

SUIVI DE L'EXCRETION DES COCCIDIES DANS DIFFERENTS SYSTEMES D'ELEVAGE INTERIEURS OU EXTERIEURS PAR COPROSCOPIE ET DEVELOPPEMENT D'UNE TECHNIQUE DE BIOLOGIE MOLECULAIRE

Fillon V.¹, Fève K.¹, Bannelier C.¹, Robert M.¹, Moirez-Charron J.¹, Robic A.¹, Gunia M.¹

¹ GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, 31326 Castanet-Tolosan, France

*Auteur correspondant : valerie.fillon@inrae.fr

Résumé – La coccidiose est un frein à l'élevage de lapins à l'extérieur car elle peut entraîner des troubles digestifs (diarrhées), des retards de croissance et de la mortalité. Il est donc crucial de maîtriser cette maladie. Le suivi de l'excrétion des ookystes s'effectue habituellement par coproscopie, avec un comptage du nombre d'ookystes dans les fèces et une identification des espèces présentes au microscope. Cette méthode ne permet de traiter qu'un nombre limité d'échantillons par jour. Dans l'optique de pouvoir phénotyper l'excrétion des ookystes chez un grand nombre de lapins pour de futures études de résistance génétique à la coccidiose, nous avons développé un outil de biologie moléculaire d'identification des neuf espèces de coccidies digestives. Pour cette étude, nous avons eu l'opportunité de suivre l'excrétion des coccidies de jeunes lapins issus du même troupeau, sevrés à 35 jours et conduits selon des modalités différentes et contemporaines : 120 lapins en 40 cages polyvalentes ; 120 lapins en parc extérieur de 500 m² ; 32 lapins en 4 groupes de 8 lapins en parcs extérieurs de 50 m². La morbidité totale et la mortalité ont été enregistrées. Des coproscopies ont été réalisées pour avoir une première approche des quantités d'ookystes et des espèces présentes. Puis les mêmes échantillons ont été analysés en PCR. L'extraction de l'ADN a été développée avec un kit utilisant des billes de céramique lyser mécaniquement les ookystes, et des billes magnétiques pour fixer l'ADN. Cette méthode est compatible avec l'utilisation d'un automate d'extraction et permet de traiter 32 échantillons de fèces en parallèle. Des amorces PCR spécifiques des neuf espèces de coccidies digestives du lapin ont été validées (*E. coecicola*, *E. exigua*, *E. flavescens*, *E. intestinalis*, *E. irresidua*, *E. magna*, *E. media*, *E. perforans*, *E. piriformis*). L'excrétion des coccidies a été plus forte sur les animaux élevés à l'extérieur, avec une plus grande diversité d'espèces identifiées au microscope ou par PCR. En moyenne, l'excrétion pendant la période d'élevage a été de 0 OPG (ookystes par gramme) à 517 OPG en bâtiment, et de 0 à 34450 OPG en élevage extérieur. Seulement deux espèces ont été observées en bâtiment (*E. media* et *E. perforans*). En extérieur, des *E. flavescens*, *E. exigua*, *E. piriformis*, *E. intestinalis*, *E. coecicola* ont été également détectées. La méthode de détection des coccidies par PCR est prometteuse, mais la cohérence entre les observations directes et les résultats de la PCR doit être améliorée.

Abstract – Monitoring of coccidia excretion in indoor and outdoor farming systems by coproscopy and development of a molecular biology technique.

