

# La coccidiose chez les poulets domestiques : revue sur les stratégies de prévention et de contrôle

Rahul AVI<sup>1</sup>, Jean-Michel REPERANT<sup>2</sup>, Françoise I. BUSSIERE<sup>3</sup>, Anne SILVESTRE<sup>3</sup>, Jean-François LE ROUX<sup>1</sup>, David MOREAUD<sup>4</sup>, Javier GONZALEZ<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Nuproxa, 3 Rue Jean Rostand, 22440, Ploufragan, France

<sup>2</sup>ANSES, Laboratoire de Ploufragan-Plouzané, 22440, Ploufragan, France

<sup>3</sup>INRAE, Université de Tours, UMR ISP, 37380, Nouzilly, France

<sup>4</sup>Feed-consult, 44630, Plessé, France

<sup>5</sup>Nuproxa Switzerland, 1163, Etoy, Switzerland

Courriel : rahul.avi@nuproxa.ch, francoise.bussiere@inrae.fr

■ La coccidiose aviaire entraîne des pertes économiques importantes dans l'industrie avicole mondiale. Avec la croissance de la production avicole, il est indispensable d'enrichir les stratégies actuelles de lutte contre cette maladie et d'explorer de nouvelles approches pour la combattre. Cette revue fournit une évaluation globale des méthodes récentes, y compris l'usage des anticoccidiens, les vaccinations et des alternatives utilisant des produits phytogéniques, pour contrôler et prévenir cette parasitose.

## Introduction

L'aviculture est l'un des secteurs agricoles dont la croissance est la plus rapide, et qui contribue de manière significative aux ressources alimentaires mondiales (Mottet & Tempio, 2017). Au cours des dernières décennies, l'aviculture s'est considérablement développée grâce aux progrès génétiques et techniques (Cardoso *et al.*, 2002). Néanmoins, le secteur est aujourd'hui confronté à de nouveaux défis, notamment la nécessité de maintenir des pratiques de production durables et éthiques compte tenu des différentes dimensions de la durabilité : économique, environnementale et sociale (Rocchi *et al.*, 2019). Le système de production intensive, caractérisé par des densités élevées avec un grand nombre d'oiseaux, entraîne des niveaux

de stress accrus et une augmentation des maladies aviaires (Kumar & Patyal, 2020 ; Gržinić *et al.*, 2023).

L'une des nombreuses maladies graves qui entravent et menacent la productivité des volailles notamment chez les poulets est la coccidiose, causée par des parasites protozoaires. Les coccidies affectent principalement le tube digestif de nombreuses espèces de mammifères et d'oiseaux, avec des conséquences allant d'infections asymptomatiques à la mort de l'animal. La coccidiose est une maladie répandue dans l'industrie de la volaille (poulets de chair, pondeuses, reproducteurs), avec des conséquences économiques majeures (Allen & Fetterer, 2002 ; Peek & Landman, 2011 ; Noack *et al.*, 2019). Le secteur de la volaille subit les effets négatifs des maladies, tels que l'augmentation des dépenses de vaccination/prévention, de décontamination,

la biosécurité et les mesures de contrôle, la réduction des revenus de l'ensemble des acteurs de la filière (Allen & Fetterer, 2002 ; Abebe & Gugsu, 2018). Les coccidies peuvent également contribuer à la propagation d'autres maladies telles que la mycoplasmosse, l'entérite nécrotique et la colibacillose. Dans les cas graves, certaines espèces de ces parasites peuvent entraîner des taux de mortalité élevés (Zhang *et al.*, 2013). Blake *et al.* (2020) ont calculé les dépenses mondiales (dépenses de santé et manque à gagner) pour la prévention, le traitement et les mesures de contrôle de la coccidiose en extrapolant les impacts économiques de huit pays (Brésil, États-Unis, Guatemala, Inde, Égypte, Nigéria, Royaume-Uni, Nouvelle-Zélande). Les montants estimés varient entre 9,62 et 15,75 milliards d'euros (évaluation pour 2016). Ces chiffres incluent le coût des additifs coccidiostatiques administrés

dans l'alimentation des poulets de chair et futures pondeuses, les traitements curatifs avec des médicaments vétérinaires en cas d'échec de la prophylaxie et les manques à gagner dues à la mortalité, la morbidité, la diminution de la croissance, la réduction temporaire de la production d'œufs chez les pondeuses et le mauvais indice de consommation des poulets qui survivent à la maladie (Iraee et al., 2015).

