, [2]Animaux morts ou éliminés entre le sevrage et 63 jours, [3]Proportions d'animaux morbides à 63 jours ou morts entre le sevrage et 63 jours pour chaque syndrome par rapport au nombre total d'animaux atteints

L'héritabilité de la résistance aux maladies non spécifiques était faible (tableaux 2 et 3), avec une faible variance génétique. Cette valeur était du même ordre de grandeur que celles estimées dans des études précédentes sur d'autres lignées de (Gunia et al. 2015 ; Gunia et al., 2018), où l'héritabilité variait de 0,03±0,003 à 0,10±0,02. L'héritabilité et la variance génétique ont fortement diminué au cours de l'expérience de sélection, nos estimations lors des premières bandes étaient autour de 0,05±0,01 pour la variance génétique et 0,08±0,02 pour l'héritabilité avec un modèle linéaire (avec une variance phénotypique totale de 0.07±0,00).

Tableau 2. Variances et héritabilité de la résistance non-spécifique aux maladies estimées avec un modèle à seuil

	Modèle à seuil (échelle sous-jacente)	
	Valeur	Ecart-type
Héritabilité	0.008	0.010
Effet de l'environnement commun de portée	0.160	0.010
Variance Génétique	0.042	0.051
Variance de l'environnement commun de portée	0.826	0.058

Tableau 3. Variances et héritabilité de la résistance non-spécifique aux maladies estimées avec un modèle linéaire

	Modèle linéaire (échelle observée)	
	Valeur	Ecart-type
Héritabilité	0.025	0.008
Effet de l'environnement commun de portée	0.133	0.006
Variance Génétique	0.002	0.001
Variance de l'environnement commun de portée	0.012	0.001
Variance résiduelle	0.075	0.001
Variance phénotypique totale	0.087	0.001

Nous avons observé une augmentation linéaire ($p<0,001$) de la réponse à la sélection (Figure 1), atteignant 1,5 écart-type génétique après 22 bandes (environ 2 ans et 9 mois).

La première génération (bandes 1 à 5) était une transition entre le troupeau fondateur (lot 0) conduit avec des générations séparées et le troupeau sélectionné sur la résistance aux maladies avec des générations chevauchantes. Cela explique pourquoi le progrès génétique est resté stable des bandes 1 à 5, avant d'augmenter à la bande 6. De même, les bandes 21 et 22 étaient à nouveau conduite en génération séparée (mêmes parents pour les lapins de ces deux bandes), ce qui explique le plafonnement de la courbe de progrès génétique.

Le pourcentage de lapins malades ou morts était en moyenne de 18,6% par lot. Ce taux est inférieur au taux de 26% qui avait été enregistré (de façon peut-être plus exhaustive) en élevage de sélection (Gunia et al., 2018).

Le très faible pourcentage de lapins malades ou morts de la bande 11 (3%) est lié à l'installation du troupeau dans les installations rénovées. Lors de la bande 13, un foyer de VHD s'est déclaré. Les lapins malades ont été euthanasiés et tous les autres lapins de ce lot ont été réformés pour éviter tout risque de contamination entre les bandes et les troupeaux de l'installation expérimentale. Les lapins de cette bande n'ont pas été pris en compte dans l'expérience. La salle et les parcs ont été désinfectés avant d'introduire la bande suivante, et tous les lapins en engraissement ont été vaccinés contre la VHD à partir de la bande 14.

D'un point de vue phénotypique, nous n'avons pas constaté de progrès ou de réduction du nombre de lapins malades ou morts (figure 1). Nous observons plutôt une tendance à l'augmentation au fur et à mesure des bandes, liée à des troubles digestifs (EEL principalement). Cela peut être dû à la faible variance génétique de notre caractère et à la diversité des agents pathogènes que les lapins ont rencontrés dans chaque bande. De plus, le type et la charge d'agents pathogènes ont pu fortement varier d'une bande à l'autre.

Les premiers résultats de l'expérience de sélection sont prometteurs. Nous n'avons pas effectué de sélection divergente pour des raisons éthiques. Cependant, une comparaison avec un troupeau témoin est en cours. Ce troupeau témoin a été reconstitué à partir des embryons cryoconservés du troupeau fondateur (avant sélection). Cette dernière expérience devrait nous permettre d'évaluer l'effet de la sélection en comparant les groupes sélectionnés et témoins dans le même environnement. Ils sont exposés aux mêmes agents pathogènes et peuvent ainsi exprimer leurs différents degrés de résistance et/ou de tolérance aux maladies.

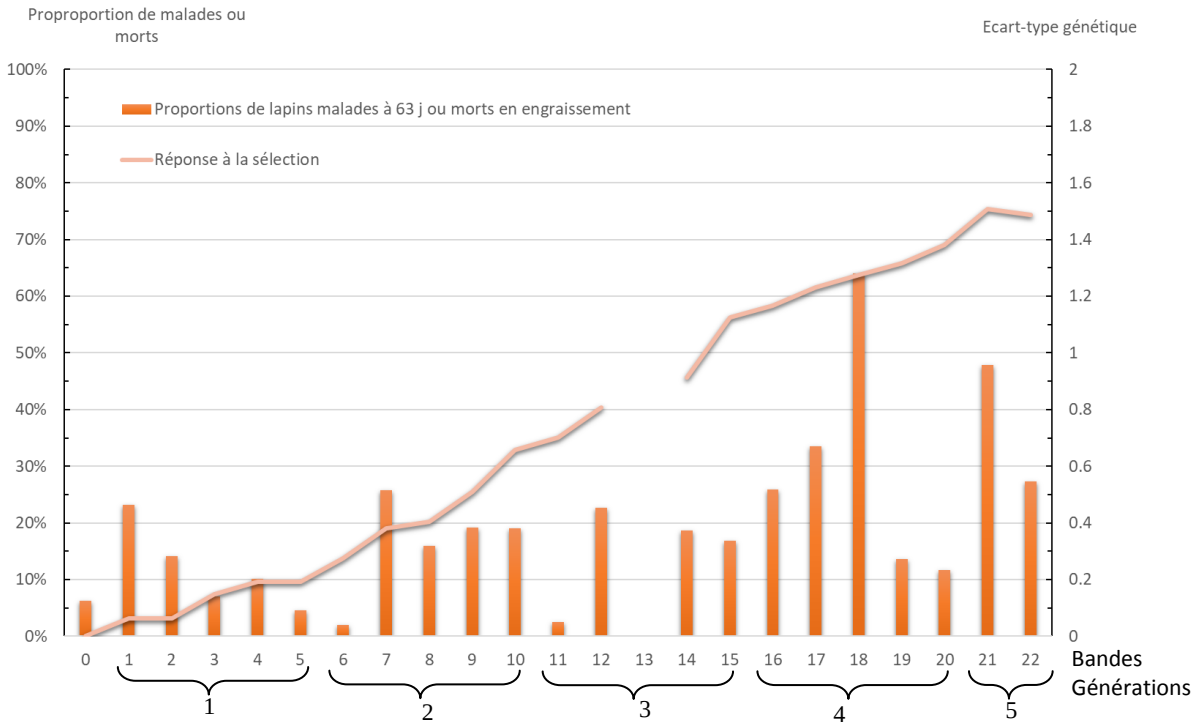


Figure 1 : Proportion de lapins malades à 63 jours ou morts en engraissement (en %) par bande et réponse à la sélection pour le caractère de résistance aux maladies (en écart-type génétique)

Conclusions

Nos résultats montrent que la sélection pour la santé, sans cibler une maladie spécifique, semble possible. Des analyses sur les caractères de la réponse immunitaire et du microbiote intestinal sont en cours pour comprendre les mécanismes qui sous-tendent cette résistance aux maladies.

Remerciements

Ce projet a été financé par l'Institut Carnot France Futur Elevage 2018 and par le ministère de l'agriculture, plan Ecoantibio 2 2018.

Références

Bishop,S.C., and Woolliams. J. A. (2014). Genomics and disease resistance studies in livestock. Livest. Sci. 166:190–198.

Davies G., Genini. S.,Bishop S.C., and Giuffra E. (2009). An assessment of opportunities to dissect host genetic variation in resistance to infectious diseases in livestock. Animal. 3:415–36.

Gilmour A.R., Gogel B.J., Cullis B.R. and Thompson R. (2009). ASREML user guide release 3.0. VSN International, Hemel Hempstead.

Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., et al., 2015. Resistance to infectious diseases is a heritable trait in rabbits. J. of Anim Sci. 93: 5631-5638.

Gunia M, David I, Hurtaud J, Maupin M, 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. Front Genet;9:467.

Meuwissen, T. (2002). Proc. of the 7th WCGALP, Montpellier, France.

SAS Institute Inc. (2013). Base SAS® 9.4 Utilities: Reference. Cary, NC, USA

ANALYSE GENOMIQUE DE LA COMPOSITION DU MICROBIOTE CAECAL DU LAPIN

Le Graverand Q.[1], Labrune Y.[1], Aymard P.[1], Chapuis H. [1], Demars J.[1], Helies V.[1], Riquet J.[1], Ruesche J.[1], Zemb O.[1], Gilbert H.[1], Garreau H.[1]

[1] GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, 31326 Castanet-Tolosan, France

[*]Auteur correspondant : herve.garreau@inrae.fr

Résumé – Le but de cette étude est d'identifier des régions chromosomiques (QTL) associées à la composition du microbiote caecal du lapin pour mieux connaitre le déterminisme génétique de ce caractère. L'ADN ribosomique 16S de la communauté bactérienne du caecum a été extrait et séquencé chez 525 lapins, issus d'une lignée sélectionnée sur l'efficacité alimentaire et d'une lignée témoin non sélectionnée. Les séquences, après raréfaction et filtration, ont permis de retenir 859 OTUs (operational taxonomic unit). Les lapins ont été génotypés avec la puce Affimetrix Axiom Rabbit 200K. Après contrôle qualité 514 lapins et 103 072 SNPs ont été retenus pour l'analyse d'association. Quatre-vingt-un QTLs ont été identifiés pour 69 OTUs, avec un total de 492 SNPs significativement associés à leur abondance. La plupart des QTLs étaient associés à l'abondance d'une seule OTU. Huit QTL étaient associés à 2 ou 3 OTUs. Des gènes candidats liés à la réponse immunitaire ou au métabolisme des acides biliaires localisés dans ces régions sont discutés.

Abstract – Genome-wide association study of the rabbit caecal microbiota composition. The aim of our study was to identify genomic regions influencing the rabbit caecal microbiota composition for a better knowledge of the genetic determinism of this trait. The ribosomal 16S DNA was extracted from the microbial community of the caecum and then sequenced in 525 rabbits originated either from a line selected on feed efficiency or a control non-selected line. After rarefaction and filtration, the sequences were used to identify 859 OTUs (operational taxonomic units) or phylotypes. The rabbits were genotyped with the Affimetrix Axiom Rabbit 200K chip. After quality control 514 rabbits and 103,072 SNPs were retained for association study analyses. Eighty-one QTLs were identified for 69 OTUs' abundance with a total of 492 significant SNPs ($P < 0.05$ genome-wide). Most QTLs were associated with the abundance of a single OTU. Eight QTLs were associated with 2 or 3 OTUs. Candidate genes related to immune response or bile acid metabolism in these regions are discussed.

Introduction

L'appareil digestif du lapin héberge une communauté microbienne complexe et diversifiée qui joue un rôle clé dans de nombreuses fonctions physiologiques telles que la digestion ou l'immunité (Combes et al., 2011). La composition de la flore microbienne est affectée par des facteurs environnementaux et nutritionnels mais aussi par la génétique de l'hôte. La connaissance du déterminisme génétique de la composition du microbiote est un préalable indispensable à la possibilité d'intégrer cette information dans les schémas de sélection. Cette étude a pour but de rechercher les régions chromosomiques (QTL) associées à la composition du microbiote, par analyses d'association. Des gènes candidats positionnels et fonctionnels potentiellement en lien avec la composition du microbiote, sont discutés.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux

Les animaux étaient issus de la lignée INRA 1001 (Larzul et De Rochambeau, 2005) et ont été élevés à l'installation expérimentale INRAE de l'UMR GenPhySE (Castanet-Tolosan, France), conformément à la réglementation relative à l'expérimentation animale **(**agrément APAFiS numéro #18416**)**. Le détail du protocole est décrit par Garreau et al. (2019). Brièvement, deux lignées ont été utilisées dans cette étude : la lignée G10, sélectionnée pendant 10 générations pour la réduction de la consommation résiduelle et la lignée G0 produite à partir d'embryons congelés de la population ancestrale de la lignée sélectionnée. Un total de 490 lapins G10 et 410 lapins G0 a été testé, en 3 bandes séparées de 42 jours. Chaque lapereau a été adopté 48 heures après la naissance. Dans chaque bande, la moitié des lapins de chaque lignée a été élevée par des lapines G0 et la seconde moitié par des lapines G10.

Au sevrage (32 jours), 456 lapins ont été placés en cage individuelle d'élevage et 144 en cage individuelle de digestibilité. Tous les animaux ont été nourris ad libitum avec le même aliment granulé commercial jusqu'à la fin de la période d'engraissement (63 jours).

1.2. Détermination de la composition du microbiote

Les échantillons de contenu caecal ont été collectés sur 451 lapins élevés en cage individuelle d'élevage et 139 lapins élevés en cage individuelle de digestibilité, juste après l'abattage à 63 jours, puis conservés à -80°C jusqu'à leur traitement. Le kit ZR Soil Microbe DNA MiniPrepTM (ZymoResearch, Freiburg, Allemagne) a été utilisé pour l'extraction de l'ADN microbien. L'ADNr 16S microbien a été caractérisé par séquençage à l'aide d'un séquenceur MiSeq (Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, Espagne). Les séquences présentant un degré de similarité supérieur à 97 % entre elles ont été regroupées en OTU (operational taxonomic unit). La table d'abondance des OTUs comprenait 11 323 OTUs pour 525 animaux pour lesquels nous disposions des séquences 16S, des performances d'ingéré et des généalogies complètes. Pour corriger les hétérogénéités de profondeur de séquençage entre échantillons, la table d'abondance a été raréfiée à 12 228 lectures (profondeur de séquençage minimale des échantillons) à l'aide du package phyloseq (McMurdie and Holmes, 2013) implémenté sur la version 4.0.2 du logiciel R. Les OTUs ont été filtrées selon deux critères. Les OTUs rares, absentes dans plus de 10% des échantillons, ou ayant une abondance relative moyenne (somme des abondances de l'OTU dans les échantillons divisée par le nombre total de lectures du jeu de données) inférieure à 0,01%, ont été éliminées. Au total, 859 OTUs ont finalement été retenues. Une transformation de Box-Cox a été appliquée pour normaliser les distributions des abondances des OTUs.

Le logiciel d'affiliation FROGS (Galaxy version 3.2.2, Escudié et al., 2018) et la base de données SILVA 16S pintail100 (version 138.1, Quast et al., 2013) ont été utilisés pour prédire la taxonomie des 859 OTUs filtrés. Les affiliations taxonomiques ont été effectuées avec l'algorithme blastn+ (Camacho et al., 2009). Si le pourcentage d'identité était inférieur à 90 %, l'affiliation était jugée trop peu fiable et les groupes phylogénétiques étaient alors considérés comme inconnus.

1.3. Génotypage des animaux

L'ADN des animaux a été extrait à partir de biopsies d'oreille préalablement collectées et stockées à -20°C. Les lapins ont été génotypés avec la puce Affimetrix Axiom Rabbit 200K (Santa Clara, CA, USA) au laboratoire Centro Nacional de Genotipado (CeGen, Santiago de Compostela, Spain). L'assemblage OryCun2.0 du génome du lapin (Carneiro et al., 2014) a servi de référence pour les positions des SNPs sur le génome.

Un contrôle de qualité a été effectué sur les génotypes avec le logiciel PLINK (version 1.07, Purcell et al., 2007). Tous les SNP dont la fréquence d'un des l'allèles était inférieure à 5% et dont le pourcentage de génotypage était inférieur à 5% ont été supprimés. Les animaux avec moins de 95% de génotypes validés ont été retiré de l'analyse. En outre, les compatibilités de transmission parent-descendant ont été vérifiées. Au total, 73 830 SNP et 11 animaux ont été écartés. De plus, sur la base des écarts par rapport à l'équilibre de Hardy-Weinberg ($p<4.10^{-7}$), 2 773 SNP ont été éliminés. Les SNP restants qui n'ont pas été cartographiés sur les autosomes (20 017) n'ont pas non plus été pris en compte dans les analyses. Finalement, sur 525 animaux et 199 692 marqueurs, 514 lapins et 103 072 SNP ont été conservés.