Coccidiosis is an obstacle to outdoor rabbit farming systems because it can lead to digestive disorders (diarrhoea), growth delay, and mortality. It is therefore crucial to control this disease. Monitoring the excretion of oocysts is usually carried out by coproscopy, counting the number of oocysts in the faeces and identifying the species under the microscope. This method can only process a limited number of samples per day. With a view to phenotyping oocyst excretion in a large number of rabbits for future studies of genetic resistance to coccidiosis, we have developed a molecular biology tool for identifying the nine species of digestive coccidia. For this study, we had the opportunity to monitor coccidia excretion in young rabbits from the same herd, weaned at 35 days of age and kept in different contemporary conditions: 120 rabbits in 40 multi-purpose cages, 120 rabbits in a 500 m² outdoor parks, 32 rabbits in 4 groups of 8 rabbits in 50 m² outdoor parks. Total morbidity and mortality were recorded. Coproscopies were carried out to get the quantities of oocysts and present species. The same samples were then analyzed by PCR. DNA extraction was developed with a kit using ceramic beads to mechanically lyse the oocysts, and magnetic beads to bind the DNA. This method is compatible with the use of an automatic extraction machine, and enables 32 faecal samples to be processed in parallel. PCR primers specific to the nine species of rabbit digestive coccidia have been validated (*E. coecicola*, *E. exigua*, *E. flavescens*, *E. intestinalis*, *E. irresidua*, *E. magna*, *E. media*, *E. perforans*, *E. piriformis*). Coccidia excretion was higher in animals kept outdoors, with a greater diversity of species (identified microscopically or by PCR). On average, excretion during the rearing period ranged from 0 OPG (oocysts per gram of faeces) to 517 OPG in buildings, and from 0 to 34450 OPG in outdoor rearing. Only two species were observed in buildings (*E. media* and *E. perforans*). Outdoors, *E. flavescens*, *E. exigua*, *E. piriformis*, *E. intestinalis* and *E. coecicola* were also

detected. The PCR method for detecting coccidia is promising, but the consistency between direct observations and PCR results needs to be improved.

Introduction

Les pressions sociétales pour l'interdiction de l'élevage en cage (Commission Européenne, 2021) ont conduit à une évolution des modes de logement des lapins et au développement d'alternatives à la cage, telles que l'élevage en courettes, en parcs au sol en intérieur et en parcours extérieurs. Ces modes d'élevage augmentent le risque parasitaire, notamment les coccidioses (Gidenne et al., 2022).

Les coccidioses chez le lapin sont dues à des coccidies du genre *Eimeria* (protozoaires). Leur biologie et leur cycle sont connus (Pakandl, 2009). Les ookystes sporulent après leur excrétion, et résistent plusieurs mois voire plusieurs années dans le sol. Onze espèces infestant le lapin ont été décrites (dix à tropisme digestif, une à tropisme hépatique). Certaines sont non pathogènes comme *ou E. coecicola* ou peu pathogènes, comme *E. perforans* (peu d'effet ou légère baisse du GMQ uniquement); d'autres sont très pathogènes, comme *E. flavescens*, *E. intestinalis* ou pathogènes comme *E. magna*, *E. irresidua*, *E. media* *E. piriformis* et entraînent de la mortalité, des diarrhées ou une baisse du gain de poids moyen quotidien (GMQ). Les lapereaux sont généralement contaminés au nid par leur mère et présentent des symptômes après le sevrage, à l'âge de 4 ou 5 semaines (Boucher et al., 2013). Les lapins élevés à l'herbe ou en cage peuvent aussi être contaminés par les ookystes sporulés présents sur le pâturage ou le sol. Les lapins en croissance sont les plus touchés, ce qui a des conséquences importantes sur leur santé, leur mortalité et le revenu de l'éleveur. En grandissant, le lapin s'immunise naturellement et ne présentera plus de signes cliniques de coccidiose, même s'il peut rester porteur. Aucun vaccin contre la coccidiose n'est disponible actuellement sur le marché pour le lapin.

Historiquement, le risque parasitaire était réduit par l'utilisation de cages au sol grillagé (ce qui évite au lapin d'être en contact avec les déjections) et surtout par l'utilisation de coccidiostatiques dans l'alimentation à titre préventif (robénidine, diclazuril). Leur forte utilisation a conduit il y a quelques années à l'apparition d'une résistance à la robénidine chez certaines coccidies, comme *E. magna*, *E. media* et *E. perforans* (Licois et al., 2008). Par ailleurs, leur utilisation en prévention est interdite en élevage sous certification Agriculture Biologique, et la réglementation d'utilisation des antibiotiques est en révision, avec l'interdiction possible de tous les antimicrobiens dans l'aliment (Ordonnance n° 2022-414 du 23 mars 2022). De fait, l'évolution de la réglementation et le développement de nouveaux modes d'élevage remettent en avant la nécessité de disposer de moyens alternatifs de lutte contre les parasites internes en général. Dans le cadre d'une gestion intégrée de la santé et de la reconception de

systèmes d'élevage, des animaux plus résistants sont nécessaires. C'est un enjeu touchant à la fois la santé des animaux et leur bien-être.