L'utilisation intensive des anticoccidiens, qui augmente le développement de résistances, compromet leur usage à plus ou moins brève échéance. Ce phénomène, conjugué à la pression sociétale visant à réduire l'utilisation des anti-infectieux et antiparasitaires, a conduit à la recherche d'alternatives, notamment la vaccination, les produits phyto-géniques, les acides organiques, les immunomodulateurs, les glucides, les probiotiques, les prébiotiques et les désinfectants à activité oocysticide (Agunos et al., 2017 ; Blake et al., 2021). La vaccination est une stratégie relativement peu utilisée en Europe (Noack et al., 2019 ; Blake et al., 2020 ; Attree et al., 2021). Par ailleurs, les mesures de gestion et de biosécurité ne peuvent pas éviter complètement les infections à *Eimeria*. Il est donc indispensable d'augmenter la résistance des hôtes et de réduire les effets négatifs de ces

infections sur le bien-être et les performances des oiseaux. À cet égard, les interventions nutritionnelles à base de substances phyto-géniques peuvent favoriser la santé intestinale et donc atténuer les effets néfastes de la coccidiose sur la santé, améliorant ainsi le bien-être animal et la productivité des volailles (Peek & Landman, 2011 ; Santos et al., 2022).

Cette étude présente un état de l'art concernant la coccidiose chez les poulets, et décrit les récentes stratégies intégrées de contrôle qui sont appliquées comme les bonnes pratiques de gestion, les additifs coccidiostatiques, la vaccination et l'utilisation de produits phyto-géniques.

## 1. La coccidiose chez les poulets

### ■ 1.1. Définition

La coccidiose est la maladie parasitaire la plus fréquente chez les poulets, causée par des protozoaires intracellulaires du genre *Eimeria*. La coccidiose est une maladie fortement contagieuse qui provoque des problèmes intestinaux et cœcaux graves dans cette espèce. Cette maladie se caractérise par une malabsorption et une entérite, ainsi que par

une diminution des performances avec une augmentation de l'indice de consommation, une dégradation de la qualité de la litière, une diminution du bien-être des animaux (augmentation des cas de pododermatites) et favorise le développement de l'entérite nécrotique causée par *Clostridium perfringens* (Noack et al., 2019 ; Blake et al., 2020, 2021).

### ■ 1.2. Étiologie

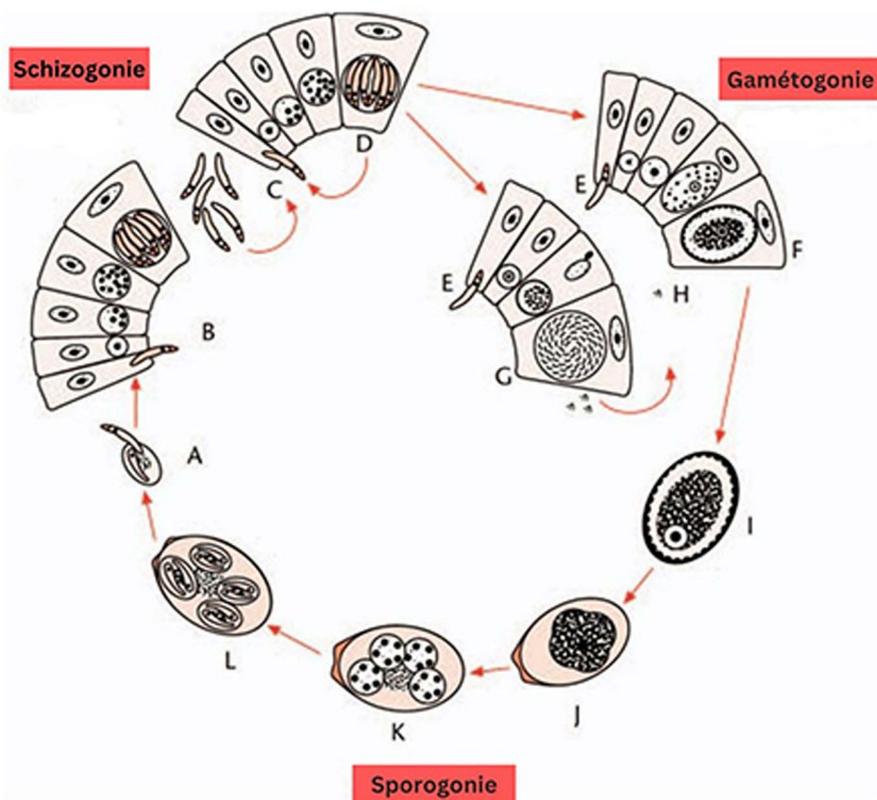
La coccidiose est une maladie intestinale résultant d'une infection par un protozoaire ubiquitaire causée par plusieurs espèces du genre *Eimeria*, des parasites apicomplexes très spécifiques de l'hôte (Attree et al., 2021). Sept espèces d'*Eimeria* sont reconnues comme prévalentes et capables d'infecter les poulets (*Gallus gallus domesticus*) : *E. acervulina*, *E. brunetti*, *E. maxima*, *E. mitis*, *E. necatrix*, *E. praecox* et *E. tenella* (Hafez, 2008 ; Attree et al., 2021). Toutes ces espèces d'*Eimeria* sont capables de causer la coccidiose chez les poulets. Parmi celles-ci, des espèces comme *E. brunetti*, *E. acervulina*, *E. maxima*, *E. necatrix* et *E. tenella* sont considérées comme les plus importantes en raison de leur niveau élevé de virulence (tableau 1), de leur présence répandue (à l'exception d'*E. necatrix*) et de leur impact économique significatif (El-Shall et al., 2022).