1.4. Analyse d'association génomique

Une analyse de variance a été appliquée pour tester les effets fixes affectant les valeurs d'abondance raréfiées et transformées de chaque OTU. Le même jeu d'effets fixes a été retenu pour toutes les OTUs. Les effets ont été retenus s'ils étaient significatifs ($p < 0,05$) pour au moins 10% des OTUs : effet combiné de la bande et de la plaque de séquençage (72% des OTUs), effet de la mère adoptive (37 %), du type de cage (31 %), et de la taille de portée au sevrage (10 %). L'étude d'association génomique a été réalisée avec le logiciel GEMMA (version 0.94.1, Zhou and Stephens, 2012) pour chacune des OTUs sur les données d'abondances raréfiées, transformées et corrigées pour les quatre effets fixes retenus. Le modèle animal mixte univarié suivant a été appliqué pour estimer les effets des marqueurs SNP pour chacune des 859 OTUs:

$$\boldsymbol{y}^* = \beta_0 + \boldsymbol{W}a + \boldsymbol{u} + \boldsymbol{\epsilon}$$

avec $\boldsymbol{u} \sim \boldsymbol{N}(\mathbf{0}, \sigma_u^2\,\mathbf{G})$ et $\boldsymbol{\epsilon} \sim \boldsymbol{N}(\mathbf{0}, \sigma_e^2\mathbf{I_n})$

ou **y*** est le vecteur des abondances ajustées de l'OTU, β_0 est l'ordonnée à l'origine, *W* est le vecteur des génotypes des marqueurs, *a* est l'effet du marqueur, $\boldsymbol{u}$ est l'effet aléatoire polygénique additif et $\boldsymbol{\epsilon}$ est l'effet aléatoire résiduel. σ_u^2 et σ_e^2 sont les variances polygéniques et résiduelles. **G** est la matrice de parenté génomique centrée calculée avec le logiciel GEMMA (Zhou and Stephens, 2012).

Afin de prendre en compte les tests multiples pour 103 072 marqueurs SNP, le seuil de significativité des *p-values* a été corrigé par la méthode de Bonferroni en utilisant le logiciel SimpleM (Gao et al., 2008, 2010). En prenant en compte la matrice de corrélation des génotypes SNP, le nombre total de tests indépendants a été établi à 20 551. Le seuil corrigé pour une *p-value*=0,05 est alors $-\log10\left(\frac{0.05}{20\,551}\right) = 5,61$

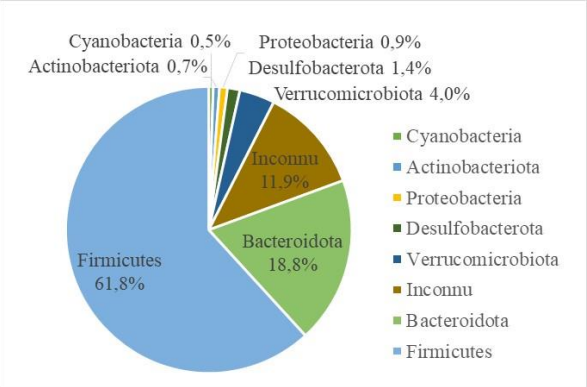
Une région QTL a été définie par un ou plusieurs SNP significatifs distants de moins de 1 Mb, plus la région flanquante de 1 Mb de part et d'autre. Des gènes candidats ont été recherchés dans la base de données Ensembl (release 103, Yates et al., 2020) dans ces régions génomiques. Parmi les 1 943 gènes identifiés à proximité des SNPs significatifs (< 1Mb), seuls les gènes candidats associés aux OTUs qui avaient plus de 20 SNPs significatifs ou étaient associés aux signaux d'association les plus forts (-log10(*p-value*) > 8) sont discutés.

2. Résultats et discussion

2.1. Composition taxonomique du microbiote

Après raréfaction, 6 036 496 lectures ont été retenues. L'affiliation taxonomique des lectures montre que les phyla *Firmicutes* et *Bacteroidota* sont les plus abondants (61,8% et 18,8% des lectures, respectivement). La prédominance de ces deux phyla chez le lapin a été précédemment rapportée (Combes et al., 2011; Velasco-Galilea et al., 2018). Un total de sept phyla différents a été identifié, et 11,9% des lectures n'ont pas pu être affiliées (Figure 1).

Figure 1 : Distribution des lectures par phylum



2.2. QTL associés avec la composition du microbiote

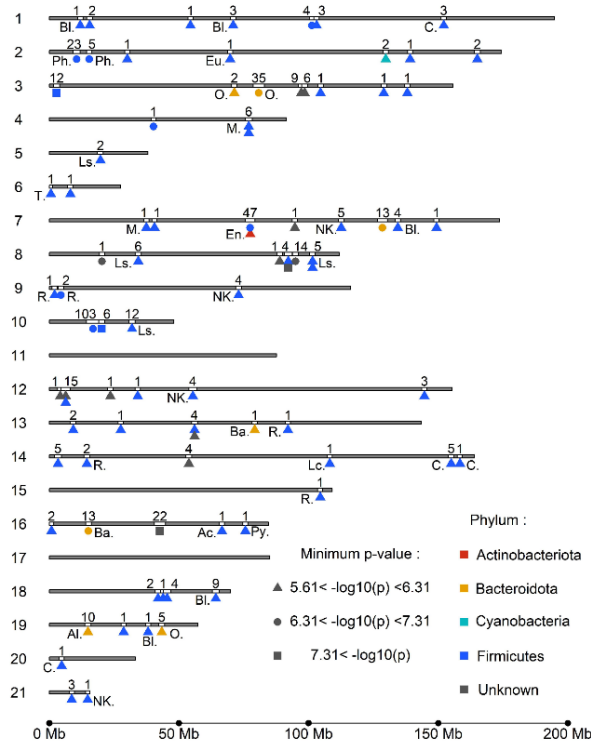
L'analyse d'association génomique met en évidence 492 SNPs significatifs (-log10(*p-value*) > 5,61) pour 69 OTUs. Parmi celles-ci, 31 OTUs étaient affiliées à 16 genres bactériens connus et distincts. Les genres les plus fréquemment associés à des SNPs significatifs étaient *Ruminococcus* (4 OTUs), *Blautia* (4 OTUs) et le groupe *Lachnospiraceae NK4A136* (4 OTUs). Les SNPs significatifs étaient répartis sur 19 des 21 automosomes (Figure 2). Aucun n'a été détecté sur les chromosomes *Oryctolagus cuniculus 11 et 17 (OCU11 et OCU17)*. Les signaux significatifs étaient distribués dans 81 régions génomiques avec un nombre inégal de SNPs : 34 régions comprenaient un seul SNP significatif, tandis qu'une région sur OCU10 comprenait 103 marqueurs significatifs. De même, le nombre de SNPs significatifs par OTU variait : 19 OTUs n'avaient qu'un seul SNP significatif, tandis qu'un maximum de 107 SNPs était associé de manière significative à un seul OTU appartenant à l'embranchement des *Firmicutes* (NR4209).

Cinquante OTUs n'étaient associées qu'à un seul QTL, 18 OTUs à deux QTL et une OTU à quatre QTL. L'OTU 317315 (*groupe Clostridia vadinBB60*) était associée au plus grand nombre de QTL : deux QTL situés sur OCU2 (29,0-31,0 et 163,9-166,2 Mb) et deux autres sur OCU3 (128,0-130,0 et 137,1-139,1 Mb). Sept régions génomiques étaient associées à l'abondance de deux. Ces régions étaient situées sur 7 chromosomes : OCU4, OCU7, OCU8, OCU10, OCU12, OCU13 et, OCU18 (Tableau 1). Une huitième région sur OCU7 était associée à l'abondance de trois OTUs appartenant au genre *Enterorhabdus* (NR4488) ou à des genres inconnus (NR7819, NR6518).

Tableau 1 : Phyla des OTUs partageant une même région QTL

OCU	Position (Mb)	OTUs	Phylum
4	75.5-78.2	299902	*Firmicutes*
		NR2948	*Firmicutes*
		NR7819	*Firmicutes*
7	75.6-79.3	NR4488	*Actinobacteriota*
		NR6518	*Firmicutes*
8	90.6-93.7	207532	*Firmicutes*
		NR2381	unknown
8	100.4-102.6	NR4583	*Firmicutes*
		NR7047	*Firmicutes*
10	19.1-21.3	NR4209	*Firmicutes*
		NR3368	*Firmicutes*
12	4.4-8.1	NR3758	unknown
		NR761	*Firmicutes*
13	54.9-57.1	NR229	*Firmicutes*
		325750	unknown
18	40.8-42.9	NR7011	*Firmicutes*
		NR7433	*Firmicutes*

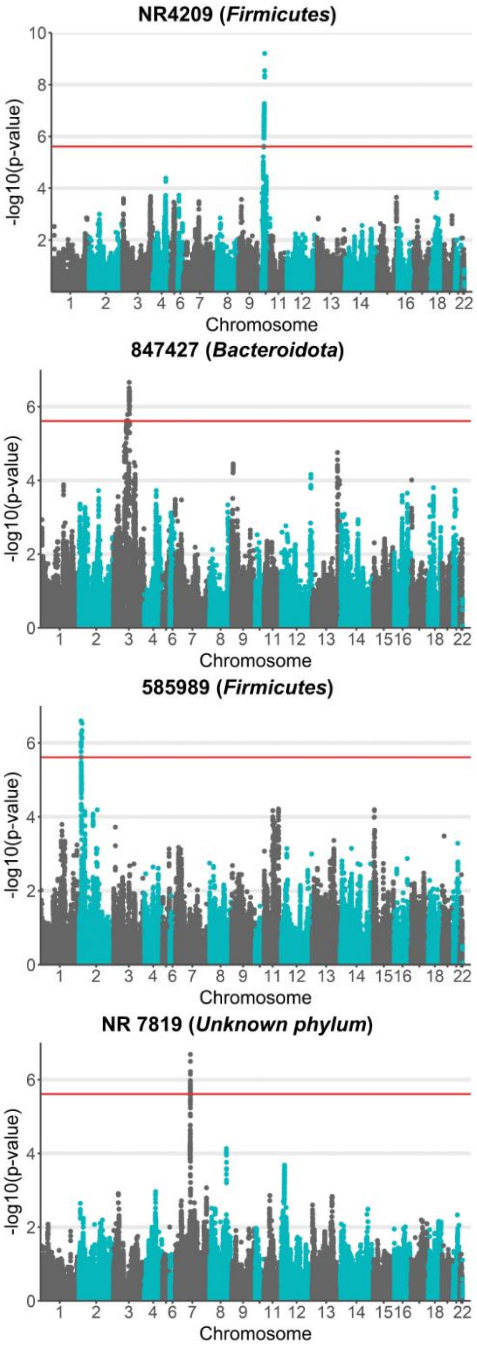
Figure 2 : Localisation des QTL identifiés pour la composition du microbiote caecal



Chiffre au-dessus du QTL = nombre de SNPs significatifs.
Affiliation au Genre: abbréviations au-dessous du QTL : Ac. Acetatifactor ; Al. Alistipes ; Ba. Bacteroides ; Bl. Blautia ; C. Christensenellaceae R-7 group ; En. Enterorhabdus ; Eu. Eubacterium ruminantium group ; Lc. Lachnoclostridium ; Ls. Lachnospiraceae NK4A136 group ; M. Marvinbryantia ; NK. NK4A214 group ; O. Odoribacter ; Ph. Phascolarctobacterium; Py. Pygmaiobacter ; R. Ruminococcus

Quatre OTUs présentaient chacune plus de 23 SNP significatifs, représentant presque la moitié des marqueurs significatifs (196 SNPs) (Figure 3). Ces OTUs étaient principalement assignées aux phyla prédominants : 3 aux *Firmicutes* et 1 aux *Bacteroidota*. Seulement deux de ces OTU sont assignées à des genres connus : *Odoribacter* et *Phascolarctobacterium*.

Figure 3. Manhattan plots pour les OTUs avec plus de 23 SNPs significatifs



2.3. Gènes candidats

Un total de 1 359 gènes codant des protéines a été identifié dans les régions QTL détectées. La recherche de candidats a été limitée aux OTU associés à plus de 20 SNPs significatifs. Des candidats ont pu être identifiés pour 3 OTUs.

OTU 847427 (*Bacteroidota, Odoribacter*, figure 4A**)**: deux QTL ont été identifiés sur OCU3. Pour la première région située entre 70,3 et 72,4 Mb, le gène *LYN* (proto-oncogène, tyrosine kinase de la famille Src ; 71,4-71,6 Mb) joue un rôle dans la croissance et la régulation des cellules hématopoïétiques, dans la régulation des lymphocytes B, dans les signaux liés à la transduction des cytokines et à la phagocytose des pathogènes (Bishop et al., 2014).

OTU NR4209 (*Firmicutes*) : 2 régions QTL ont été identifiées. Trois gènes proches de la première région QTL (OCU10, 14,2-19,4 Mb) sont des candidats potentiels : *NOD1* (Nucleotide Binding Oligomerization Domain Containing 1) est un récepteur protéique qui peut activer la genèse de follicules lymphoïdes isolés après la reconnaissance de certains peptidoglycanes bactériens. NOD1 a été décrit précédemment comme étant exprimé dans le caecum du lapin (Guo et al., 2017). Un autre candidat est *ENSOCUG00000012951*, orthologue du gène du poulet *TMSB4X* (84% d'identité) codant pour une protéine séquestrant l'actine. Il a été observé une plus faible expression de *TMSB4X* chez les poulets à faible consommation résiduelle alimentaire (Yang et al., 2017). Pour le second QTL (OCU10, 19,0-21,1 Mb), un candidat putatif est identifié. Le SNP le plus significatif de l'étude (AX-147162305 ; position : 20,1 Mb ; valeur p = 6,25 $.10^{-10}$) est situé dans le locus AOAH, un gène codant pour l'acyloxyacyl hydrolase. Cette hydrolase contribue à la désacylation des lipopolysaccharides de la paroi cellulaire des bactéries et son absence peut retarder la guérison d'une infection par des bactéries Gram-négatives chez la souris (Lu et al., 2008).

NR5836 (phylum inconnu) : le gène candidat MALRD1, localisé dans la région mise en évidence sur OCU16 entre 40,4 et 44,7 Mb, contribue à la régulation de la synthèse des acides biliaires (Li et Chiang, 2015).

Conclusions

L'identification de 81 QTL permet de documenter le déterminisme génétique du microbiote cæcal du lapin. Le lien entre ces régions génomiques et les OTUs associées reste à élucider. Il est également nécessaire d'évaluer si cette information génomique est pertinente pour la sélection.

Remerciements

Nous remercions le personnel de l'installation expérimentale de GenPhySE ainsi que la plateforme bioinformatique genotoul Toulouse Occitanie (Bioinfo Genotoul, doi : 10.15454/) et le groupe Sigenae pour l'aide ainsi que les ressources de calcul et de stockage. Cette étude fait partie du projet Feed-a-Gene, financé par le programme H2020 de l'Union européenne sous la convention de subvention n° 633531.

Références

Bishop, J. L., Roberts, M. E., Beer, J. L., Huang, M., Chehal, M. K., Fan, X., et al. (2014). Lyn activity protects mice from DSS colitis and regulates the production of IL-22 from innate lymphoid cells. *Mucosal Immunol.* 7, 405–416. doi: 10.1038/mi.2013.60

Camacho, C., Coulouris, G., Avagyan, V., Ma, N., Papadopoulos, J., Bealer, K., et al. (2009). BLAST+: Architecture and applications. *BMC Bioinformatics* 10, 1–9. doi: 10.1186/1471-2105-10-421.

Carneiro, M., Rubin, C.-J., Di Palma, F., Albert, F. W., Alföldi, J., Barrio, A. M., et al. (2014). Rabbit genome analysis reveals a polygenic basis for phenotypic change during domestication. *Science (80-.).* 345, 1074 LP – 1079. doi: 10.1126/science.1253714.

Combes, S., Michelland, R. J., Monteils, V., Cauquil, L., Soulié, V., Tran, N. U., et al., 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol.* 77, 680–689. doi: 10.1111/j.1574-6941.2011.01148.x.

Escudié, F., Auer, L., Bernard, M., Mariadassou, M., Cauquil, L., Vidal, K., et al. (2018). FROGS: Find, Rapidly, OTUs with Galaxy Solution. *Bioinformatics* 34, 1287–1294. doi: 10.1093/bioinformatics/btx791.

Garreau, H., Ruesche, J., Gilbert, H., Balmisse, E., Benitez, F., Richard, F., et al. (2019). Estimating direct genetic and maternal effects affecting rabbit growth and feed efficiency with a factorial design. *J. Anim. Breed. Genet.* 136, 168–173. doi: 10.1111/jbg.12380.

Guo, M., Wu, F., Hao, G., Qi, Q., Li, R., Li, N., et al. (2017). Bacillus subtilis improves immunity and disease resistance in rabbits. *Front. Immunol.* 8. doi: 10.3389/fimmu.2017.00354.

Larzul, C., and De Rochambeau, H. (2005). Selection for residual feed consumption in the rabbit. *Livest. Prod. Sci.* 95, 67–72. doi: 10.1016/j.livprodsci.2004.12.007.

Li, T., and Chiang, J. Y. L. (2015). Bile acids as metabolic regulators. *Curr. Opin. Gastroenterol.* 31, 159–165. doi: 10.1097/MOG.0000000000000156.

Lu, M., Varley, A. W., Ohta, S., Hardwick, J., and Munford, R. S. (2008). Host Inactivation of Bacterial Lipopolysaccharide Prevents Prolonged Tolerance Following Gram-Negative Bacterial Infection. *Cell Host Microbe* 4, 293–302. doi: 10.1016/j.chom.2008.06.009.