Chez les poules, il existe une résistance génétique à la coccidiose (Pinard-van der Laan et al., 2003). Des lignées divergentes ont été créées, et de fortes variations de résistance entre lignées ont été observées. Les héritabilités de caractères de résistance à la coccidiose (sous infestation expérimentale) varient entre 0,08 et 0,30 pour des caractères de mortalité, croissance, et hématocrite. Des QTL de résistance ont aussi été détectés. Concernant le lapin, peu de littérature scientifique existe sur un éventuel déterminisme génétique de la résistance à la coccidiose. Une étude avec infestation expérimentale à *E. magna* (de Rochambeau et al., 2006) a montré un effet paternel significatif sur la résistance à cette coccidie (mesurée par un critère combinant GMQ et mortalité), suggérant une possible variabilité génétique. Mais aucune étude génétique n'a été menée sur ce caractère, dont l'héritabilité est encore inconnue.

Pour étudier la variabilité génétique de la résistance ou de la tolérance à une espèce donnée de coccidies et ensuite utiliser ce caractère dans les programmes de sélection, un critère simple, mesurable sur un grand nombre d'individus est nécessaire. Nous souhaitons pouvoir phénotyper un grand nombre d'individus pedigrees (excrétion d'ookystes, croissance, signes cliniques). Nous avons besoin de développer à des fins de recherches, une méthode qui permettrait de caractériser l'excrétion des ookystes de plusieurs centaines d'individus afin de faire des études d'héritabilité.

L'excrétion des ookytes est classiquement étudiée par la réalisation de coproscopies avec un examen direct au microscope optique. Cette méthode est très efficace, mais ne permet pas de traiter de grands nombres d'échantillons en parallèle. Une méthode par PCR (Polymerase Chain Reaction) recherchant spécifiquement le matériel génétique des coccidies est envisageable. Des tests PCR permettant d'identifier les 11 espèces d'*Eimeria* connues chez le lapin (Olivera et al., 2011, Yan et al., 2013) ont déjà été proposées. Ces tests ne sont pas utilisés en routine, car ils ne permettent pas de quantifier l'excrétion. De plus, ils sont onéreux et nécessitent un équipement de pointe.

Cette étude exploratoire avait donc pour objectif de suivre l'excrétion des coccidies à la fois en coproscopie et en PCR. Une méthode de biologie moléculaire d'identification des différentes espèces de coccidies et permettant le traitement de nombreux échantillons a été développée. Nous avons eu l'opportunité de suivre l'excrétion des coccidies de jeunes lapins issus du même troupeau de lapines, enrôlés dans deux protocoles contemporains et conduits selon des modalités contrastées.

Modalités	Protocole 1		Protocole 2
	Cages	Mobigarenne 1	Mobigarenne2 : Parcs 1,2,3,4
Hébergement	40 cages 40x90 cm	4 parcs de 2 m ² avec 1 enclos ext. de 500 m ²	4 parcs de 2 m ² indépendants avec 4 enclos ext de 50 m ² chacun
Effectifs	120 lapins	120 lapins	32 lapins en 4 groupes de 8
Densité	1200 cm ² /lapin	667 cm ² /lapin int., 4,17 m ² /lapin ext.	2500 cm ² /lapin int., 6,5 m ² /lapin ext.
Type génétique	Hyplus Optima x PS119	Hyplus Optima x PS119	Par groupe : 6 Hyplus Optima x PS119 et 2 Hyplus Optima x INRAE 1777
Traitement	Aucun	Lapigest de 35 à 41j	Lapigest de 35 à 41j Toltrazuril 7mg/kg à 35-36j puis 50-51j Suivi individualisé
Vaccination 29j	Filavac myxo et VHD k c+v	Filavac myxo et VHD k c+v	Filavac myxo et VHD k c+v
Vaccination 60j	Non	Filavac var k	Filavac var k
Aliment	STABI GREEN Rationnement en paliers	STABI GREEN 85g/kg/j ajusté chaque semaine Foin + herbe <i>ad libitum</i>	STABI FIBRE 85g/kg/j ajusté chaque semaine Foin + herbe <i>ad libitum</i>

Tableau 1 : Dispositif expérimental et conduite des animaux.