**Tableau 1. Immunogénicité et potentiel pathogène des espèces d'*Eimeria* de poulets (*Gallus gallus domesticus* ; d'après El-Shall et al., 2022).**

Espèces (l'ordre alphabétique)	Localisation intestinale	Pathogénicité*	Immunisation**	Nombre de cycles pour obtenir l'immunité protectrice
<i>E. acervulina</i>	Duodénum, jéjunum	++	++	2-3
<i>E. brunetti</i>	Iléon, cæca, rectum	+++	+++	1-2
<i>E. maxima</i>	Duodénum, jéjunum, iléon	++	+++	1
<i>E. mitis</i>	Duodénum, jéjunum	+	++	2-3
<i>E. necatrix</i>	Jéjunum, iléon, cæca	++++	+	4-5
<i>E. praecox</i>	Duodénum	+	+++	1
<i>E. tenella</i>	Cæca	++++	+	3-4

\* + faible ; ++ modérée ; +++ modérée à élevée ; ++++ élevée.

\*\* + faible ; ++ modérée ; +++ élevée.

Figure 1. Cycle de vie d'*Eimeria* spp. (Barta, 2001).

Les sporozoïtes (A) infectent les cellules épithéliales intestinales et réalisent une schizogonie (B) pour produire des schizontes. Les mérozoïtes sortent et infectent les cellules épithéliales intestinales adjacentes pour un nombre spécifique d'étapes schizogoniques (C-D). Après plusieurs étapes schizogoniques, les mérozoïtes commencent la gamétogonie (E) et produisent des macrogamétocytes (F) et des microgamétocytes, qui produisent des microgamètes flagellés (G). Un microgamète mobile (H) féconde un macrogamète mûr pour produire un zygote, qui est excréé dans les fèces sous la forme d'un oocyste non sporulé (I) et subit une sporogonie (I-L) dans l'environnement pour former un oocyste sporulé et infectieux (L) contenant quatre sporocystes contenant chacun deux sporozoïtes infectieux.

### ■ 1.3. Cycle de vie d'*Eimeria* spp.

Les protozoaires du genre *Eimeria* ont un cycle de vie complexe avec un niveau élevé de spécificité de tissu et d'hôte. Ce cycle implique une multiplication asexuée et une reproduction sexuée et est divisé en trois phases principales : schizogonie (gamogonie/mérogonie), gamétogonie (formation des gamètes pour la reproduction sexuée) et sporogonie (figure 1 ; McDougald *et al.*, 2020). La phase de sporogonie a lieu dans l'environnement externe, tandis que les phases de schizogonie et de gamétogonie ont lieu dans les cellules épithéliales de l'intestin de l'hôte (López-Osorio *et al.*, 2020).

Dans le cas des espèces d'*Eimeria*, chaque oocyste sporulé contient quatre sporocystes, chaque sporocyste contenant deux sporozoïtes (figure 2).