McMurdie, P. J., and Holmes, S. (2013). Phyloseq: An R Package for Reproducible Interactive Analysis and Graphics of Microbiome Census Data. *PLoS One* 8. doi: 10.1371/journal.pone.0061217.

Purcell, S., Neale, B., Todd-Brown, K., Thomas, L., Ferreira, M. A. R., Bender, D., et al. (2007). PLINK: A tool set for whole-genome association and population-based linkage analyses. *Am. J. Hum. Genet.* 81, 559–575. doi: 10.1086/519795.

Quast, C., Pruesse, E., Yilmaz, P., Gerken, J., Schweer, T., Yarza, P., et al. (2013). The SILVA ribosomal RNA gene database project: Improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res.* 41, 590–596. doi: 10.1093/nar/gks1219.

Yang, L., Liu, S., Ding, J., Dai, R., He, C., Xu, K., et al. (2017). Gut microbiota co-microevolution with selection for host humoral immunity. *Front. Microbiol.* 8, 1–11. doi: 10.3389/fmicb.2017.01243.

Zhou, X., and Stephens, M. (2012). Genome-wide efficient mixed-model analysis for association studies. *Nat. Genet.* 44, 821–824. doi: 10.1038/ng.2310

AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ DE LA SÉLECTION SUR LE RENDEMENT CARCASSE DU LAPIN

Maupin M.[1*], Robert R.[1], Herry F.[2], Ruer T.[3], Hurtaud J.[1]

[1] *HYPHARM, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France*
[2] *GROUPE GRIMAUD, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France*
[3] *GRIMAUD FRÈRES, 3 La Corbière, Roussay, 49450 Sèvremoine, France*

[*]Auteur correspondant : mickael.maupin@hypharm.fr

Résumé - La lignée mâle AGP59 de HYPHARM est sélectionnée sur le Rendement Carcasse (RC) depuis 1987 avec abattage contrôlé de lapereaux issus de femelles primipares à 10 semaines d'âge. Cette méthode de sélection a permis un gain phénotypique significatif de 0,14 point de rendement par an depuis 2008, permettant d'atteindre un niveau de rendement carcasse à froid de 60,06% en moyenne sur la lignée pure en sélection en 2021. Différentes approches ont été testées pour amplifier l'augmentation du RC sur le lapin de chair par la sélection : par l'étude de l'amélioration de l'efficacité de la méthode actuelle à l'aide de l'outil de simulation stochastique MoBPS, et par l'utilisation d'un outil d'imagerie Computed Tomography (CT) pour estimer le RC sans sacrifier d'animaux candidats à la sélection. La méthode actuelle semble la plus efficace et la plus optimisée pour sélectionner le rendement de la carcasse entière du lapin.

Abstract - HYPHARM's male line AGP59 has been selected on carcass yield (RC) since 1987 with controlled slaughter of kits from primiparous females at 10 weeks of age. This selection method has allowed a significant phenotypic gain of 0.14 points of yield per year, making possible to reach a level of cold carcass yield of 60.06% on average on the pure line in selection in 2021. Different approaches were tested to amplify the increase in carcass yield on broiler rabbits through selection: by studying the efficiency improvement of the current method using the MoBPS stochastic simulation tool, and by using a Computed Tomography (CT) imaging tool to estimate the CR without sacrificing candidate animals for selection. The current method appears to be the most effective and optimized for selecting the yield of the whole rabbit carcass.

Introduction

Le rendement carcasse entre aujourd'hui dans les grilles de paiement des éleveurs pour les lapins vendus à l'abattoir. Ainsi, son amélioration est un critère de rentabilité important pour la filière.

Garreau *et al.* (2017) ont mis en évidence que la sélection du rendement à partir de données de découpe était un moyen d'amélioration de ce critère. Historiquement, les mesures de rendement utilisées pour la sélection sont obtenues par l'abattage de collatéraux de sélection pour obtenir des poids de carcasse d'animaux. Ces données individuelles apportent des informations aux candidats à la sélection afin d'identifier et de choisir les animaux génétiquement améliorateurs. Même si cette méthode contraint à abattre une partie des candidats à la sélection, elle a permis une progression significative du rendement carcasse du lapin de chair.

Des méthodes non invasives sur animaux vivants ont déjà été expérimentées pour évaluer les caractéristiques de la carcasse en lapin : par exemple le scanner pour le volume de muscle de la cuisse (Matics *et al.*, 2014) ou encore l'échographe pour le volume de râble (Lenoir *et al.*, 2015). Ces mesures permettent d'avoir des données directement sur les candidats à la sélection. Cependant, les volumes de pièces restent modérément corrélés avec le rendement de la carcasse entière.

L'objectif de l'étude est d'explorer de nouvelles pistes afin d'accélérer le progrès génétique sur le rendement carcasse du lapin : d'une part, par l'optimisation de la méthode actuelle en étudiant le nombre de candidats abattus à l'aide de l'outil de simulation MoBPS, et d'autre part, en explorant une méthode non invasive d'évaluation du rendement de la carcasse entière avec un CT (Computed Tomography) comme méthode alternative.

1. Matériel et méthodes

1.1. Conduite des animaux

L'étude porte sur la lignée AGP59, une des lignées commerciales paternelles du sélectionneur français HYPHARM. Depuis 1987, la lignée est sélectionnée sur le Poids de fin d'engraissement à 70 jours d'âge (P70) et le Rendement Carcasse à 71 jours d'âge (RC). À partir de 2008, la résistance aux problèmes digestifs a été ajoutée aux objectifs de sélection, remplacée en 2018 par la résistance aux Troubles Infectieux (TI), selon la définition de Gunia *et al.* (2015).

La lignée est divisée en 14 groupes de reproduction et conduite en générations chevauchantes. Tous les 42

jours, environ 140 femelles et 28 mâles sont mis à la reproduction. Au sevrage à 31 jours d'âge, environ 650 candidats à la sélection sont placés en cages collectives pour l'engraissement et sont nourris à volonté.
La population de collatéraux est constituée après la P70 à partir des lapereaux issus des lapines primipares (88 collatéraux abattus en moyenne par bande en 2021).
À 71 jours d'âge, les collatéraux sont repesés avant transport à l'abattoir. Après un ressuyage d'environ 2 heures à 4°C, les carcasses sont pesées à froid. Le RC est calculé par le rapport entre le poids de carcasse et le poids vif mesuré avant le transport.

1.2. Simulations stochastiques

Les simulations d'optimisation ont été réalisées avec le package R MoBPS (Pook *et al.*, 2020) qui est un outil de simulation stochastique. Les simulations sont basées sur des combinaisons entre simulations d'individus uniques et actions de sélection telles que le phénotypage, la sélection d'individus ou encore la reproduction entre individus. Les phénotypes sont simulés à partir de tirages issus d'une distribution Gaussienne. Au total, 8 cycles d'animaux consécutifs ont été simulés.
MoBPS étant un programme de simulation stochastique, le choix a été fait de répéter les différentes simulations 100 fois de manière à obtenir des estimations fiables des valeurs génétiques. Afin de limiter l'impact de la simulation des animaux fondateurs, le progrès génétique est estimé en calculant la différence entre les valeurs génétiques des animaux reproducteurs du noyau à la fin du 8^{e} et du 5^{e} cycle, puis ramené à un progrès génétique annuel.
Au total, 5 simulations différentes ont été réalisées en considérant 50, 80, 100, 120 et 150 individus abattus (issus des premières mises-bas).
Les caractéristiques de la lignée (effectifs, performances, paramètres génétiques, …) ont ainsi été paramétrées en données d'entrée pour la simulation du cycle de sélection.

1.3. Mesures au CT

Au total 713 collatéraux de sélection de la lignée ont été pesés et passés au CT (Computed Tomography) à 71 jours d'âge entre 2019 et 2020. Un scan complet des animaux a été réalisé, à raison d'un lapin par scan, en position allongée (*Figure 1*).

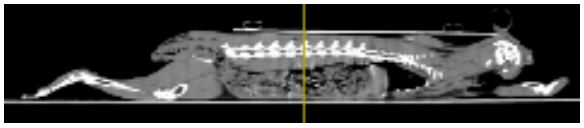


Figure 1 : Image d'une coupe longitudinale de lapin au CT pour estimation du RC

Les animaux scannés ont ensuite été abattus, puis les carcasses ont été ressuyées pendant 2 heures à 4°C et découpées afin de pouvoir estimer des corrélations entre les données évaluées par CT (poids vif, poids carcasse, rendement scanner et volume des pièces, *Figures 1 et 2*) et les données de découpe (poids de carcasse, RC et poids des différentes pièces anatomiques).

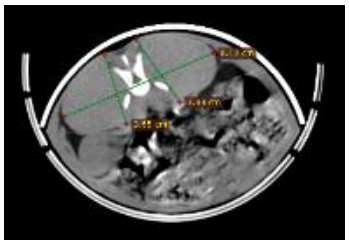


Figure 2 : Image d'une coupe transversale de lapin au CT pour estimation du volume du *Longissimus dorsi*

Les images CT ont été analysées puis transformées en données exploitables à partir d'algorithmes développés sur le logiciel MATLAB (Hunt *et al.*, 2001).

1.4. Analyses génétiques et statistiques

Les paramètres génétiques ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance restreinte (REML) appliquée à un modèle animal. Les valeurs génétiques ont été calculées selon la méthode du BLUP en utilisant le même modèle animal. L'ensemble des résultats (paramètres et valeurs génétiques) sont calculés en une seule étape en utilisant le logiciel ASReml (Gilmour *et al.*, 2009).
Pour le RC, la bande d'élevage, la taille de portée au sevrage, le sexe et le rang de portée ont été retenus comme effets fixes dans le modèle. L'effet génétique additif et l'effet d'environnement commun de portée de l'animal ont été ajoutés comme effets aléatoires.
Le progrès génétique annuel est estimé par la régression des valeurs génétiques BLUP sur l'année de l'étude.
Les comparaisons multiples de moyennes ont été réalisées avec le logiciel R (R Core Team, 2014) par analyse de variance (ANOVA). Les coefficients de corrélation ont également été calculés avec le logiciel R (méthode de Pearson).

2. Résultats et discussion

2.1. Résultats de la sélection

Tableau 1 : Paramètres génétiques du caractère Rendement Carcasse (RC) sur la population de sélection en 2021

	RC
Héritabilité	0,41
Corrélation génétique avec P70	-0,12
Corrélation génétique avec les TI	-0,32

P70 = Poids à 70 jours, TI = Troubles Infectieux

L'héritabilité du RC sur la lignée est estimée à fin 2021 à $h^2 = 0,41$ (*Tableau 1*). Le caractère RC fait partie des

caractères les plus héritables chez le lapin. L'héritabilité obtenue est conforme aux résultats de Larzul *et al.* (h^2 = 0,55 ; 2005) mais est plus élevée que celle estimée par Garreau *et al.* (h^2 = 0,24 ; 2008).

Tableau 2 : Évolution des résultats phénotypiques du Rendement Carcasse (RC) sur les collatéraux de sélection

	N	Moyenne	Ecart-type
RC 2008 (en %)	570	58,23	1,54
RC 2021 (en %)	790	60,06	1,61
Gain phénotypique annuel		+0,14/an	

Cette valeur est estimée à partir de données d'abattage mesurées sur collatéraux. La méthode s'avère efficace pour capter la part génétique du caractère RC. Cela a permis d'obtenir, sur la lignée pure, un gain génétique annuel significatif de +0,36 point de rendement par an (*Tableau 3*) et un progrès phénotypique de +1,83 points de rendement entre 2008 et 2021, soit +0,14 point de rendement en moyenne par année de sélection. Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude sur le progrès génétique réalisé par la sélection sur le rendement de carcasse du lapin, hormis l'étude de Garreau *et al.* (2017) réalisée sur la même lignée pure (+0,38 point de rendement par an).

Tableau 3 : Évolution des Valeurs Génétiques (VG) du Rendement Carcasse (RC) des candidats à la sélection (en unité de caractère)

	N	Moyenne
VG RC 2008	4090	0,06
VG RC 2021	4884	4,69
Gain génétique annuel		+0,36/an

La corrélation génétique légèrement négative avec le P70 (-0,12 ; *Tableau 1*) n'est pas un frein à l'augmentation du RC au vu des progrès obtenus, comme l'affirmaient également Gomez *et al.* (1998) et Garreau *et al.* (2008 et 2017) dans leurs publications.

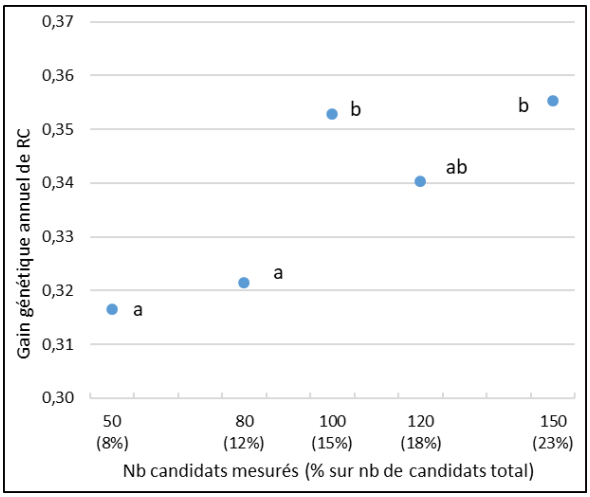
2.2. Résultats des simulations génétiques avec MoBPS

Différentes simulations ont été réalisées avec l'outil MoBPS pour améliorer l'efficacité de la sélection sur le RC : en optimisant le nombre de candidats à la sélection envoyés en mesure de RC, ou encore en optimisant les pondérations des index de chacun des critères dans l'objectif global de sélection. Seuls les résultats concernant l'optimisation du nombre de candidats découpés sont présentés ici.

La *Figure 3* présente les moyennes des 100 simulations réalisées pour chacun des scénarios : 50, 80, 100, 120 et 150 candidats mesurés (respectivement 8%, 12%, 15%, 18% et 23% de candidats simulés).

Le progrès génétique réalisé en prélevant 50, 80 ou 120 candidats n'est significativement pas différent (respectivement +0,317 point de RC/an, +0,321/an et +0,340/an). Par ailleurs, le gain génétique ne diffère pas significativement en considérant 100, 120 ou 150 mesures par bande (respectivement +0,353 point de RC/an, +0,340/an et +0,355/an). Ainsi, afin d'optimiser le nombre de candidats à la sélection sacrifiés par rapport au nombre de candidats encore disponibles pour la sélection, il semble préférable de réaliser les mesures sur environ 15% des candidats (le scénario avec 100 collatéraux) pour maximiser le progrès génétique sur le RC.

Nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'études permettant de comparer nos résultats. Quel que soit le scénario simulé ici, les progrès génétiques restent intéressants.



Moyennes significativement différentes symbolisées par des lettres différentes (a ≠ b, p-value < 0,05)

Figure 3 : Estimation du gain génétique annuel de Rendement Carcasse (RC) en fonction du nombre de candidats mesurés

Sur les résultats de la lignée en 2021, environ 16% des collatéraux ont été abattus pour la mesure du RC (790 mesures / 4884 candidats), ce qui est proche de l'optimum calculé dans cette étude.

2.3. Estimation du rendement carcasse par CT

L'objectif de cette partie était d'explorer une méthode non invasive d'évaluation du rendement de la carcasse entière, afin d'améliorer l'intensité de sélection par arrêt des abattages de candidats à la sélection. L'augmentation du rendement de la carcasse entière (tête, gigolettes, thorax, râble, cuisses, rognons et foie) est une demande spécifique du marché pour l'espèce lapin alors que dans certaines espèces l'amélioration du rendement peut se limiter à certaines pièces anatomiques (rendement filet en volailles par exemple).

Lors de cette étude, 713 lapins ont été passés au CT, puis abattus et découpés. Les corrélations phénotypiques du *Tableau 4* montrent que le poids vif et le poids carcasse sont des caractères très bien évalués par CT (respectivement r=0,98 et r=0,83). En revanche, la corrélation se dégrade nettement pour le caractère RC (r=0,48). Le RC étant le rapport entre ces deux

composantes (le poids carcasse sur le poids vif), la méthode d'évaluation ne s'avère pas aussi précise.

Tableau 4 : Coefficients de corrélation phénotypique entre les données mesurées au CT et les données mesurées sur l'animal

	Poids vif animal	Poids carcasse animal	RC
Poids vif CT	0,98		
Poids carcasse CT		0,83	
Rendement CT			0,48

Les différents travaux menés sur des méthodes non invasives ont permis d'estimer des volumes de pièces anatomiques (Matics *et al.*, 2014 par exemple avec un CT en lapin) ou encore des caractéristiques de la viande (Zomeno *et al.*, 2014, par exemple avec un CT en porc). Nous n'avons pas trouvé de travaux mettant en évidence une estimation satisfaisante de la carcasse entière. En revanche, des travaux font état de l'amélioration du RC par l'intermédiaire de l'augmentation du volume ou du poids de morceaux anatomiques (Lenoir *et al.*, 2015, Szendro *et al.*, 1992). Dans notre étude, les corrélations entre les volumes de pièces évaluées par CT et le RC sont modérées (*Tableau 5*) : r=0,56 pour le volume du *Longissimus dorsi* et r=0,58 pour le muscle de la cuisse. Ces corrélations ne semblent pas suffisantes pour estimer efficacement le RC dans un objectif de sélection.