1. Matériel et méthodes

1.1. Dispositif expérimental

Nous avons tiré parti de deux protocoles concomitants se déroulant sur l'Installation Expérimentale (IE GenPhySE, INRAE, 2023) impliquant des lapins en croissance (nés le 25 mars 2024) issus du même troupeau de lapines (Hyplus Optima en 2^{ème} mise-bas) et sevrés à 35 jours. Les sexes ratio étaient équilibrés. Le tableau 1 présente en détail ces protocoles et la conduite des animaux.

Le protocole 1 (génétique moléculaire) impliquait 240 lapereaux issus de 33 lapines. Les portées ont été réparties dans deux modalités de logement : 120 lapins en bâtiment dans des cages polyvalentes (groupe Cages) et leurs 120 frères et sœurs élevés en extérieur en un seul groupe (groupe Mobigarenne 1). Ces animaux ont été élevés en conditions agronomiques.

Le protocole 2 (éthologie) impliquait 32 lapereaux issus de 7 lapines et répartis-en 4 parcs (numérotés de 1 à 4) de 8 lapins (2 croisés INRA1777 + 6 croisés PS119). Chaque sous-groupe était composé de 4 frères et sœurs, et de 4 jeunes de mères différentes. Chaque groupe disposait d'un parc indépendant avec un enclos extérieur (groupe Mobigarenne 2). Pour les besoins du protocole d'éthologie, la survie et la santé de ces lapins (non destinés à la chaîne alimentaire) a été potentialisée par des traitements préventifs anticoccidiens réguliers et des traitements curatifs en cas de besoin.

1.2. Mesures zootechniques

La morbidité (toutes causes confondues) et la mortalité ont été enregistrées de 35 à 70 jours. Tous les lapins ont été pesés à 35 et 70 j. Les lapins des groupes de la Mobigarenne 2 ont été pesés chaque semaine.

1.3. Coproscopie

Les fèces de lapins ont été collectés dans des sachets quatre fois (à 43j, 50j, 70j et 78j) pour chaque groupe. Pour permettre la sporulation des ookystes, les échantillons ont été placés à 25°C, sachet ouvert, pendant au moins 3 jours.

L'analyse a été faite par la méthode de flottaison et dénombrement avec une lame de Mc Master. Pour les lapins en extérieur, il n'a pas été possible de collecter de grandes quantités de fèces nécessaires à la représentativité optimale du lot. La méthode de référence (Coudert et al., 1995) a donc été adaptée. Pour bien homogénéiser chaque échantillon, le contenu de chaque sachet a été broyé avec un mixeur de cuisine. Pour les parcs de 8 animaux, 5 g de fèces ont été mélangés avec 70 mL d'une solution de NaCl saturée (360g/1L d'eau), puis filtrés et analysés au microscope à l'objectif X20. L'analyse a été faite 3 fois par échantillon pour améliorer la représentativité, le résultat final étant une moyenne des trois répliquas. Pour les groupes de 120 lapins, la même méthode a été appliquée mais à partir de 30 g de fèces. L'identification des espèces a été faite selon les critères de diagnose définis par Coudert *et al.* (1995).

1.3. Méthode PCR

Des échantillons de 150mg de poudre de fèces ont été broyés à l'aide d'un broyeur à billes (RETSCH Mixer Mill MM 400) pendant deux sessions de 5 minutes à une fréquence de 30 Hertz pour effectuer une lyse des cellules et des noyaux, suivie d'une centrifugation pour précipiter les débris. Les étapes de purification de l'ADN ont ensuite été effectuées dans le robot MagnetaPure32 (Dutcher) et le et le Kit NucleoMag® DNA Microbiome de MACHEREY-NAGEL.

Pour les tests PCR nous avons utilisé les couples d'amorces précédemment décrits par Olivera *et al.* (2011) pour 9 espèces de coccidies digestives. Les produits d'amplification ont été visualisés par électrophorèse sur gel d'agarose.