L'infection à *Eimeria* chez les poulets commence par l'ingestion d'oocystes sporulés provenant de sources contaminées par les fientes. Avant d'entrer dans la cellule, les sporocystes sont libérés par broyage dans le gésier puis, sous l'action d'enzymes digestives et notamment de la bile, les sporozoïtes excystent et envahissent les cellules épithéliales intestinales.

Les différentes espèces d'*Eimeria* ont une forte préférence pour des segments intestinaux spécifiques (tableau 1 ; Lai *et al.*, 2011). Afin de compléter leur cycle de vie, les espèces d'*Eimeria* chez les poulets doivent réaliser un nombre prédéterminé d'étapes de multiplication asexuée (schizogonie), généralement trois ou quatre, selon l'espèce. De nouveaux entérocytes sont envahis au cours de chaque phase. L'étape suivante du développement est sexuée et s'appelle la gamétogonie. La reproduction

sexuée du parasite implique la fécondation de macrogamétocytes par des microgamètes, issus des microgamétocytes, ce qui entraîne la formation de zygotes diploïdes. Les oocystes non sporulés sont émis dans l'environnement extérieur avec les fientes, et ils réalisent une méiose et deux mitoses pour produire des sporozoïtes infectieux (Walker *et al.*, 2013 ; Burrell *et al.*, 2020).

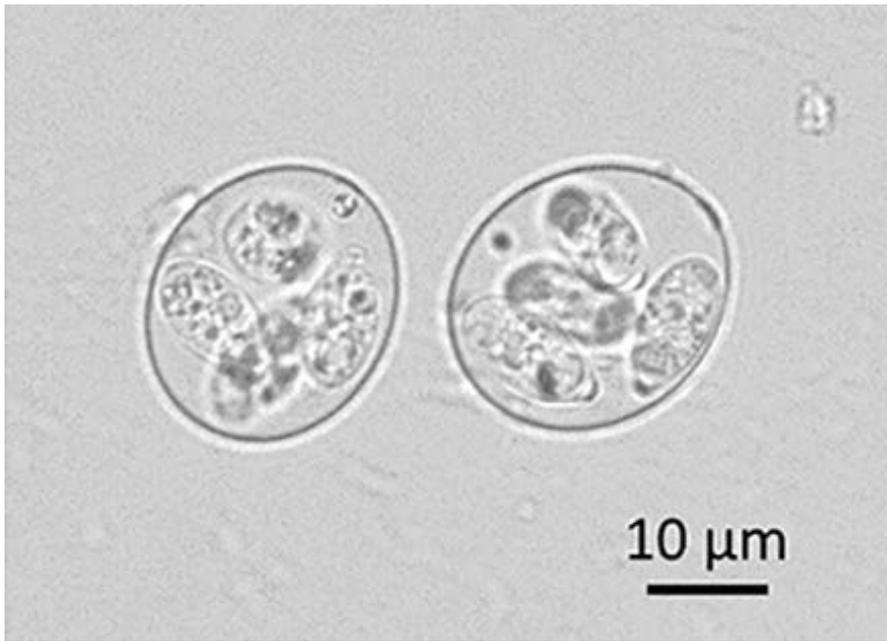
### ■ 1.4. Pathogénicité d'*Eimeria* spp.

L'impact pathogène des *Eimeria* augmente avec le niveau de contamination de la litière ou avec l'ingestion orale d'aliments, d'eau qui contiennent des oocystes sporulés infectieux (Réperant *et al.*, 2012 ; Gharekhani *et al.*, 2014). Les cellules épithéliales intestinales sont détruites par l'infection à *Eimeria*, ce qui peut réduire la stabilité intestinale des poulets en augmentant la perméabilité cellulaire, la fuite des nutriments et des protéines plasmatiques, la diminution de la digestion et de l'absorption des protéines (Chen *et al.*, 2020 ; Vieira *et al.*, 2020). La quantité d'oocystes ingérés détermine l'étendue des dommages au tube intestinal, affectant à la fois les cellules épithéliales et les communautés microbiennes du tractus gastro-intestinal. Cela peut favoriser le développement d'autres agents pathogènes nuisibles comme *Clostridium perfringens*, augmenter la sensibilité à d'autres maladies et peut conduire à des taux de mortalité plus élevés chez les poulets (Madlala *et al.*, 2021). L'invasion d'*Eimeria* peut entraîner un déséquilibre de la communauté microbienne intestinale. Ce déséquilibre microbien se caractérise par une diminution significative du nombre de bactéries bénéfiques et une augmentation des bactéries pathogènes, ce qui entraîne une perturbation de l'homéostasie de l'hôte (Ducatelle *et al.*, 2015 ; Madlala *et al.*, 2021).