Tableau 5 : Coefficients de corrélation phénotypique entre des volumes de pièces anatomiques évaluées au CT et le RC

	RC
Volume du *Longissimus dorsi* CT	0,56
Volume du muscle de la cuisse CT	0,58

Ces résultats sont proches de ceux exposés par Lenoir *et al.* (2015) pour le *Longissimus dorsi* avec une corrélation phénotypique de 0,53 pour le caractère S2-3 (surface de muscle entre la 2ème et la 3ème vertèbre lombaire), ou ceux de Szendro *et al.* (1992) pour le muscle de la cuisse (r=0,48 à 0,52). Le nombre et la diversité de pièces anatomiques constituant la carcasse entière en lapin explique en partie ces corrélations modérées. La variabilité des poids de foie en est un exemple. En effet, Lebas *et al.* (1972) ont mesuré des coefficients de variation de poids de foie de 18,7% pour des lapins de 11 semaines, ce qui représente 17 grammes, soit une variation de 0,60 point de rendement expliqué uniquement par le foie. À travers des chantiers de découpe, Robert *et al.* (2017) ont également mis en évidence des corrélations phénotypiques modérées voire faibles entre les différentes pièces de la carcasse et le RC (r=0,37 au maximum avec la cuisse).

Ainsi, la méthode CT testée n'a pas permis de mettre au point une mesure d'évaluation efficace du RC. Des travaux sont à poursuivre pour affiner les algorithmes et gagner en précision sur la mesure. Le CT reste néanmoins un outil intéressant pour augmenter le rendement ou le volume d'une pièce anatomique, comme ont pu le faire notamment Nagy *et al.* (2015) en sélectionnant sur le volume de cuisse à partir de données estimées par scanner.

Conclusions

Différentes nouvelles méthodes ont été testées pour améliorer l'efficacité de la sélection sur le rendement de la carcasse entière. Les résultats de simulation ont montré que la méthode actuelle était déjà optimisée. L'étude de données scanner n'a pas permis de mettre en évidence un critère de mesure simple, précis et répétable pour estimer le RC. La méthode historique avec abattage de 15% de collatéraux semble pour le moment la plus adaptée et a fait ses preuves au vu des progrès génétiques et phénotypiques observés sur la lignée pure de la voie mâle. Pour continuer de progresser génétiquement sur le rendement carcasse du lapin de chair, il pourrait être intéressant d'étudier l'apport de rendement par la voie femelle.

Remerciements

Les auteurs remercient l'équipe de sélection de HYPHARM pour le suivi des animaux et la collecte des données, ainsi que les équipes de Grimaud Frères ayant participé aux chantiers scanner.

Références

Garreau, H., Eady, S.J., Hurtaud, J., Legarra, A, 2008. Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. In: Proc. 9th World Rabbit Congress. Verona, Italy. p 103-107.

Garreau, H., Maupin, M., Hurtaud, J., Gunia, M., 2017. Analyse génétique et sélection d'une lignée commerciale paternelle. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole. p. 163-166. Le Mans 2017.

Gilmour, A.R., Gogel, B.J., Cullis, B.R., Thompson, R., 2009. ASReml user guide release 3.0. VSN Int. Ltd.

Gómez, E.A., Baselga, M., Rafel, O., Ramon, J., 1998 Comparison of carcass caracteristics in five strains of meat rabbit selected on different traits. Livest. Prod. Sci. 55, 53-64.

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.

Hunt, B.R., Lipsman, R.L., Rosenberg, J.M., Coombes, K.R., Osborn, J.E., Stuck, G.J., 2001. A guide to MATLAB. Cambridge University Press, 2001.

Larzul, C., Gondret, F., Combes, S., Rochambeau, H. de, 2005. Divergent selection on 63-day body weight in the rabbit: response on growth, carcass and muscle traits. Genet. Sel. Evol. 37: 105–122.

Lebas, F., Laplace, J.P., Cousin, M.C., Germain, C., Chapel, J., 1972. Mensurations viscérales chez le lapin. Annales de zootechnie, 1972, 21 (1), p. 37-47. hal-00887149.

Lenoir, G., Morien, F., 2015. Intérêt de l'évaluation par échographie des caractéristiques de carcasse pour la sélection du lapin de chair. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole. p. 177-180. Le Mans 2015.

Matics, Z., Szendro, Z., Nagy, I., Gerencser, Z., Donko, T., 2014. Usage of Comupted Tomography in the selection of two Hungarian rabbit breeds. Farm Animal IMaging. P. 31-34. Copenhagen 2014.

Nagy, I., Donko, T., Czako, B., Radnai, I., Nemeth, T., Matics, Z., Gerencser, Z., Szendro, Z., 2015. Relations entre des critères mesurés par tomographie et les caractéristiques des carcasses chez le lapin. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole. p. 181-184. Le Mans 2015.

Pook, T., Schlather, M., Simianer, H, 2020. MoBPS - Modular Breeding Program Simulator. G3. 2020;10:1915.

R Core Team, 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Asutria.

Robert, R., Thiébot, C., Garreau, H., 2017. Etude comparative du poids et de la proportion de la peau et des pièces de découpe de deux lignées mâles de souche Hyla. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole. p. 83-86. Le Mans 2017.

Szendro, Z.S., Horn, P., Köver, G.Y., Berenyi, E., Radnai, I., Biro-Nemeth, E., 1992. In vivo measurement of carcass traits or meat type rabbit by X-ray computerized tomography. J. Appli. Rabbit Res. 15 : 799-809.

Zomeno, C., Gispert, M., Brun, A., Carabus, A., Font-i-Fournols, M., 2014. Prediction of carcass protein and fat chemical content using Computed Tomography in live pigs and pig carcasses. Farm Animal IMaging. P. 44-47. Copenhagen 2014.

Pathologie, statut sanitaire

PRINCIPES, CADRE D'ANALYSE ET LEVIERS D'ACTION POUR UNE GESTION INTÉGRÉE DE LA SANTÉ EN ÉLEVAGE CUNICOLE **

Fortun-Lamothe L.[1*], Boucher S.[2], Combes S.[1], Guilloteau L.A.[3], Gunia M.[1], Manoli C.[4], Savietto D. [1]

[1] GenPhySE, INRAE, Université de Toulouse, ENVT, 31326, Castanet-Tolosan, France
[2]Labovet Conseil (Réseau Cristal), BP 539 85505 Les Herbiers cedex
[3]INRAE, Université de Tours, BOA, 37380 Nouzilly, France
[4]URSE, ESA, F-49007, Angers, France

[*]Auteur correspondant : laurence.lamothe@inrae.fr

** Cette synthèse est une version recentrée sur l'élevage cunicole de l'article de Fortun-Lamothe et al. (2023) publié dans la revue INRAE Productions Animales.

Résumé – La gestion intégrée de la santé animale peut être définie comme l'ensemble des connaissances et pratiques mobilisées par l'homme de manière coordonnée afin de favoriser la construction, préserver ou retrouver la santé des individus ou du troupeau au sein du système d'élevage. Elle a pour finalité d'optimiser la santé animale et le cycle de production tout en réduisant l'utilisation des antibiotiques et des antiparasitaires qui pose des problèmes de résistance chez les animaux et les humains. Elle se fonde sur la mobilisation conjointe de trois principes complémentaires : (P1) prévenir l'apparition des maladies en limitant les situations à risques et le contact avec les éléments nuisibles (agents pathogènes, éléments toxiques), (P2) utiliser des animaux résistants ou développer leurs capacités adaptatives, (P3) soigner les animaux de façon ciblée (molécule, dose, durée). La santé se construit tout au long de la vie de l'animal pour garantir un développement harmonieux et l'intégrité physique des individus. De nombreux leviers d'action, regroupés en six dimensions (1-milieu de vie des animaux, 2-gestion de la reproduction, 3-gestion des troupeaux, 4-choix des animaux, 5-alimentation et 6-pilotage de l'élevage) ont été identifiés pour atteindre cet objectif. Ces leviers peuvent avoir sur la santé un effet direct, différé, ou bien intergénérationnel. Une mobilisation cohérente de nombreux leviers a permis de réduire fortement l'usage des antibiotiques au cours des dernières années mais une marge de progrès est encore possible pour les élevages cunicoles. De plus, le développement de systèmes d'élevage en phase avec les demandes sociétales (meilleure prise en compte du bien-être animal, accès à l'extérieur) pose de nouveaux défis pour une gestion intégrée de la santé en élevage cunicole.

Abstract – Principles, analytical framework and resources in farm for integrated health management in rabbit farming.
Integrated animal health management can be defined as the connection of knowledge and practices implemented by farmers in a coordinated manner in order to build, preserve or recover the health of individuals or the herd within the breeding system. Its aim is to optimize animal health and the production cycle while reducing the use of antibiotics and antiparasitic drugs that cause resistance problems in animals and humans. It is based on the joint mobilization of three complementary principles: (P1) preventing the onset of diseases by limiting risk situations and contact with harmful elements (pathogens, toxic elements), (P2) using resistant animals or developing their adaptive capacities, (P3) using medical treatments in a targeted manner (molecule, dose, duration). Health is built throughout the animal's life to ensure harmonious development and physical integrity of individuals. Numerous modes of action, grouped into six dimensions (1-living environment of the animals, 2-reproductive management, 3-herd management, 4-breed and breeding choices, 5-feeding and 6-farming management) have been identified to achieve this objective. Combined, these dimensions can have a direct, delayed, or intergenerational effect on health. A coherent mobilization of them allowed a significant reduction in the use of antibiotics in recent years, but there is still room for improvement in rabbit farming. In addition, the development of rabbit farming systems in line with societal demands (respect for animal welfare, access to the outdoors) poses new challenges for an integrate management of rabbit's health.

Introduction

Maîtriser la santé demeure fondamental en élevage cunicole et répond à un quadruple enjeu : optimiser le cycle de production et réduire les pertes (enjeu économique), contribuer au bien-être des animaux en en prenant soin (enjeu éthique) et limiter l'émergence de zoonoses (enjeu de santé publique) ou d'épizooties (enjeu sanitaire). Depuis leur découverte, les antibiotiques et les antiparasitaires, qui permettent respectivement de lutter contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne ou parasitaire, ont été des éléments essentiels de la gestion de la santé en élevage. En élevage cunicole, ils sont utilisés pour traiter un animal infecté ou infesté (traitement individuel curatif) ou pour traiter un groupe, lorsqu'une proportion du lot est malade (métaphylaxie ; Lhermie et al., 2015). En octobre 2018, le Parlement européen s'est prononcé contre l'usage préventif des antibiotiques, c'est-à-dire avant l'apparition de la maladie, en traitant l'ensemble des animaux d'un lot pour lequel la probabilité de survenue de la maladie est considérée comme élevée. Le temps de traitement à l'aide d'un antibiotique doit être réduit pour limiter la survenue des résistances mais cela n'est pas possible avec les antibiotiques qui sont temps dépendants. Cela doit jugé au cas par cas par le praticien. De plus, l'utilisation des antibiotiques d'importance critique (AIC) ne peut se faire qu'après établissement d'un antibiogramme conforme à la norme NFU 47-107. Elle est interdite si un autre traitement est possible ou si la bactérie est résistante. Enfin, l'utilisation de la colistine a été limitée à 7 jours par le législateur. En effet, l'utilisation massive d'antibiotiques en élevage (Anses, 2020) a contribué à l'apparition de résistances qui réduisent leur efficacité sur les animaux et peuvent être transmises à l'humain, par le biais de bactéries d'autres espèces animales ou végétales, soit par le biais d'une proximité homme-animal, soit via la chaîne alimentaire. C'est pourquoi, la lutte contre l'antibiorésistance est devenue un défi mondial de santé publique qui s'est traduit par deux plans d'actions nationaux (EcoAntibio : 2012-2017 et 2017-2021 ; https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecoantibio-2-2017-2021).

La filière cunicole est concernée par ces questions. De manière volontaire, elle s'est engagée en 2006 dans un plan de médication raisonnée visant à éliminer les résidus de sulfamides de la viande. Ce plan engageait l'ensemble des maillons de la filière. Puis, en 2011, un plan interprofessionnel avait pour ambition de diminuer de 50% l'utilisation des antibiotiques à horizon 2025. Dans cette optique, l'objectif de cette communication est de définir les principes, de proposer un cadre d'analyse et d'identifier les leviers d'action disponibles à l'échelle de l'animal et du système pour une gestion intégrée de la santé des lapins dans les élevages. Nous illustrons ces propos en montrant comment divers leviers peuvent être combinés pour atteindre cet objectif et terminons en montrant certaines limites du système actuel et les défis auxquels il est confronté pour poursuivre la réduction de l'utilisation des intrants médicamenteux.

1. Définition et principes de la gestion intégrée de la santé animale

1.1. Définition et finalité

La gestion intégrée de la santé animale a émergé dans les années 1970 sous l'impulsion de J.P. Tillon (Tillon, 1980) puis fut remobilisée dans le cadre de la transition agroécologique (Dumont et al., 2013). Elle peut être définie comme l'ensemble des connaissances et pratiques mobilisées par l'homme de manière coordonnée afin de construire, préserver ou retrouver la santé de l'animal ou du troupeau au sein du système d'élevage (Fortun-Lamothe et al., 2023). Si l'éleveur en est un élément central, cette coordination peut également être le fruit d'un collectif de travail impliqué de façon directe ou indirecte dans l'élevage (vétérinaire, conseiller, salarié, etc.; Gotti et al., 2021). La gestion intégrée de la santé animale renvoie à une approche globale de la santé, c.-à-d. une vision multifactorielle, issue des travaux d'éco-pathologie (Ganiere et al., 1991). Celle-ci se base sur un suivi régulier de l'élevage et des animaux qui le composent : audit de la conduite d'élevage, analyse des pratiques à risques, mise en place de plans de gestion des risques et réajustements. Il s'agit de maintenir et/ou de restaurer l'équilibre sanitaire du troupeau.

La gestion intégrée de la santé animale a pour finalité de favoriser la construction de la santé des animaux afin qu'ils aient une trajectoire de vie harmonieuse et soient en état de bien-être et de limiter l'apparition des maladies pour pouvoir diminuer l'utilisation des intrants médicamenteux (antimicrobiens, antiparasitaires, etc.). Contribuer au bien-être des animaux est lié à cette finalité. Du point de vue des éleveurs, l'intérêt est d'optimiser le cycle de production et de réduire les pertes (économiques et vies animales) en élevage liées aux maladies. D'un point de vue plus global, il s'agit de préserver la santé humaine (zoonoses et antibiorésistance) et celle des écosystèmes (concept One Health).

La gestion intégrée de la santé animale comporte une phase initiale de conception du système d'élevage suivie de phases continues et itératives d'évaluation de la santé (individu et groupes d'animaux) et d'adaptation du fonctionnement du système d'élevage au cours du temps pour atteindre l'objectif d'avoir des animaux en bonne santé (équilibre sanitaire).

La conception porte sur les choix fondateurs qui tiennent compte des ressources disponibles et des contraintes structurelles du système d'élevage. La dimension et l'organisation des bâtiments, l'aménagement du milieu de vie des animaux et le type génétique des animaux, le choix de mécanisation et/ou d'automatisation sont des choix qui engagent sur le long terme. Ils conditionnent le travail en élevage et le

fonctionnement du système biotechnique et doivent être cohérents entre eux et adaptés aux objectifs du système. L'évaluation de la santé animale est une démarche systémique, basée sur l'observation de l'animal ou du groupe d'animaux dans son milieu de vie. Elle vise l'identification des troubles physiques, physiologiques ou comportementaux, de leurs causes et des pratiques à risque dans le but de ne pas rester centré sur le traitement des effets de la maladie (identifier la cause plutôt que traiter les symptômes). Elle peut aller jusqu'au diagnostic des maladies, se fonde sur l'examen clinique et l'observation comportementale de l'animal, ou du troupeau ou d'observation du milieu de vie. La phase d'adaptation du système consiste à revisiter les pratiques d'élevage (stratégies d'alimentation, rythmes de reproduction, prophylaxie, critères de réforme, etc.) afin d'obtenir des effets à court ou moyen terme, voire à modifier certains éléments de conception du système (choix de la génétique, du mode de logement, de la configuration du troupeau ou de son niveau de productivité etc.) si cela est nécessaire. Cette phase est conditionnée par les objectifs de production et de métier de l'éleveur, à relier aux conditions structurelles, économiques et techniques de l'exploitation.

Dans la pratique, la gestion intégrée de la santé se fonde sur la mobilisation conjointe de trois principes (P) complémentaires : prévenir l'apparition des maladies (prophylaxie et biosécurité ; Prévenir, P1), si le contact avec les éléments nuisibles ne peut pas être évité, utiliser des animaux résistants ou développer leurs capacités adaptatives afin qu'ils y soient tolérants (Résister ou tolérer, P2), et si la maladie survient malgré tout, traiter les animaux de façon ciblée (Traiter, P3). Ces 3 principes sont développés ci-dessous.