1.4. Analyses statistiques

Les animaux concernés par l'étude étant enrôlés dans des protocoles très différents, la présence de nombreux biais (effectifs, densités, suivi sanitaire), et l'absence de répliqua font que nous présentons uniquement des résultats exploratoires qualitatifs. Toutefois, la croissance des lapins du protocole 1 (Cages vs Mobigarenne 1), a été comparée avec un test de Fisher d'égalité des variances, suivi par un test de Student de comparaison de moyennes.

2. Résultats et discussion

2.1. Résultats zootechniques

La mortalité a été de 0,83% pour les 120 lapins en cage (1 lapin euthanasié suite à une fracture), 15% pour la mobigarenne 1 (15 morts de VHD, 3 de troubles digestifs), et 9,38% pour les 32 lapins de la mobigarenne 2 (2 morts de VHD). Elle a été plus importante à l'extérieur en raison d'un épisode de VHD qui a frappé le troupeau malgré la vaccination. La morbidité a été faible : 0,83% pour le groupe Cages (un lapin avec abcès) ; 2,5% en mobigarenne 1 (2 lapins blessés, 1 avec abcès) ; 9,3% en mobigarenne 2 (3 lapins avec un début de diarrhées). L'incidence des troubles digestifs a donc été faible. A 70 jours, les lapins en cage étaient significativement plus lourds (+155g) que leurs frères en mobigarenne 1 (2439 g versus 2284 g, $P < 0.001$) soit des GMQ respectivement de 39,28 et 34,70 g/j de 35 à 70 jours d'âge. En raison d'un mélange des types génétiques pour les lapins des quatre groupes de la mobigarenne 2, leurs poids n'ont pas été comparés. Ils pesaient en moyenne 2330 g à 70 j pour un GMQ de 36,12 g/j de 35 à 70 jours d'âge. La croissance des animaux a été satisfaisante et en accord avec nos mesures précédentes en mobigarenne (Fetiveau *et al.*, 2021).

2.2. L'excrétion des ookystes

Les lapins élevés en cage ont excrété bien moins d'ookystes (maximum 517 OPG à 43 jours) que leurs frères de la mobigarenne 1 (pic à 11600 OPG à 70 jours). Pour la mobigarenne 2, l'excrétion à 50 jours a été la plus forte (8400 à 34450 OPG selon les parcs), malgré un traitement préventif avec du Toltrazuril réalisé de 35 à 36 jours (Figure 1).

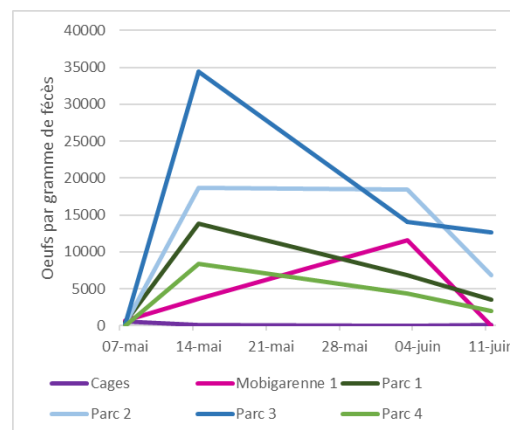


Figure 1 : Courbes d'excrétion des ookystes pour les différents groupes.

L'identification des espèces a révélé des différences entre les lapins en bâtiment et les lapins à l'extérieur. Pour les lapins en cage, nous avons identifié deux espèces d'*Eimeria* : *E. media* et *E. perforans*. Concernant les lapins à l'extérieur, le nombre d'espèces a augmenté progressivement. A 42 jours d'âge, on relevait une majorité d'*E. media* (62%) et d'*E. perforans* (37%) et quelques rares *E. exigua* et *E. magna*. A 50 jours, les populations de coccidies étaient largement diversifiées avec la présence de 9 espèces : *E. perforans* (8 à 85%), *E. media* (5 à 30%), *E. flavescens* (3 à 6%), et quelques *E. intestinalis*, *E. piriformis* et *E. coecicola*. A 70 jours, *E. magna* (12 à 82%), *E. perforans* (5 à 23%), *E. media* (6 à 16%) et *E. flavescens* (0 à 19%) étaient les espèces le plus souvent observées (Figure 2).