### ■ 1.5. Symptômes de la coccidiose

La coccidiose du poulet peut se manifester sous une forme subclinique ou clinique. La gravité de la maladie dépend de divers facteurs tels que

**Figure 2.** Oocystes sporulés d'*Eimeria tenella* (crédit photo : A. Silvestre, INRAE).



l'espèce d'*Eimeria* en cause, la quantité d'oocystes, le potentiel infectieux des oocystes sporulés ingérés, l'âge, l'immunité, l'état général de l'hôte et les conditions de gestion de l'environnement (Abebe & Gugsu, 2018 ; Attree et al., 2021). Les volailles affectées peuvent présenter des signes de modifications comportementales, tels que le recroquevillement et l'ébouriffage des plumes, la déshydratation, et une diminution de la consommation d'aliments. De plus, les oiseaux peuvent également présenter des diarrhées hémorragiques avec sang frais ou sang digéré avec mucus (en particulier dans le cas d'infection par *E. tenella* et *E. necatrix*), ce qui augmente leur taux de mortalité (Crévieu-Gabriel & Naciri, 2001 ; El-Ghany, 2021). Les cas de coccidiose subclinique, qui peuvent passer inaperçus en raison de l'absence de signes cliniques spécifiques, présentent des lésions d'intensité modérée, un IC dégradé et un ralentissement de la croissance (Morris et al., 2007). L'intensité des lésions provoquées par les espèces d'*Eimeria* dans les différentes parties de l'intestin dépendent principalement de leur degré de pathogénicité. Ces lésions comprennent la nécrose, l'entérite hémorragique, les exsudats mucoïdes à sanglants, les hémorragies pétéchiales ou des pétéchies sans hémorragies des muqueuses et l'épaississement de la paroi intestinale (El-Ghany, 2021).

### ■ 1.6. Diagnostic

L'identification précise des espèces d'*Eimeria* est indispensable pour diagnostiquer et gérer la maladie (Carvalho et al., 2011). Les symptômes cliniques, la coprologie (détection de la présence d'oocystes), les analyses macroscopiques pour les lésions et histopathologiques (ou anatomopathologiques) pour l'analyse de coupes histologiques sont utilisés pour établir le diagnostic de la coccidiose. Les techniques traditionnelles de diagnostic des infections à *Eimeria* impliquent un diagnostic macroscopique et microscopique. Le diagnostic macroscopique est d'abord effectué en observant les signes cliniques chez les animaux infectés et en examinant les lésions macroscopiques après l'autopsie. En cas de doute sur les lésions, un diagnostic microscopique peut être effectué en vérifiant la présence d'éléments parasitaires (Conway & McKenzie, 2007).

## 2. La gestion intégrée de la santé pour lutter contre la coccidiose

La gestion intégrée de la santé est une approche coordonnée qui combine les connaissances et les pratiques pour améliorer, préserver ou retrouver

la santé d'animaux individuels ou du troupeau dans un système d'élevage. Elle implique un suivi régulier, l'évaluation des pratiques d'élevage et la mise en œuvre de stratégies visant à atteindre et à maintenir des conditions de santé optimales, dans le but ultime de minimiser le besoin des interventions médicamenteuses (Dumont et al., 2013 ; Fortun-Lamothe et al., 2022). Dans le contexte de la production avicole, cette approche s'étend à la lutte contre des maladies telles que la coccidiose chez les poulets, avec des stratégies holistiques combinant de bonnes pratiques de gestion, l'utilisation d'additifs coccidiostatiques, la vaccination et des stratégies alternatives telles que l'utilisation d'additifs phytogéniques. Ces approches visent à réduire la dépendance à l'égard des composés chimiques et à promouvoir un moyen durable et efficace de lutte contre la coccidiose pour les éleveurs. Il est essentiel de faire progresser la recherche en vue d'intégrer ces alternatives éprouvées dans un programme de contrôle complet, permettant aux éleveurs de gérer efficacement la coccidiose avec une dépendance minimale aux médicaments (Abbas et al., 2012). Dans cette partie, des stratégies intégrées de la santé pour lutter contre la coccidiose chez les poulets sont présentées.