1.2. Prévenir (Principe 1)

La prévention consiste à éviter les situations à risques, c'est-à-dire celles qui sont de nature à dépasser les capacités adaptatives de animaux (contact avec les agents pathogènes, inconfort, agression, autre). L'adéquation du milieu de vie et des pratiques aux besoins physiologiques, comportementaux et aux attentes des animaux est un élément essentiel de la prévention des maladies. Concrètement en élevages cunicoles, divers leviers d'action sont disponibles pour atteindre cet objectif (*cf.* section 3.1).

La prophylaxie désigne l'ensemble des moyens mis en œuvre pour surveiller l'état de santé d'un individu ou d'une population et prévenir l'apparition, la propagation ou l'aggravation des maladies. Elle comprend notamment un ensemble de pratiques de surveillance des individus et du troupeau en réalisant des analyses et en utilisant des outils de surveillance de l'état de santé. Pour les maladies infectieuses transmissibles, la prophylaxie repose également sur l'application des principes de biosécurité : 1-externe, qui vise à empêcher et/ou à limiter l'introduction de nouvelles souches microbiennes, virales ou parasitaires dans l'élevage ainsi que leur sortie éventuelle en cas d'échec de la première phase. Cela est réalisé par le contrôle sanitaire des animaux à leur entrée dans l'élevage (qui n'empêche toutefois pas l'entrée de porteurs sains) et la mise en place de barrières physiques ou de pièges qui permettent de limiter présence des vecteurs (insectes, rongeurs, fomite) et 2-interne, constituée de mesures visant à réduire la propagation des germes à l'intérieur de l'élevage. L'isolement et/ou l'élimination des animaux infectés et potentiellement contagieux (malades ou non), l'organisation du circuit de circulation permet de limiter la diffusion des pathogènes au sein de l'élevage, et les protocoles d'hygiène et de désinfection des bâtiments et du matériel d'élevage permettent de limiter la présence de pathogènes. Pour autant, la plupart des microorganismes présents dans l'environnement ou hébergés par les animaux (microbiote digestif, cutané…) ne sont pas pathogènes. Au contraire, les microorganismes symbiotiques ou commensaux peuvent contribuer à limiter le développement des agents pathogènes pour les animaux (Ducarmon et al., 2019). Au-delà des risques biotiques, les risques abiotiques (qualité de l'air, poussière, température, etc.) doivent également être maitrisés pour prévenir les problèmes de santé. Les problématiques et les moyens d'action sont néanmoins très différents suivant qu'il s'agit d'élevage confiné ou bien avec accès à l'extérieur. Le confort thermique est plus facilement maitrisable dans les élevages en bâtiments, mais cela a un impact non négligeable sur la santé des animaux. En effet, les troubles respiratoires, liés à la ventilation et à une qualité de l'air sous optimales en bâtiments, sont moins fréquents en élevage avec accès à l'extérieur (Boucher, communication personnelle).

1.3. Résister et/ou tolérer (Principe 2)

Schneider et Ayres (2008) ont défini la résistance comme la capacité d'un organisme à limiter la charge en agents pathogènes, et la tolérance comme la capacité d'un organisme à limiter les effets délétères d'un pathogène sur son fonctionnement. La tolérance résulterait plutôt des mécanismes de régulation des dommages causés par les agents pathogènes à l'hôte via le système immunitaire. La robustesse quant à elle se réfère à la capacité d'un animal à maintenir ses fonctions physiologiques et un état de santé jugé acceptable dans une grande variété d'environnements (disponibilité des ressources, conditions climatiques, entre autres ; Blanc et al., 2013).

L'utilisation de génotypes robustes (Savietto et al., 2015 ; Friggens et al., 2017) ou l'utilisation de lignées sélectionnées sur la résistance aux maladies (Gunia et al., 2023) sont deux stratégies pertinentes dans le cadre de la gestion intégrée de la santé animale. La résistance génétique peut être spécifique d'un agent pathogène (*Pasteurella sp.* ; Shrestha et al., 2020) ou non-

spécifique (Gunia et al., 2018) mais aucun individu/race/population n'est résistant à l'ensemble des maladies. Stimuler les capacités adaptatives des animaux, vis-à-vis des agents biologiques ou des variations de l'environnement est donc une stratégie complémentaire indispensable pour préserver la santé des animaux. Lorsqu'elle est disponible, la vaccination permet de protéger les animaux contre des agents pathogènes spécifiques (*e.g.* myxomatose, VHD et certaines maladies bactériennes). À la différence de l'immunité innée, la maturation de la réponse immunitaire adaptative des mammifères peut également être stimulée en exposant, dès le plus jeune âge, les animaux à un environnement microbien très diversifié (Round and Mazmanian, 2009). Cela participe à la diversité du microbiote digestif et contribue au développement du système immunitaire et notamment à la diversification du répertoire des anticorps (Lanning et al., 2000). Ce levier d'action est en interaction forte avec l'alimentation des animaux et notamment les apports de fibres alimentaires, et pré-biotiques qui sont les substrats permettant notamment le développement d'un microbiote digestif bénéfique à son hôte. L'équilibre en apport d'acides aminés, des macro et micronutriments dans l'alimentation est également essentiel pour maintenir la balance d'oxydo-réduction cellulaire des animaux et éviter la génération d'un stress oxydant et d'une inflammation chronique pouvant conduire à des problèmes de santé (Durand et al., 2021). Au final, résistance et tolérance font partie des caractéristiques à piloter conjointement pour optimiser la construction de la santé des animaux.

1.4. Traiter de façon raisonnée (Principe 3)

L'application des principes précédents n'est pas toujours suffisante pour prévenir l'apparition des maladies. De ce fait, soigner les animaux en traitant les signes cliniques ou en combattant les agents infectieux se révèlent nécessaires. Il est également un impératif légal (Article R214-17 §2 du Code Rural et de la Pêche Maritime). Dans le cas des maladies non infectieuses (maladies métaboliques, troubles comportementaux, toxicité des xénobiotiques), le soin des animaux visera avant tout la mise en place de conditions d'élevage propice à la guérison (alimentation adaptée, isolement ou au contraire socialisation, conditions d'ambiance, densité animale etc.) et la prise en charge des blessures. Pour traiter les maladies infectieuses, certains élevages, notamment en système d'élevage « biologique » (mais pas uniquement), priorisent l'utilisation des traitements alternatifs aux médicaments vétérinaires (vinaigre de cidre : Benguesmia et al., 2011 ; huiles essentielles : Boucher et al., 2017 ; acides organiques : Gohier et al ;, 2017) avant de mettre en œuvre des traitements médicamenteux. Lorsque les traitements médicamenteux sont indispensables, il est primordial de privilégier les médicaments spécifiques (diagnostic nécessaire, réalisation d'examens complémentaires) plutôt qu'interspécifiques (spectre large) et de respecter l'observance (population cible, dose, voie d'administration, rythme, durée du traitement et délai d'attente) afin de réduire au strict nécessaire les quantités utilisées et limiter les résistances des bactéries et/ou des parasites. Légalement, le vétérinaire est le seul intervenant en élevage habilité à réaliser des prescriptions de médicaments.

En revanche, en élevage cunicole, la gestion de la santé est plus souvent réalisée à l'échelle d'un groupe d'animaux qu'à l'échelle de l'individu. Cela est expliqué par les modalités d'élevage collective (rangée de logements avec ligne d'abreuvement commune par exemple), par la valeur économique parfois modeste d'un individu et la taille importante du groupe à soigner. C'est pourquoi, la mobilisation des deux premiers principes de la gestion intégrée de la santé est essentielle pour réduire le recours aux intrants médicamenteux (fréquence et volume d'utilisation).

Dans la suite de cet article, nous nous focaliserons sur les pratiques mobilisables à l'échelle du système d'élevage cunicole pour la gestion intégrée de la santé des lapins. D'autres leviers sont applicables à une échelle plus englobante, telle que le territoire (*e.g.* circulation ou échanges d'animaux ou de matériel au sein d'une zone, surveillance de la santé des animaux au sein d'un territoire) ou de la filière de production (*e.g.* traçabilité ou pratiques cohérentes entre les maillons d'une filière, rôles de divers acteurs du conseil) mais ne seront pas abordées ici.

2. Un cadre conceptuel de représentation de la santé animale

2.1. Les composantes de la santé animale

Afin de pouvoir raisonner la gestion intégrée de la santé des animaux nous avons proposé une représentation conceptuelle des différentes composantes de la santé animale. Elle a pour objectif d'identifier les éléments structuraux contribuant à la construction de la santé d'un animal d'élevage pour l'intégrer dans les connaissances indispensables à une gestion intégrée.

Cette représentation mobilise les dimensions physique et psychosociale, elles-mêmes subdivisées en 11 composantes (*cf.* Figure 1). La dimension physique de la santé comprend les barrières physiques qui jouent un rôle d'interface avec le milieu extérieur (téguments, muqueuses et microbiotes) et le système de défense constitué par les systèmes immunitaire, nerveux et endocrinien. La dimension psychosociale intègre les liens sociaux entre individus (mère-jeune, entre congénères), l'expression des comportements innés du lapin et le respect du rythme circadien. Ces composantes interagissent entre elles et avec les organes/systèmes responsables des grandes fonctions biologiques.

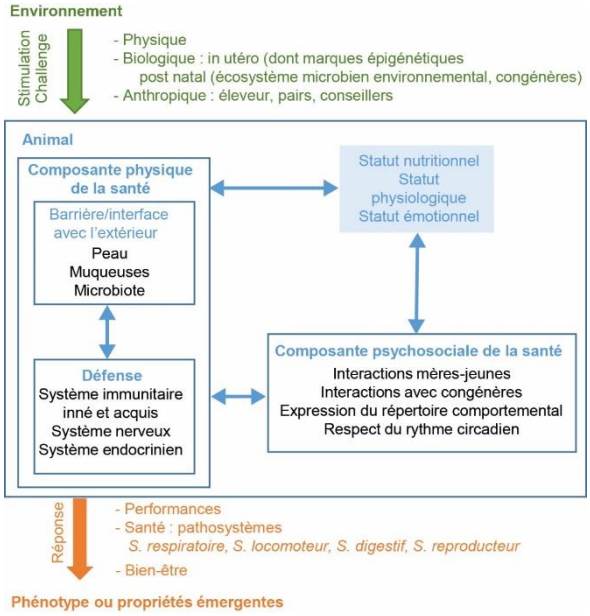


Figure 1 : Représentation conceptuelle des composantes de la santé animale.

En élevage cunicole la période qui entoure le sevrage est une des périodes critiques pour la santé des lapereaux (Gidenne et Fortun-Lamothe, 2002) car elle correspond à un moment de transition alimentaire où le développement de certaines composantes peut ne pas être achevé (immunité, capacités digestives, etc.). Même en dehors de ces périodes à risque, les composantes de la santé sont influencées par des facteurs intrinsèques à l'animal (génétique, statut nutritionnel, physiologique et émotionnel) eux-mêmes en lien avec l'environnement (composantes biotique, abiotique et anthropique). Ces facteurs extrinsèques peuvent agir positivement ou négativement sur la « construction » de la santé et parfois de manière différente selon la dynamique de développement des composantes de la santé (*cf.* point 2.2). La gestion intégrée de la santé vise notamment à agir sur ces facteurs selon les Principes 1 et 2 décrits précédemment et illustrés dans la section 3. L'éleveur n'est pas toujours en mesure d'agir sur certains facteurs (par exemple les aléas climatiques en élevage plein air). Dans ces situations, la gestion intégrée de la santé implique une notion de précaution (*e.g.* fourniture d'abri) ou d'anticipation qui font partie de la gestion intégrée de la santé. Il est important de noter que les différentes composantes de la santé animale sont en interactions permanentes.

2.2. Une vision dynamique de la « construction » de la santé

La santé n'est pas seulement un état sans maladie mais un processus dynamique qui débute lors de la gamétogenèse, inclut toute la période de développement fœtal et postnatal et se poursuit tout au long de la vie (Suzuki, 2018).

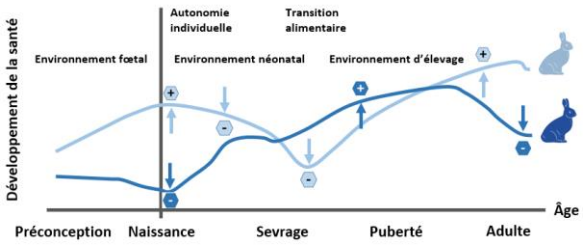


Figure 2 : Trajectoires individuelles de construction de la santé sous l'influence de divers évènements survenant à différentes périodes de la vie de l'animal (adapté de Halfon et al., 2014).

Ainsi, dans la majorité des élevages cunicoles actuels mais aussi parfois dans les garennes ou les élevages fermiers, les lapines sont simultanément gestantes et allaitantes. La superposition de la lactation et de la gestation impacte la croissance fœtale (Fortun-Lamothe et al., 1999) et le développement des lapereaux à naitre (Fortun-Lamothe et al., 2000). Au-delà de l'empreinte parentale, l'exposition à des situations bénéfiques ou défavorables au cours du développement varie pour chaque individu et constitue une trajectoire unique de renforcement ou bien au contraire d'affaiblissement de l'état de santé (*cf.* Figure 2 ; adapté de Halfon et al., 2014).

3. Les leviers d'action disponibles à l'échelle de l'atelier d'élevage

3.1. Six leviers d'action mobilisables en élevage

Tillon (1980) a identifié 6 facteurs qui influencent l'équilibre sanitaire au sein d'un élevage intensif (animal, bâtiment, alimentation, microbisme, conduite d'élevage et éleveur). Il argumente que ces variables sont à prendre en considération simultanément dans le jugement d'une situation sanitaire (*cf.* Figure 3). Ces éléments permettent aussi de structurer les différents leviers d'action qui sont mobilisables en élevage cunicole pour réaliser une gestion intégrée de la santé. Ils se déclinent en 6 dimensions (Tableau 1).

Les 5 premières dimensions sont d'ordre biotechnique et concernent : **1**-le milieu de vie : sa structure, son organisation et la mise en place des protocoles d'hygiène et de biosécurité; **2**-la gestion et la conduite de la reproduction; **3**-la gestion des troupeaux : leur constitution et leur conduite; **4**-les pratiques sur les animaux eux-mêmes : le choix de leur type génétique, la gestion de leur intégrité physique et la mise en œuvre de la prophylaxie; **5**-l'alimentation : composition de l'aliment, mode de présentation, mode et fréquence de distribution et individualisation (alimentation de précision). ; et **6**-le collectif de travail : l'acquisition des connaissances nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion intégrée de la santé (biologie, maladie, règles de biosécurité, usage des antibiotiques, etc.), la mobilisation des compétences autour de la santé des animaux, l'acquisition des informations sur la santé au sein de l'élevage, les équipements et l'organisation du travail et l'insertion dans les réseaux professionnels.

Tableau 1 : Exemples de leviers d'action pour une gestion intégrée de la santé des animaux à l'échelle de l'élevage cunicole.