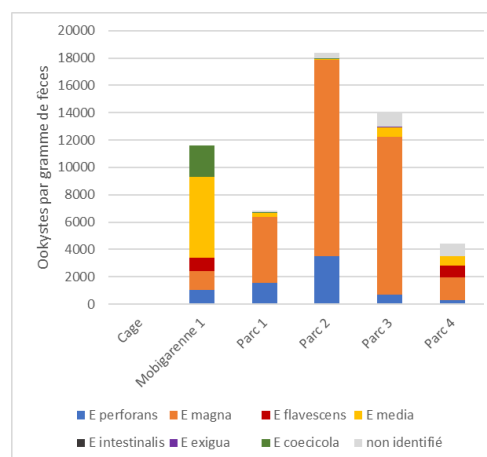


Figure 2 : Nombre et proportion des espèces de coccidies excrétées à 70 jours pour les différents groupes.

Il est habituellement admis que les lapereaux peuvent être contaminés par leur mère (Boucher et Nouaille, 2013). Mais l'apparition d'une grande diversité d'espèces sur les lapins en mobigarenne évoque également une contamination par l'environnement extérieur avec des espèces que nous ne rencontrons pas en bâtiment. La présence de lapins de garenne à

proximité est probablement responsable de cette contamination.

Trois lapins du parc 2 ont commencé à avoir de la diarrhée à 66 jours. Une coproscopie individuelle sur l'un des malades a révélé un niveau d'excrétion à 71300 OPG (89% *E. perforans*, 6% *E. magna*, 3,6% *E. media*, 0,8% *E. exigua*) alors que la moyenne du groupe était à 18400 OPG, suggérant un possible début de coccidiose. Un traitement individuel à l'aide de 60 mg/Kg PV de Triméthoprime/sulfadiméthoxine durant 5 jours a été réalisé. Les lapins ont guéri sans préjudice pour leur croissance. Le fait que ces lapins malades étaient des frères et sœurs pourraient être en faveur d'une sensibilité familiale (de Rochambeau *et al.*, 2006) ou de la présence d'une maladie digestive contagieuse. Pour les lapins de la Mobigarenne 1, malgré un niveau d'excrétion très bas, nous avons trouvé un individu avec de la diarrhée et des niveaux d'excrétion très importants (693000 OPG), en faveur de la suspicion d'une coccidiose.

Pour un même lieu de vie, il y a donc une variabilité individuelle de l'excrétion, voire de la sensibilité.

2.3. Développement de la méthode PCR

Nous avons validé une méthode d'extraction d'ADN génomique automatisée permettant de traiter un grand nombre d'échantillons grâce à l'utilisation d'un robot. Le fait de pouvoir travailler sans passer par une étape d'enrichissement en ookystes, nous permettra d'envisager ultérieurement une approche quantitative. Les résultats de l'amplification par PCR nous ont permis de déterminer quelles espèces d'*Eimeria* étaient présentes dans l'échantillon, en fonction de la présence ou de l'absence de produits d'amplification (Figure 3).

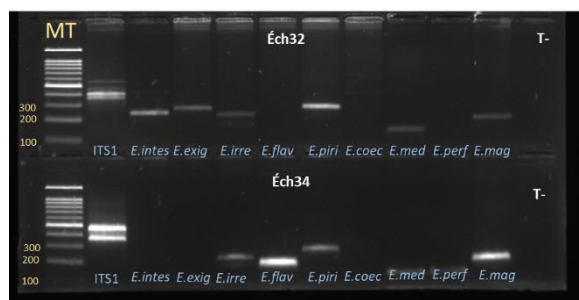


Figure 3 : Electrophorèse de 2 échantillons amplifiés par PCR pour les 9 couples d'amorces spécifiques *Eimeria*.