Dimensions	Illustrations d'effet positif sur la santé	Principes mobilisés[a]
Milieu de vie des animaux		
Structure et organisation du milieu de vie	Logements de surface et de hauteur suffisante, milieu de vie enrichi (matériaux à ronger, plateforme, terrier, parcours herbagé) pour permettre aux animaux de se déplacer et d'exprimer leurs comportements propres ; sols adaptés pour limiter les blessures et les pododermatites	P1
	Réaliser un pâturage tournant pour limiter la concentration en pathogènes	P1
Biosécurité, hygiène et ambiance	Optimiser la ventilation, l'hygrométrie la présence de gaz lourds et la température d'élevage pour limiter les troubles respiratoires, digestifs ou cutanés	P1 et P2
	Disposer de pédiluves de lavabos et de douches à l'entrée, utiliser des chaussures et vêtements spécifiques pour éviter l'introduction de pathogènes	P1
	Réaliser des purges et des désinfections régulières des conduites d'eau	P1
Reproduction		
Gestion de la reproduction	Utiliser un rythme de reproduction semi-intensif ou extensif pour limiter la sollicitation métabolique des femelles	
	Éviter un âge des femelles à la première mise à la reproduction trop précoce pour limiter les troubles métaboliques et les ruptures d'homéostasie	P1 et P2
Conduite de la reproduction	Réaliser un allaitement contrôlé pour limiter les blessures sur les jeunes lapereaux et détecter les défauts d'allaitement	P1
	Pratiquer l'auto-renouvelement ou disposer d'un troupeau d'animaux grands-parentaux pour limiter l'introduction de pathogènes	P1
Gestion des troupeaux		
Constitution des troupeaux	Éviter le passage d'animaux entre bandes pour limiter les contaminations	P1
	Conduire les animaux en bande pour utiliser des stratégies alimentaires plus fines et réaliser un nettoyage entre chaque bande	P1 et P2
Conduite des animaux au sein du lot	Homogénéiser la taille des portées à la naissance pour limiter la sollicitation des femelles et permettre un allaitement suffisant des jeunes	P1 etP2
	Limiter la densité pour limiter les agressions et favoriser les mouvements	P1
Animaux		
Races	Choisir des animaux provenant de lignées plus robustes	P2
Prophylaxie	Vacciner contre la myxomatose et la VHD	P1 et P2
	Utiliser des extraits de plantes pour soutenir l'immunité	P1 et P2
Alimentation		
Composition	Répondre aux besoins nutritionnels des animaux à chaque stade (acides aminés, fibres, vitamines, minéraux)	P1 et P2
	Incorporer des matières premières riches en polyphénol pour lutter/prévenir le parasitisme intestinal	P1 et P2
	Supplémenter les aliments en pré- et pro-biotiques, huiles essentielles, acides organiques pour limiter les troubles infectieux non spécifiques	P1 et P2
Présentation	Distribuer du fourrage sec à tiges longues pour limiter les troubles digestifs	P1
Distribution	Pratiquer une restriction alimentaire post sevrage pour réduire la fréquence des troubles digestifs	P1 et P2
Éleveur		
Connaissances	Se former pour connaître la biologie et les maladies de animaux, les règles de biosécurité et de prophylaxie et l'état des animaux ; Se former à la manipulation des animaux, à l'usage raisonné des antibiotiques et aux risques sanitaires en élevage. Acquérir des notions sur le bien-être des animaux.	P1 et P3
Fédérer collectif de travail	Faire des bilans de santé réguliers avec des professionnels extérieurs ; Développer les connaissances de tout le collectif de travail; Répartir les rôles au sein du collectif de travail; Communiquer au sein du collectif de travail sur la santé animale	P1 et P3
Acquérir des infos. sur la santé de ses animaux	Organiser un système d'information et d'enregistrement des données sur la santé de son troupeau ; Observer et s'outiller en complément de l'observation; S'équiper pour enregistrer les performances en élevage et détecter l'apparition de troubles	P1
Équipements et organisation du travail	Optimiser l'organisation du travail en élevage pour maximiser le respect des règles de biosécurité ; S'équiper ou s'organiser pour disposer de temps pour l'observation sanitaire des animaux et améliorer la qualité de la relation avec les animaux	P1
Insertion dans les réseaux	Accompagnement à la prise de risque ; Accompagnement économique pour les pertes de productivité entrainées par la « désintensification » de l'élevage	

[a] Principes de gestion intégrée de la santé animale (voir section 1). P1 : éviter les situations à risques et le contact avec les éléments nuisibles ; P2 : résister aux éléments nuisibles ou les tolérer; P3 : soigner les animaux de façon ciblée

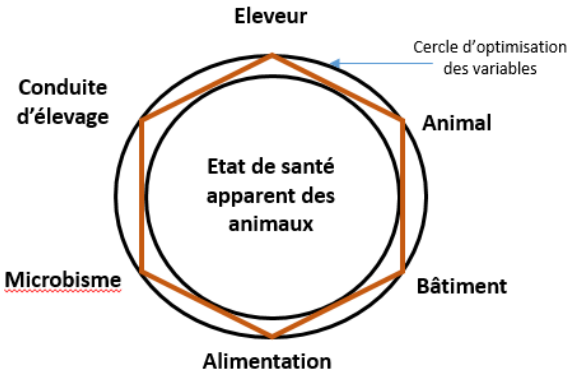


Figure 3 : Les six variables majeures de l'hexagone de Tillon à prendre en compte dans l'évaluation d'une situation sanitaire (adapté de Tillon, 1980).

3.2. Temporalité d'action des leviers utilisables en élevage

Les leviers d'action utilisés pour une gestion intégrée de la santé animale peuvent agir selon différentes temporalités (Figure 4). Ainsi, on peut distinguer les leviers d'action ayant : **1**-un effet direct (Gidenne et al ;, 2010); **2**-un effet différé (Martinez-Paredes et al., 2022) ou **3**-un effet transmis entre génération (Hue-Beauvais et al., 2017).

Figure 4 : Temporalité d'action des leviers agissant sur la santé animale: effets directs (A), effets différés (B), effets transmis entre générations (C).

Intégrer cette temporalité d'action encourage à avoir une vision à long terme et à mieux raisonner le lien entre les différents ateliers au sein du système d'élevage (futures reproductrices, maternité, engraissement), ou entre les maillons d'une filière de production (noyaux de sélection, démultiplicateurs, élevage).

4. Mobilisation conjointe des leviers d'action pour une gestion intégrée de la santé en élevage cunicole

En élevage cunicole, divers leviers sont actionnés de manière cohérente sur les 4 catégories d'animaux présents (lapereaux allaités, lapins en croissance, futurs reproducteur, adultes en reproduction) pour réaliser une gestion intégrée de la santé (voir exemple concret en encadré 1).

Après la mise bas, les éleveurs pratiquent l'homogénéisation de la taille des portées par élimination des lapereaux ayant un poids vif inférieur à 35 g et l'adoption croisée en vue d'égaliser la taille entre portées. Cette stratégie réduit la compétition entre les lapereaux pour l'accès au lait et améliore leur thermorégulation (accès à la chaleur du nid) ce qui favorise leur survie et leur développement (Rödel et al., 2008). Elle favorise aussi le maintien d'une condition corporelle adéquate des mères (maigreur si les portées sont surnuméraires, >12 lapereaux) ce qui améliore leur longévité. La stratégie d'alimentation des femelles cible la gestion du compromis entre la satisfaction des besoins nutritionnels importants pendant la lactation (aliment riche en énergie au début de la lactation) et la maturation du système digestif des lapereaux (aliment riche en fibres et pauvre en amidon avant leur sevrage ; Gidenne et Fortun-Lamothe, 2002). Par ailleurs, les jeunes femelles et les reproductrices sont vaccinées contre la maladie hémorragique virale (VHD) et la myxomatose.

Encadré 1 : Un exemple concret de gestion intégrée pour faire face à une colibacillose due à un E. coli O103 rhamnose négatif eae positif

Mr et Mme Lapinos, éleveurs en Vendée, sont réunis dans le GAEC du Nid Douillet. Ils détiennent 650 femelles conduites en insémination artificielle sur un rythme classique de 42 jours. Le bâtiment est géré en « Tout Plein Tout Vide » et le sevrage est pratiqué à 35 jours après la mise bas. Chacune des deux salles de l'élevage est nettoyée et désinfectée à tour de rôle après la vente de chaque lot d'engraissement. La ventilation est dynamique. Les femelles reçoivent un aliment complet granulé (sur un cycle de 42 j : formule dite «maternité» pendant 35 j et formule dite «périsevrage» pendant 7 j) et de l'eau à volonté. Les vaccinations anti myxomatose et anti VHD (pour les 2 variants) sont à jour.

Au préalable, le vétérinaire vérifie la concordance entre les signes cliniques et l'examen de laboratoire pour établir un diagnostic. D'un point de vue clinique, on observe des diarrhées sur les lapereaux au nid, des diarrhées au sevrage qui s'arrêtent 3 semaines après, de la mortalité sur ces deux périodes. Ces éléments signent une colibacillose vraie. Les analyses de laboratoire confirment la présence d'un E. coli O103rhamnosenégatif / eae positif.

Le plan d'action comporte plusieurs étapes. 1- renforcement des actions sanitaires : i) mise en place d'une flore de barrière dans le talc du nid (communauté de probiotique), ii) vérification du nid et changement des zones sales plus fréquentes. 2- adaptation de l'alimentation : i) distribution d'un aliment plus fibreux en périsevrage, ii) on pilote les quantités d'aliment distribuée après le sevrage pour ne pas dépasser un GMQ de 40 g/j des lapins. 3- mise en place d'un autovaccin anticolibacillaire chez les mères pour créer une certaine immunité qui peut se transmettre chez les jeunes. 4- i) Si la diarrhée survient, traitement de tout le troupeau soit avec de la colistine® pendant 4 jours (métaphylaxie), soit avec un produit phytothérapique ou ii) traitement des mères qui ont des petits malades uniquement avec, par exemple, de la spectinomycine en injection, l'antibiogramme ayant montré sa sensibilité sur le colibacille responsable de la maladie.

Après le sevrage, l'utilisation de régimes riches en fibres (Gidenne et al., 2010) et la maitrise des ingérés (Gidenne et al., 2012) permettent de limiter l'apparition des troubles digestifs non spécifiques chez les lapins en croissance. Ces stratégies sont conjuguées à des protocoles stricts d'hygiène à l'entrée dans les salles d'élevage et de nettoyages complets réguliers permis par la conduite en bande et l'utilisation de désinfectants. Par ailleurs, cette conduite en bande permet de conserver les portées dans les logements où

elles sont nées après le sevrage. Cette pratique est actuellement justifiée comme limitant le stress social. Une arrivée des femelles futures reproductrices entre 3 et 10 jours dans les élevages (adoption par les femelles reproductrices déjà en place) leur permet de s'adapter aux conditions d'élevage (conditions d'ambiance, environnement microbien, etc.) et de limiter l'entrée d'agents pathogènes dans l'élevage, notamment *Pasteurella multocida*, agent responsable de la principale maladie respiratoire chez les femelles (Coudert et al., 1999). De plus, pour gérer la pasteurellose chez les lapines reproductrices (formes respiratoire et cutanée), la maîtrise des conditions d'ambiance (température, hygrométrie et vitesse de l'air) est conjuguée à l'élimination des animaux présentant des lésions pour prévenir la diffusion au sein de l'atelier élevage. La sélection d'animaux résistants à cet agent pathogène, très problématique, est possible (Shrestha et al., 2020), mais reste à déployer dans les centres de sélection.

5. Limites des stratégies actuelles et pistes d'évolution

D'une manière générale, au cours des dernières décennies, la gestion de la santé en élevage cunicole a surtout privilégié la prise en compte de la santé physique des animaux associée à la recherche d'une augmentation de la productivité animale pour des raisons économiques. Mais ces choix ont parfois été faits au détriment de la santé psychosociale des animaux (*e.g.* limitation de la possibilité d'expression du répertoire comportemental des lapins élevés en cages). Nous présentons ici quelques limites identifiées ainsi que des stratégies techniques d'évolution possibles. Il semble important de noter que ces verrous ne sont pas seulement techniques mais également humains et sociaux (besoin de sécurité, accompagnement à de nouvelles pratiques, tension sur le temps de travail), économiques (investissements, rentabilité de l'élevage) ou encore scientifiques (sélection génétique, diagnostic précoce des troubles ; Ducrot et al., 2018).

Dans les élevages cunicoles confinés, le logement des animaux à fond ajouré (grillage ou caillebotis) est justifié pour faciliter la gestion des déjections (raclage), limitant le contact des animaux avec leurs déjections et ainsi les risques d'infestation parasitaire. Pour autant, les coccidies de pathogénicité moyenne sont présentes dans la majorité des élevages conventionnels (protozoaires du genre *Eimeria* ; Licois, 2009) et l'utilisation d'anticoccidiens reste très fréquente (*e.g.* diclazuril). Ils ont permis d'éradiquer les souches d'*Eimeria* les plus pathogènes. L'élevage cunicole s'oriente aujourd'hui vers un mode logement des lapins en croissance en parcs, souvent avec sol en caillebotis plus confortable (Huang et al., 2021), et en grand groupes (plus 20 animaux). Cette évolution entraine des interactions sociales plus importantes (à minima en termes de nombre de congénères) qui peuvent modifier les dynamiques de dissémination des agents pathogènes, même si la densité animale y est généralement réduite. Il conviendrait donc de repenser **1**-l'aménagement du milieu de vie pour ne pas perturber ces interactions sociales par rapport aux attentes de l'animal et **2**-les protocoles d'hygiène et de prophylaxie pour limiter la dissémination des agents pathogènes au sein de ces grands groupes. Cette évolution du logement pourrait empêcher le maintien de logements polyvalents entre lapines reproductrices et lapins croissance et entrainer l'abandon de la gestion sanitaire du type tout-plein tout-vide pratiquée aujourd'hui dans la moitié des élevages français. Ce mode de conduite présente pourtant l'avantage de permettre le nettoyage et la désinfection du bâtiment et des logements entre chaque bande d'animaux. Pour autant, cette stratégie peut aussi favoriser la dissémination des agents pathogènes car les animaux qui sont présents dans ce milieu confiné, sont tous au même stade physiologique, et donc exposées à un même niveau de risque. De plus, le microbiote étant impliqué dans la maturation du système immunitaire, certains émettent l'hypothèse qu'une hygiène excessive pourrait au final être préjudiciable pour la santé des animaux.

Concernant les femelles reproductrices, les problèmes respiratoires restent fréquents malgré les moyens déployés pour la maitrise des conditions d'ambiance. L'utilisation d'animaux résistants semble la voie la plus prometteuse, mais elle reste à mettre en œuvre. Par ailleurs, il a été montré qu'une réduction du rythme de reproduction (par exemple, une insémination toutes les 7 semaines au lieu de 6 semaines actuellement) permet de réduire la sollicitation nutritionnelle des femelles donc d'améliorer leur état corporel et d'augmenter leur longévité (Feugier et Fortun-Lamothe, 2005). Néanmoins, cette pratique est aujourd'hui peu répandue et souvent limitée à la période estivale, principalement pour des raisons économiques.

6. Défis à venir

Aujourd'hui, une partie des consommateurs européens souhaitent une meilleure prise en compte du bien-être animal. Ils désapprouvent l'élevage des animaux en cage et souhaitent que les animaux puisent se mouvoir librement. Suite à une initiative citoyenne[1] « *End the Cage Age* », la commission Européenne s'est engagée à présenter, pour la fin 2023, une proposition législative visant la suppression progressive et finalement l'interdiction de l'élevage en cage et évoque une entrée en vigueur en 2027. L'élevage cunicole est concerné par cette initiative à la fois pour les animaux reproducteurs et les lapins en croissance. Les élevages cunicoles vont donc sans doute devoir évoluer fortement et la gestion de la santé devra être repensée en conséquence. Il est à noter qu'une meilleure prise en compte du bien-être peut parfois avoir des

[1] https://europa.eu/citizens-initiative/initiatives/details/2018/000004_fr

conséquences négatives sur la santé des animaux. C'est le cas des lapines (Szendrö et al., 2019) élevées en groupe. Le logement en groupe de femelles familières (sœurs biologiques ou de lait) est possible jusqu'à la première mise bas (Laclef et al., 2021). Mais ensuite les lapines se bagarrent et se blessent gravement en cherchant à instaurer une hiérarchie sociale. A noter que dans la nature, la femelle s'isole au moment de la mise-bas, ce qu'elle ne peut pas faire dans un environnement restreint. De même, les mâles pubères fuient la garenne car le mâle dominant les castre volontiers. Un système permettant un équilibre satisfaisant entre reproduction, santé et expression des comportements tout en maintenant le bien-être des animaux reste à trouver. Chiron et al. (2023) ont identifié les déterminants, les freins et les motivations des éleveurs concernant l'évolution réglementaire sur le logement et le bien-être des animaux, ce qui pourra être mobilisé pour accompagner la transition.

Des travaux ont également montré que si les animaux qui ont un accès à l'extérieur semblent moins affectés par la pasteurellose que les animaux élevés en bâtiments fermés, ils sont plus concernés par des problématiques de mortalité périnatale et de reproduction que dans les systèmes en claustration (Gidenne et al., 2023). Cela serait expliqué notamment par une faible maîtrise des conditions lumineuses et thermiques. La gestion de la santé dans ces systèmes devra donc intégrer une aide à l'adaptabilité des animaux aux variations climatiques (brise vent, abris, refuge), une capacité à prévoir ces variations (accès à des données ou alertes climatiques) pour anticiper la mise à l'abri des animaux et l'aménagement des surfaces extérieures (arbres, haies coup vents, barrières de protection, etc.). De plus, les animaux ayant un accès à l'extérieur sont plus exposés aux parasites et à d'autres agents infectieux non rencontrés en bâtiment (via l'aliment, le sol, et les interactions avec la faune sauvage). Un agencement du milieu de vie ou des pratiques innovantes devront être réfléchis pour gérer ces nouveaux enjeux. De même l'accès à l'extérieur des animaux d'élevage devra également être réfléchi à l'échelle de l'écosystème, les animaux d'élevage pouvant potentiellement être des vecteurs de maladies vers la faune sauvage (lapin garenne, lièvre, prédateur), à l'équilibre des sols et à la qualité de l'eau (gestion des effluents et notamment des molécule antiparasitaire et antibiotique). Les expériences acquises dans les élevages qui respectent le cahier des charges de l'agriculture biologique pourront être précieuses (Gidenne et al., 2023). Quoi qu'il en soit, ces évolutions conduiront probablement à une augmentation de la diversité des systèmes d'élevage, à une augmentation de la variabilité de l'état de santé et de bien-être entre les animaux. De tels changements nécessiteront sans doute des modes de suivi et de gestion du comportement et de paramètres de santé plus individualisés qui pourraient bénéficier d'applications numériques.

Conclusions

La santé animale, à la fois état et processus, se construit tout au long de la vie des animaux. En élevage cunicole, de nombreux leviers d'actions sont disponibles et doivent être mobilisés de manière cohérente dans une logique de gestion intégrée de la santé des animaux. Ils ont principalement pour objectif de favoriser la construction de la santé, de prévenir le contact avec les éléments biotiques et abiotiques nuisibles et de soutenir les capacités adaptatives des animaux afin qu'ils soient tolérants à ces éléments. Leur mobilisation conjointe et cohérente est nécessaire pour poursuivre la réduction de l'utilisation des antimicrobiens. Pour répondre à la nécessité d'améliorer le bien-être animal, de nouveaux systèmes de logement et d'élevage émergent et posent des questions inédites concernant la santé des animaux. Ainsi, l'accès des animaux à l'extérieur modifie les frontières et la dynamique des flux (matière, xénobiotique, agent pathogène, individu, gènes) entre l'élevage et la faune sauvage d'une part, et les milieux à forte anthropisation d'autre part. En référence au concept « One Health », la plus grande proximité des vecteurs, des réservoirs d'agents pathogènes ou des xénobiotiques présents dans les milieux sauvages ou anthropisés avec les élevages, représente un défi pour la gestion intégrée de la santé.

Remerciements

Les auteurs remercient tous les auteurs de l'article original duquel a été adapté cette communication (Fortun-Lamothe et al., 2023).

Références

Anses, 2020. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en France en 2019, Anses-ANMV, France, novembre 2020, rapport, 97p. https://www.anses.fr/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2019.pdf consulté le 04/08/2021

Benguesmia M., Niepceron A., Boucher S., Cortet J., Chaumeil T., Cabaret J., 2011. Evaluation de l'utilisation du vinaigre de cidre sur le parasitisme et la croissance chez les lapins biologiques. 14e Journées de la Recherche Cunicole. 22-23 novembre 2011, Le Mans, France. 9-12

Blanc F., Ollion E., Puillet L., Delaby L., Ingrand S., Tichit M., Friggens N., 2013. Évaluation quantitative de la robustesse des animaux et du troupeau : quels principes retenir ? Renc. Rech. Rum., Paris, France, 20, 365-272.

Boucher S., Mauvisseau T., Couriera M. 2017. Retour d'expérience sur la technique du phytogramme® : sensibilité des souches bactériennes isolées et lien avec l'IFTA. 17èmes Journ. Rech. Cunicoles, Le Mans, 21 et 22 novembre 2017, 4pp

Chiron P., Doré A., Fortun-Lamothe L. 2023. Déterminants, motivations et résistance aux changements concernant la réglementation sur le bien-être animal chez les éleveurs de lapins français. 19èmes Journ. Rech. Cunicole Fr., Le Mans, France, 22-23 mars.

Coudert P., Rideaud P., Kpodékon M., 1999. Le point sur les pasteurelloses du lapin : Rapport de synthèse. Journées Rech. Cunicole, 8, 3-12 Paris, France

Ducarmon Q.R., Zwittink R.D., Hornung B.V.H., van Schaik W., Young V.B., Kuijper E.J., 2019. Gut microbiota and colonization resistance against bacterial enteric infection. Microbiol. Mol. Biol. Rev., 83, e00007-19.

Gunia M., Douhard F., Savietto D., Sautier M., Fillon V., Rupp R., Moreno-Romieux C., Mignon-Grasteau S., Gilbert, H., Fortun-Lamothe L., Ducos A. 2023. Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes d'élevage cunicole. 19èmes Journ. Rech. Cunicole Fr., Le Mans, France, 22-23 mars.

Ducrot C., Adam C., Beaugrand F., Belloc C., Bluhm J., Chauvin C., Cholton M., Collineau L., Faisnel J., Fortané N., Hellec F., Hémonic A., Jloy N., Lhermie G., Magne M.A., Paul M., Poizat A., Raboisson D., Rousset N., 2018. Apport de la sociologie à l'étude de la réduction d'usage des antibiotiques. INRAE Prod. Anim., 31, 307-324.

Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2013. Prospects from agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. Animal, 7, 1028-1043.

Durand D., Collin A., Merlot E., Baéza E., Guilloteau L.A., Le Floc'h N., Thomas A., Fontagné-Dicharry S., Gondret F., 2021. Review: Implication of redox imbalance in animal health and performance at critical periods, insights from different farm species. Animal, 16, 100543.

Feugier A., Fortun-Lamothe L ;, Lamothe E., Juin H. 2005. Une réduction du rythme de reproduction et de la durée de la lactation améliore l'état corporel et la fertilité des lapines. 11èmes Journ. Rech. Cunicole Fr., Paris, France, 29-30 novembre, 107-110.

Fortun-lamothe L., Prunier A., Bolet G., Lebas F., 1999. Physiological mechanisms involved in the effects of concurrent pregnancy and lactation on fœtal growth and survival in the rabbit. Livest. Prod. Sci., 60, 229-241.

Fortun-lamothe L., Collet P.S., Read A.K., Mariana J.C., 2000. Effects of concurrent pregnancy and lactation in rabbit does on the growth of follicles in daughters' ovaries. World Rabbit Sci. 8, 33-40. https://doi.org/10.4995/wrs.2000.415

Fortun-Lamothe L., Collin A., Combes S., Ferchaud S., Germain K., Guilloteau L., Gunia M., Lefloc'h N., Manoli C., Montagne L., Savietto D. 2023. Principes, cadre d'analyse et leviers d'action à l'échelle de l'élevage pour une gestion intégrée de la santé chez les animaux monogastriques. INRAE Prod. Anim. (accpeté pour publication).

Friggens N.C., Blanc F., Berry D.P., Puillet L. Review: Deciphering animal robustness. A synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. Animal, 11, 2237-2251. https://doi.org/10.1017/S175173111700088X

Ganiere J.P., Andre-Fontaine G., Drouin P., Faye B., Madec F., Rosnere G., Fourichon C., Wang B. Tillon J.P., 1991. L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en élevage. INRA Prod. Anim., 4, 247-256. https://doi.org/10.20870/productions-animales.1991.4.3.4339

Gidenne T., Fortun-Lamothe L., 2002. Feeding strategy for young rabbits around weaning: A review of digestive capacity and nutritional needs. Anim. Sci., 75, 169-184. https://doi.org/10.1017/S1357729800052942

Gidenne T., García J., Lebas F., Licois D., 2010. Nutrition and feeding strategy: interactions with pathology. In book: Nutrition of the Rabbit. de Blas C., Wiseman J. (Eds). 10, 179-199 CAB International. https://doi.org/10.1079/9781845936693.0179

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.

Gidenne T., Fortun-Lamothe L ;, Huang Y., Savietto D. 2023. Cuniculture biologique ou au pâturage: systems, réglementation, performances technico-économiques. 19èmes Journ. Rech. Cunicole Fr., Le Mans, France, 22-23 mars.

Gohier C., Menini F.X., Salaün J.M., Bourdillon A., Perdriau A. 2017. Effets de l'utilisation d'acides organiques en solution buvable sur les performances de croissance et la mortalité de lapins en engraissement. 17èmes Journ. Rech. Cunicoles, Le Mans, 21 et 22 novembre 2017, 4pp

Gotti V., Manoli C., Dedieu B., 2021a. Work organization and integrated management of animal health: What connections do they have? ISWA, 2nd Intern. Symp. Work in Agriculture: Thinking the future of work in agriculture, Clermont-Ferrand, France.

Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., 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. Front. Genet., 9, 467.

Halfon N., Larson K., Lu M., Tullis E., Russ E., 2014. Lifecourse Health Development: Past, Present and Future. Matern. Child Health J., 18, 344-365.

Huang Y., Breda J., Savietto D., Debrusse A-M., Bonnemère J.M., Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L. 2021. Effect of housing enrichment and type of flooring on the performance and behavior of female rabbits. World Rabbit Sci., 29, 275-285.

Hue-Beauvais C., Miranda G., Aujean E., Jaffrezic F., Devinoy E., Martin P., Charlier M. 2017. Diet-induced modifications to milk composition have long-term effects on offspring growth in rabbits. J. Anim. Sci. 95:761–770.

Laclef E., Savietto D., Warin L., Huang Y., Bonnemère J.M., Combes S., Gidenne T., Fortun-Lamothe L., 2021. Part-time group housing if familiar rabbit does in large partitioned space: effects on performance and behaviour. 12th World Rabbit Congress, 3-5 November 2021, Nantes, France.

Lanning D., Sethupathi P., Rhee K.J., Zhai S.K., Knight K.L., 2000. Intestinal microflora and diversification of the rabbit antibody repertoire. J. Immunol., 165, 2012-2019.

Licois D., 2009. Pathologie d'origine bactérienne et parasitaire chez le lapin : apports de la dernière décennie. In Proc. 13ème Journ. Rech. Cunicole, 17-18 novembre 2009. Le Mans, France

Martinez-Paredes E., Nicodemus N., Pascual J.J., Garcia J. 2022. Challenges in rabbit doe feeding, including the young doe. World Rabbit Science, 30:13-34.

Rödel H.G., Bautista A., Hudson R., 2008. Why do heavy littermates grow better than lighter ones? A study in wild and domestic European rabbits. J. Phys. Behav., 95, 441-448.

Roumet A., Uzureau A., Favé M.C., Gidenne T., Leray M., Orain P., Theau-Clement M., Thomas S., Weber S., 2021. Élever des lapins Bio : Guide éleveur.se.s, 44 pp, https://www.produire-bio.fr/articles-pratiques/un-guide-technique-pour-lelevage-de-lapins-bio/

Round J., Mazmanian S. 2009. The gut microbiota shapes intestinal immune responses during health and disease. Nat. Rev. Immunol., 9, 313-323.

Savietto, D., Friggens, N.C. & Pascual, J.J. 2015. Reproductive robustness differs between generalist and specialist maternal rabbit lines: the role of acquisition and allocation of resources. Genet Sel Evol 47, 2 (2015). https://doi.org/10.1186/s12711-014-0073-5

Schneider D., Ayres J., 2008. Two ways to survive infection: what resistance and tolerance can teach us about treating infectious diseases. Nat. Rev. Immunol., 8, 889-895.

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., 2020. Genetic parameters of resistance to pasteurellosis using novel response traits in rabbits. Gen. Sel. Evol., 52, 14 p.

Suzuki K., 2018. The developing world of DOHaD. J. Dev. Orig. Health Dis., 9, 266-269.

Szendrö Z., Trocino A., Hoy S., Xiccato G., Villagrá A., Maertens L., 2019. A review of recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does. World Rabbit Sci., 27, 1-14.

Tillon J.P., 1980. Épidémiologie des maladies du porc liées à l'élevage intensif. Journ. Rech. Porcines en France, 361-380.

Maîtriser les récidives de VHD dans les élevages cunicoles français : premiers enseignements du projet SURVRECI

Huneau-Salaün A.[1*], Guillou-Cloarec C[1], Thomas R[1], Dusseux J[1], Poulain G[1], Chastagner A[2], Gillet E[3], Le Gall-Reculé G. [1], Le Bouquin S.[1]

[1] Anses, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort, BP 53, 22440 Ploufragan, France
[2]ITAVI, 41 rue de Beaucemaine, 22440 Ploufragan, France
[3]CLIPP, Interprofession du lapin, 75009 Paris, France
* correspondant : adeline.huneau@anses.fr

Résumé - Chaque année, environ un tiers des cas de maladie hémorragique virale du lapin (VHD pour « Viral Hemorrhagic Disease », ou RHD pour « Rabbit Hemorrhagic Disease ») recensés en France surviennent dans des élevages cunicoles ayant déjà subi la maladie dans les trois années précédentes. Maîtriser la récurrence de la VHD constitue donc un objectif clé pour limiter l'impact de la maladie sur la filière cunicole. L'étude SURVRECI, associant l'Anses, l'ITAVI, le CLIPP et les groupements cunicoles, vise àréduire le nombre de récidives de VHD en élevage en renforçant les mesures de gestion des foyers et en améliorant les connaissances sur l'épidémiologie de la maladie due au génotype RHDV2 via l'analyse génomique des souches de virus isolées. Entre décembre 2021 et octobre 2022, six élevages atteints plusieursfois de VHD depuis 2018 ont été suivis pour réaliser une évaluation de l'efficacité de la décontamination des installations vis-à-vis du virus, recenser les mesures de prévention mises en œuvre et dresser un bilan de la vaccination des femelles contre la VHD. Les résultats montrent la présence résiduelle de génome viral après décontamination dans quatre des six élevages, au niveau du système d'évacuation des déjections et/ou du bac d'équarrissage, suggérant la nécessité de renforcer les protocoles de nettoyage et désinfection de ces installations. L'analyse phylogénétique des souches de RHDV2 de trois de ces élevages en récidive montre que les virus isolés sont proches d'autres virus retrouvés dans d'autres élevages ou dans la faune sauvage. L'analyse des souches virales isolées de plusieurs foyers successifs dans deux élevages entre 2019 et 2021 a par ailleurs confirmé qu'il s'agissait à chaque épisode de maladie de l'introduction d'un nouveau virus et non du maintien dela souche virale initiale. Les investigations de terrain, couplées avec les analyses génomiques, vont être poursuivies jusqu'à fin 2023 avec l'objectif d'enquêter une quinzaine d'élevages en situation de récidive de VHD et au moins autant d'élevages atteints de VHD avant 2018 mais demeurés indemnes depuis. Les pratiques observées dans les élevages récidivants seront comparées à celles des élevages indemnes depuis plusieurs années, afin d'identifier des points à maîtriser pour éviter les récidives.

Mots clé : épidémiologie / maladie hémorragique virale / lapin / décontamination

Abstract – Recurrence of Rabbit haemorrhagic disease outbreaks in French rabbit farms: first results of an epidemiological survey. One third of the Rabbit haemorrhagic disease (RHD) outbreaks in France occur on rabbit farms previously infected by the disease. Recurring outbreaks are a main feature of the RHD epidemiology in France. In order to prevent reoccurring outbreaks, an epidemiological survey has been set up comparing biosecurity practices and RHD prevention measures on farms frequently affected by RHD outbreaks with farms previously affected in 2018-2019 but with no recurrence of the disease. To date, six farms with recurring outbreaks and two farms without RHD recurrence have been studied. First results show that RHDV viral genome were still detected on environmental samples after cleaning and disinfection of premises in four outof six farms with recurring RHD outbreaks. Improvement of cleaning and disinfection procedures are needed, especially for the rendering container. Phylogenetic analysis of RHD viruses isolated on successive outbreaks on the same two farms showed no direct relationship between viral isolates, suggesting successive introductions of different viruses. The epidemiological survey will be completed by recruitment of new farms in 2023.

Introduction

La maladie hémorragique virale du lapin (VHD) est un problème sanitaire majeur pour la filière cunicole française depuis l'apparition d'un nouveau génotype de lagovirus, nommé RHDV2, en 2010 (Le Gall- Reculé et al., 2011). Le développement de vaccins spécifiques du RHDV2 a permis une maîtrise partiellede la maladie mais l'impossibilité économique de vacciner les lapins d'engraissement dans les élevages limite le contrôle de la maladie. Ainsi, le dispositif de surveillance de la VHD, mis en place par la filière cunicole en 2018, a montré une incidence d'environ 21,7 foyers pour 100 élevages entre le 01/07/2018 et le 31/12/2019 (Huneau-Salaün et al.,2022). De plus, 35% des foyers recensés en 2019 sont survenus dans des élevages ayant déjà été atteints en 2018. L'existence d'élevages avec plusieurs foyers successifs de VHD avait déjà été rapportée dans l'étude rétrospective menée sur les cas entre 2013 et 2017 en France (Huneau-Salaün et al., 2021). Une situation similaire est également soulignée en Espagne, les élevages à foyers multiples représentant une part importante des cas recensés (Rossel et al., 2019). Ces observations démontrent l'importance des élevages en situation de récidive dans l'épidémiologiede la VHD à l'échelle d'une filière. Maîtriser les récidives est donc prioritaire pour réduire l'impact sanitaire de la VHD. L'étude SURVRECI, associant l'Anses, l'ITAVI, le CLIPP et les groupements cunicoles, vise à réduire le nombre de récidives de VHD en renforçant les mesures de gestion des foyers et en améliorant les connaissances sur l'épidémiologie de la maladie. L'étude, débutée en septembre 2021 pour trois ans, comprend notamment un volet d'enquête épidémiologique et un volet d'analyse phylogénétique des souches virales retrouvées dans ces foyers. Cet article présente les résultats obtenus en2022 sur ces deux volets et les premiers enseignements pratiques de l'étude.

1. L'étude épidémiologique dans les élevages récidivistes

1.1. Méthodologie d'étude

L'étude épidémiologique se découpe en deux actions. La première est le suivi de la gestion de foyers de VHD dans des élevages ayant été atteints plusieurs fois par la maladie depuis 2018. Ces élevages, dits « récidivistes », sont signalés par les vétérinaires et groupements cunicoles participant à l'étude lorsqu'un nouveau foyer de VHD s'y déclare. Deux visites y sont réalisées pour récolter des informations sur les pratiques de biosécurité, la manifestation de la VHD et les mesures mises en place pour prévenir la maladie. La première visite, conduite durant l'épisode de VHD, permet de réaliser un bilan sérologique sur 14 femelles (sept femelles en première mise-bas et sept femelles multipares) par le dosage des anticorps totaux contre le RHDV-2 afin d'évaluer la qualité de la vaccination. L'excrétion de virus est recherchée au moyen d'écouvillons rectaux pris sur ces femelles.Des prélèvements d'environnement par chiffonnage sont aussi réalisés afin d'identifier les surfaces positives vis-à-vis du génome de RHDV2 (Huneau- Salaün et al., 2021). Les mêmes prélèvements sont répétés lors de la seconde visite après décontamination de l'élevage pour évaluer la qualité du nettoyage et de la désinfection. La recherche de génome viral sur les écouvillons rectaux et les prélèvements environnementaux est réalisée à l'aide d'une RT-PCR temps réel spécifique du RHDV2 (Le Gall-Reculé et al., 2017) à partir de 10 µL d'ARN totaux utilisés au pur et dilués au 1/10 dans de l'eau sans RNAse pour chaque échantillon. Les ARN ontété préalablement extraits à partir de 200 µL de surnageant d'éluat de reprise de chiffonnette ou d'écouvillon à l'aide du kit NucleoMag Vet kit (Macherey-Nagel) dans un automate KingFisher Flex™ (Thermo Fisher Scientific).