Echantillons	Nb Coccid.	E.intestinalis	E.irresidua	E.flavescens	E.piriformis	E.coecicola	E.media	E.perforans	E.magna	E.exigua
Cages 35j	517									
Mbg 1 35j	750									
Groupe 1 35j	400									
Groupe 2 35j	250									
Cages 42j	117									
Groupe 3 42j	34450									
Groupe 4 42j	8400									
Mbg 1 63j	11600									
Groupe 1 63j	6850									
Groupe 4 63j	4400									
Groupe 1 70j	3550									
Groupe 2 70j	6900									
Groupe 3 70j	12600									

Figure 4 : Comparaison des résultats obtenus en coproscopie (jaune) et en PCR (bleu). Les cases en vert représentent les espèces détectées par les deux techniques.

L'utilisation en parallèle des deux techniques (PCR et coproscopie) montre une meilleure concordance quand les nombres d'ookystes sont importants (Figure 4). Certaines incohérences pourraient être dues à des erreurs d'identification au microscope, notamment pour les espèces très semblables (*E. coecicola*, *E. irresidua*, *E. media*) (Coudert *et al.*, 1995), une présence très faible de l'espèce *E. exigua*, une défaillance de la PCR pour certains échantillons, ou une mauvaise représentativité du prélèvement de fèces. La PCR est une méthode coûteuse (8,15€/échantillon, sans compter la main d'œuvre et les infrastructures de pointe). Elle est pour l'instant réservée à la recherche.

Conclusions

Notre étude a confirmé que les conditions de vie en extérieur entraînent une excrétion plus importante d'ookystes et exposent les lapins à des espèces de coccidies que leurs mères n'excrétaient pas. En complément des analyses coproscopiques, nous avons développé une méthode d'extraction d'ADN des ookystes automatisée. La PCR ne permet pas de quantifier les ookystes, cependant, couplée à l'analyse coproscopique, elle pourrait être prometteuse pour obtenir rapidement la liste des espèces présentes lors du traitement d'un nombre important d'échantillons. La cohérence entre l'identification par observations directes et par PCR doit être améliorée.

Remerciements

Nous remercions les techniciens de l'installation expérimentale de GenPhySE.

Références bibliographiques

- Boucher, S., Nouaille, L., 2013. Maladies des lapins. Editions France Agricole, 3^e éd. pp. 356.
- Commission Européenne, 2012. Communication from the commission on the European Citizens' Initiative (ECI) "End the Cage Age". <https://ec.europa.eu/transparency/documents->

[register/api/files/C\(2021\)4747_0/090166e5df30600f?rendition=false](https://register.api/files/C(2021)4747_0/090166e5df30600f?rendition=false)

- Coudert, P., D. Licois et F. Drouet-Viard, 1995. *Eimeria* species and strains of rabbit in COST. 89/820. Biotechnology: guidelines on techniques in Coccidiosis research, edited by J. Eckert, R. Braun, M. W. Shirley et P. Coudert. Office for Official. Publications of the European Communities, Luxembourg.
- IE GenPhySE, INRAE, 2023. Installation expérimentale sur les ovins et les lapins, consultable à <https://doi.org/10.17180/ftvh-x393>.
- 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.
- Licois, D. Marlier, D. Pathologies infectieuses du lapin en élevage rationnel. *INRA Prod. Anim.*,2008, 21 (3), 257-268
- Rochambeau (de) H, Licois D, Gidenne T, Verdelhan S, Coudert P, Elsen JM. Genetic variability of the resistance for three types of enteropathy in the growing rabbit. *Livest Sci.* 2006;101:110–5.
- Oliveira U.C., Fraga J.S., Licois D., Pakandl M., Gruber A., 2011. Development of molecular assays for the identification of the 11 *Eimeria* species of the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Vet Parasitol. Elsevier B.V.* 176:275–80.
- Pakandl M., 2009. Coccidia of rabbit: a review. *Folia Parasitol.* 56:153–66.
- Pinard-van der Laan M-H, Lillehoj H.S., Zhu J.J., 2003. Genetic resistance and transmission of avian parasites. IN: *Poultry Genetics, Breeding and Biotechnology*. CABI Publishing.
- Yan W., Wang W., Wang T., Suo X., Qian W., Wang S., et al., 2013. Simultaneous identification of three highly pathogenic *Eimeria* species in rabbits using a multiplex PCR diagnostic assay based on ITS1-5.8S rRNA-ITS2 fragments. *Vet Parasitol. Elsevier B.V.*193:28