La seconde action de l'étude épidémiologique repose sur un dispositif cas-témoin comparant les pratiques de biosécurité et de gestion des foyers de VHD entre ces élevages en récidive et des élevages n'ayant connu qu'un seul foyer de VHD avant 2018 et demeurés indemnes depuis (témoins). Dans les élevages témoins, une visite est réalisée comprenant le questionnaire de biosécurité et de prévention de la VHD, les prélèvements environnementaux et sur les femelles.

Au moment de la rédaction de cet article, six élevages récidivistes et deux élevages témoins ont été intégrés dans l'étude épidémiologique. Les élevages en situation de récidive ont connu deux à cinq foyers de VHD depuis 2017, atteignant les lapins d'engraissement essentiellement. Dans ces six élevages, les femelles étaient vaccinées contre la VHD alors que la vaccination en engraissement n'était pas systématique. Les deux élevages témoins ont connu un foyer de VHD en 2018 ou en 2019. La comparaison statistique des pratiques n'étant pas possible sur un petit nombre d'élevages, de premiers résultats descriptifs sont présentés par la suite.

1.2. Efficacité de la décontamination

Dans les élevages récidivistes, la présence de génome de virus RHDV-2 était détectable avant décontamination selon les élevages aux niveaux dubac d'équarrissage, du sol de la salle d'élevage ou du sas sanitaire, du circuit d'aération du bâtiment et du système d'évacuation des déjections (Tableau 1). Après décontamination, aucune trace résiduelle de génome viral n'a été retrouvée dans deux élevages. Dans trois élevages, des prélèvements positifs vis-à-vis du génome de RHDV-2 ont été obtenus dans le bac d'équarrissage insuffisamment décontaminé. Dans deux élevages, du génome viral était détectable

au niveau du système d'évacuation des déjections, encore souillé par des matières fécales. Enfin, destraces résiduelles de virus ont été détectées dans le circuit d'air qui était déjà positif avant décontamination dans un élevage. L'ensemble de ces observations viennent confirmer celles précédemment réalisées après la décontamination d'élevages atteints de VHD, à savoir la persistance de traces de virus jusqu'à six mois après désinfection au niveau du bac d'équarrissage (Huneau-Salaün et al., 2021). L'analyse des protocoles de décontamination mis en œuvre permettra d'identifier d'éventuels points d'amélioration.

Tableau 1 : Détection de génome de RHDV2 dans des élevages atteints de VHD avant et après nettoyage et désinfection N&D (6 élevages)

	Négatif	Positif	Zone positive
Cas-1	14	5	
avant N&D	4	5	sol bâtiment et sas, racleur, bac équarrissage
après N&D	10	0	
Cas-2	15	5	
avant N&D	5	4	admission air, sol de la salle, racleur et bac
après N&D	10	1	bac équarrissage
Cas-3	9	1	
après N&D	9	1	racleur
Cas-4	20	2	
avant N&D	9	1	bac équarrissage
après N&D	11	1	bac équarrissage
Cas-5	12	8	
avant N&D	4	5	filet brise-vent, sol élevage et sas, bac
après N&D	8	3	brasseur d'air, abords sortie fumier, bac
Cas-6	19	3	
avant N&D	8	3	sol élevage, congélateur, bac équarrissage
après N&D	11	0	

1.3. Qualité de la vaccination

Les bilans sérologiques sont disponibles dans quatre élevages récidivistes et deux élevages témoins. Des taux d'anticorps anti-RHDV-2 élevés et homogènes ont été observés dans quatre élevages (troisrécidivistes et un témoin), montrant une couverture vaccinale satisfaisante. Dans deux élevages (un récidiviste et un témoin), deux lapines sur 14 ne présentaient pas d'anticorps détectables. Il s'agissait dans les deux cas de femelles en première mise-bas, qui n'ont jamais eu de rappel vaccinal après le schéma initial d'immunisation. L'absence d'anticorps pourrait s'expliquer par un défaut de vaccination initiale. Ces premiers résultats suggèrent que la vaccination initiale n'est peut-être pas totalement maîtrisée dans certains élevages.

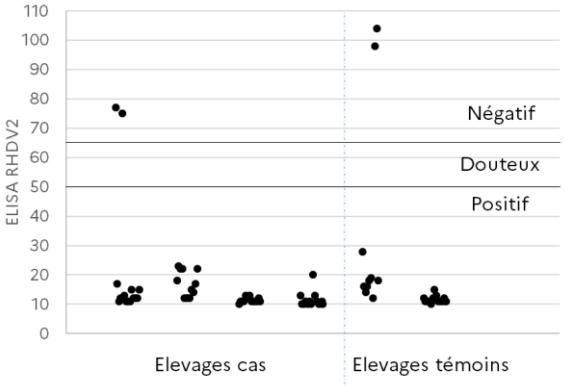


Figure 1 : Dosages d'anticorps totaux anti-RHDV-2 des femelles reproductrices vaccinées contre la VHD dans quatre élevages à récidive de VHD et deux élevages sans récidive (témoins) – les résultats sont exprimés en ¨E/N%, selon une méthode adaptée kit ELISA VHD2 (Code 78751) du laboratoire IZLER (OIE)

1.4. Excrétion virale chez les femelles vaccinées

Aucune excrétion virale n'a été détectée sur les femelles dans cinq élevages récidivistes et les deux élevages témoins. Dans le dernier élevage en récidive, une excrétion virale a été détectée sur 7 des 14 femelles prélevées au moment du foyer de VHD (1ère visite) ; les lapines excrétrices (quatre en premièremise-bas, trois multipares) étaient toutes vaccinées et ne présentaient aucun signe clinique de VHD. Elles avaient été transférées trois semaines plus tôt de la salle d'engraissement infectée vers une nouvelle salle (élevage mené en tout plein – tout vide). Afin devérifier l'éventualité d'une persistance de l'excrétion, une série de prélèvements a été réalisée trois semainesaprès, sur d'autres femelles de la même bande. Ils ont montré que deux animaux sur vingt, des femelles en troisième mise-bas, excrétaient du génome viral alors qu'aucun signe de VHD n'était rapporté en maternité ou en engraissement (non vacciné). Une nouvelle série de prélèvements, sur les mêmes femelles que la deuxième série, a montré l'absence d'excrétion unmois plus tard.

La détection de génome viral sur les écouvillons ne signe pas nécessairement l'excrétion de virus infectieux. Cependant, les observations dans cet élevage montrent que des femelles vaccinées et sans symptôme peuvent produire des fèces potentiellement infectantes, alors qu'elles sont hébergées dans uneautre salle que les lapins malades. L'infection transitoire des femelles pourrait être liée à une exposition à la même source de virus que les lapins malades ou à un défaut de biosécurité entre les deux stades de production. Elle pourrait mener àl'exposition des lapereaux sous la mère à des fèces

infectantes. Bien que cette situation soit peu courante dans les élevages suivis, les prélèvements par écouvillonnage rectal vont être poursuivis dans l'enquête pour tenter de l'objectiver.

2. L'analyse phylogénétique des virus RHDV2

2.1. Méthodologie

Pour chaque échantillon de foie, les ARN totaux sont extraits à partir de 100 µL d'exsudat comme décrit précédemment. Une partie du génome viral (2387 pb) incluant legène codant la protéine de capside VP60 est amplifié par RT-PCR à l'aide de deux amorces spécifiques des lagovirus pathogènes et non pathogènes et du kit SuperScript™ III One-Step Platinum Taq HiFi (Invitrogen). L'ADN purifié et quantifié des produits PCR est séquencé comme décrit dans Le Gall-Reculé et al. (2017). Les séquences du gène VP60 obtenues sont alignées avec celles des RHDV et RHDV2 français obtenues à l'Anses depuis l'apparition de la VHD (virus issus de la faune sauvage et d'élevages cunicoles). Les relations phylogéniques entre les séquences sont estimées à l'aide de la méthode de Neighbor-Joining avec le logiciel MEGA 5.05.

2.2. Introductions multiples de virus sur plusieurs années

L'analyse phylogénique des souches de RHDV2 de trois élevages en récidive montre que les virus isolés ne diffèrent pas de ceux retrouvés dans d'autres élevages ou dans la faune sauvage. Ce résultat confirme l'absence d'une lignée de RHDV2 spécifique aux élevages en récidive.

Les analyses phylogéniques montrent aussi que les séquences des RHDV2 isolés lors des différents foyers qui ont eu lieu entre 2019 et 2021 pour les deux élevages qui ont pu être analysés sont toutes différentes. Pour un élevage, hormis deux séquences très proches correspondant à des virus récoltés en 2021 à deux mois d'intervalle et dans deux bâtiments différents, les séquences des virus récoltés début et fin 2019 se placent dans deux autres groupes génétiques révélant des liens de parentés distants entre les virus. Pour le second élevage, même si les deux RHDV2 analysés présentent une parenté génétiquerelativement proche, la séquence du virus récolté près de trois ans avant le foyer de début 2022 est différente. Ainsi pour ces deux élevages, les foyers de VHD qui se sont succédés pendant trois ans sont tous dus à de nouvelles introductions virales.

Perspectives sur la suite du projet

Les premiers résultats obtenus montrent l'importance d'un programme de décontamination complet pour la gestion des foyers de VHD dans les élevages récidivistes. Des défauts de maîtrise de la vaccination et la potentielle excrétion de virus par des femelles sans signe clinique de VHD pourraient avoir un effet sur le risque de récidive. Ces aspects vont être approfondis par le suivi de nouveaux élevages récidivistes et non récidivistes durant 2023. De même, les premières conclusions concernant les introductions successives de différents virus au sein des élevages récidivistes seront étayées par l'analyse de virus issus du suivi de ces nouveaux élevages.

Remerciements

Les auteurs remercient les éleveurs, les groupements cunicoles, les vétérinaires de la SNGTV et les laboratoires d'analyses vétérinaires qui ont fournis les échantillons de foie de lapins d'élevage étudiés (Labofarm, Labovet-conseil), le laboratoire Inovalys-Angers pour l'envoi des échantillons de foie de lapins de garenne et de lièvres pour lesquels le RHDV2 a été diagnostiqué, l'Office Français de la Biodiversité (OFB) qui contribue au financement des travaux de suivi de l'évolution génétique des lagovirus de la faune sauvage (convention de recherche OFB/Anses CNV-REC-2019-06). Le projet SURVRECI est financé par le CASDAR dans le cadre de la convention n° 09 21 005056 relative au programme d'expérimentation ou d'élaboration de méthodes et d'outils d'aide à la décision.

Références

Le Gall-Reculé G., et al., 2011. Detection of a new variant of rabbit haemorrhagic disease virus in France. Vet. Rec. 168: 137-138.

Le Gall-Reculé G., et al., 2017. Large-scale lagovirus disease outbreaks in European brown hares (*Lepus europaeus*) in France caused by RHDV2 strains spatially shared with rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). Vet. Res., 48:70.

Huneau-Salaün A., et al, 2022. Etudes épidémiologiques rétrospectives sur la maladie hémorragique virale RHDV-2 dans les élevages cunicoles en France entre 2013 et 2018. Journées de la recherche cunicole,

Huneau-Salaün A., et al, 2022. Bilan de la surveillance de la maladie hémorragique virale du lapin dans les élevages cunicoles en France depuis la création d'un réseau de surveillance en 2018. Bulletin épidémiologique Santé-alimentation, 95-01, 2022.

Huneau-Salaün et al., 2021. Evaluation of cleaning and disinfection procedures in rabbit farms affected by rabbit haemorrhagic disease, in France. In 12th World Rabbit Congress, November 3-5, Nantes, France. C 23.

Rossel et al., 2019. Myxomatosis and Rabbit Hermorrhagic Disease: a 30-year study of the occurrence on commercial farms in Spain. Animals, 9, 780, doi:10.3390/ani9100780.

Liste des auteurs

Amroun Thilali, 82–85
André Flavie, 17–20
Aymard Patrick, 51–58, 137–150

Baillard Amélie, 7–11
Bannelier Carole, 59–62
Barré Claude, 76–80
Beaumont Martin, 39–44, 51–58, 86–90
Boucher Samuel, 157–166
Bretaudeau Antoine, 63–67
Bébin Karine, 51–58

Caillaud Laura, 45–49, 68–72
Cauquil Laurent, 137–141
Chapuis Hervé, 146–150
Charlier Madia, 82–85
Chastagner Amélie, 7–11, 167–170
Chiron Pierre, 2–6
Cholet Sophie, 86–90
Colin Michel, 45–49, 68–72
Combes Sylvie, 39–44, 51–58, 86–90, 137–141 157–166

Daoudi Zerrouki Nacira, 91–96
Davoust Chantal, 17–20, 73–75, 102–107
Debrusse Anne-Marie, 51–58
Delarue Jacques, 45–49
Demars Julie, 146–150
Derbez Floriane, 102–107
Despeyroux Manon, 118–123
Doré Antoine, 2–6, 98–101
Douhard Frédéric, 125–136
Ducos Alain, 125–136
Duperray Joël, 51–58
Dusseux Justine, 167–170

Faillat Ombeline, 59–62
Fenaille François, 86–90
Fetiveau Manon, 118–123
Fillon Valérie, 118–123, 125–136
Fortun-Lamothe Laurence, 2–6, 26–37, 98–101 118–123, 125–136
Fourdin Simon, 12–16

Gallino-Visman Sophie, 98–101
Garreau Hervé, 137–150
Gayrard Cécile, 63–67
Gidenne Thierry, 21–37, 51–67
Gilbert Hélène, 125–136, 142–150
Gillet Emilie, 7–11, 102–107, 142–145, 167–170
Girard Nathalie, 98–101
Goby Jean Pierre, 59–62
Gombault Pascale, 63–67
Guene Grand Emeline, 73–75
Guené-Grand Emeline, 17–20, 51–58
Guezenec Aurélie, 45–49
Guilloteau Laurence, 157–166
Guillou-Cloarec Cécile, 167–170
Gunia Mélanie, 125–136, 142–145, 157–166

Helies Virginie, 86–90, 137–150
Herbert Caroline, 142–145
Herry Florian, 151–155
Hoste Hervé, 63–67
Huang Yayu, 21–37
Huneau Adeline, 167–170
Hurtaud Jacques, 151–155

Knudsen Christelle, 86–90

Labrune Yann, 146–150
Lamothe Laurence, 51–58, 102–107, 157–166
Larzul Catherine, 137–141
Launay Claire, 17–20, 73–75
Le Bouquin Sophie, 167–170
Le Gall-Reculé Ghislaine, 167–170
Le Graverand Quentin, 146–150
Le Minous Anne-Emmanuelle, 45–49
Lille-Laroucau Claude, 86–90
Lombard Sarah, 21–25
Ly Pauline, 118–123

Manoli Claire, 157–166
Martin Patrice, 82–85
Maupin Mickaël, 142–145, 151–155
Menini François-Xavier, 102–107, 113–117
Mignon-Grasteau Sandrine, 125–136
Miranda Guy, 82–85
Moreno-Romieux Carole, 125–136

Paccanelli Marine, 86–90
Palacios Clarisse, 45–49, 68–72
Paës Charlotte, 51–58
Pedro Vincent, 12–16
Poli Marie, 137–141
Poli Maryse, 86–90
Poulain Gilles, 167–170
Prigent Anne-Yvonne, 45–49, 68–72
Puterflam Julie, 7–11

Raffin Jennifer, 108–112
Rebours Gwénaël, 51–58, 76–80, 108–112
Renevey Marie, 137–141
Reys Sophie, 108–112
Riquet Juliette, 146–150
Robert Raphaël, 76–80, 151–155
Rousset Nathalie, 12–16
Roy Philippe, 76–80
Ruer Typhanie, 151–155
Ruesche Julien, 86–90, 137–150
Rumeau Mathilde, 86–90
Rupp Rachel, 125–136

Sautier Marion, 125–136
Savietto Davi, 21–37, 118–123, 125–136, 142–145, 157–166
Souchet Christophe, 102–107

Thomas Rodolphe, 167–170
Travel Angélique, 7–11

Van Lissum Marion, 45–49
Vastel Pamela, 108–112
Venot Eric, 86–90

Warin Laura, 7–11, 102–107, 142–145

Zecchin William, 17–20
Zemb Olivier, 137–141, 146–150
Zerrouki-Daoudi Nacira, 82–85

JRC
JOURNÉES DE LA RECHERCHE CUNICOLE

Avec le partenariat privilégié de

SANDERS

TECHNA
La Nutrition et plus encore

wisium
NUTRITION & BEYOND

Edité par l'ITAVI sous le numéro ISBN : 978-2-902112-96-8