### ■ 2.1. Gestion et biosécurité

La prévention de la coccidiose chez les poulets peut s'avérer difficile en raison de la nature très infectieuse du parasite. Les pratiques de gestion et de biosécurité doivent donc viser à empêcher son entrée dans l'exploitation ou, si le parasite est déjà présent, à minimiser sa propagation et son impact (Allen & Fetterer, 2002 ; Peek & Landman, 2011). Le nettoyage et la désinfection du bâtiment sont essentiels pour réduire la pression parasitaire environnementale. Afin d'éliminer les oocystes sporulés, différents agents désinfectants sont disponibles, notamment l'hydroxyde d'ammonium, dont l'efficacité maximale (100 % d'efficacité) a été observée à une concentration de 5 % (*E. tenella*), les produits à base de crésol (79 % d'efficacité), une combinaison de formol 37 % et de dodécylbenzène sulfonate

de sodium à 12 % (*E. tenella*), et une combinaison d'hydroxyde de calcium et de sulfate d'ammonium (40 kg d'hydroxyde de calcium, dans 500 l d'eau, et 80 kg de sulfate d'ammonium pour 500 m<sup>2</sup>; Peek & Landman, 2011).

L'infection par *Eimeria* chez les poulets peut être réduite en élevant les oiseaux sur des sols grillagés afin de limiter le contact avec leurs fèces. Cependant, cette méthode s'est avérée peu rentable dans la production de poulets de chair (Chapman & Jeffers, 2014). En outre, des pratiques telles que le maintien d'une litière sèche et une bonne ventilation dans les bâtiments contribuent à réduire la sporulation des oocystes dans l'environnement (Etuk *et al.*, 2004; Nawarathne *et al.*, 2021). Dans un système en plein air, il est difficile de gérer l'exposition aux agents pathogènes en raison des conditions environnementales imprévisibles. Pour limiter les risques, il est conseillé de nettoyer et de désinfecter les locaux entre chaque lot de poulets, de maintenir des conditions optimales dans les pâturages et d'effectuer une rotation des pâturages, ainsi que de surveiller étroitement les lots de poulets (Sossidou *et al.*, 2011; Jeni *et al.*, 2021).

Les stratégies nutritionnelles jouent un rôle à différents stades de l'évolution de la coccidiose. Elles influencent la sensibilité, l'infection, la pathogénèse et la récupération. En réponse à ces effets complexes, une série de stratégies nutritionnelles, y compris la supplémentation en acides aminés, vitamines, acides gras, prébiotiques et enzymes, peut être utilisée pour atténuer l'infection, soulager les symptômes et améliorer la croissance compensatoire après l'infection (Gómez-Osorio *et al.*, 2021). Une étude de Lee *et al.* (2011) a étudié l'impact des niveaux de protéines alimentaires (de 20 à 24 %) sur les poulets de chair vaccinés confrontés à la coccidiose. Ils ont constaté que l'augmentation du niveau de protéines améliorerait le gain de poids des poulets de chair et l'indice de consommation à 21 jours, quel que soit le statut de la vaccination. En outre, les poulets ayant reçu un régime à 24 % de protéines ont présenté moins de lésions intestinales après avoir été

exposés à l'*Eimeria*. Cependant, avant l'inoculation, les poulets vaccinés ont montré une légère diminution de la prise de poids et de l'indice de consommation par rapport aux poulets non vaccinés.

De plus, pour renforcer la réponse immunitaire des poulets contre *Eimeria* et contrôler la coccidiose, il est recommandé de minimiser l'exposition à des facteurs de stress tels que les températures élevées, la restriction alimentaire, les carences nutritionnelles et les fortes densités des oiseaux. Le contrôle de la coccidiose peut également être réalisé en réduisant la dispersion mécanique des oocystes d'*Eimeria* par le changement de litière et en contrôlant les invertébrés et les vermines (Williams, 1998; Attree *et al.*, 2021). Les intervenants doivent également changer de tenue avant de se rendre dans un bâtiment de volailles nouvellement construit afin d'éviter la propagation d'oocystes (Allen & Fetterer, 2002).

## ■ 2.2. Utilisation des anticoccidiens

L'utilisation de la prophylaxie pour lutter contre la coccidiose en production avicole est une pratique courante depuis 1948 (Chapman, 2009). Globalement, la chimioprophylaxie est utilisée pour prévenir la coccidiose chez les volailles en incluant différents additifs coccidiostatiques dans leur alimentation, qui empêchent la croissance et la réplication d'*Eimeria* spp. (Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015). Les additifs coccidiostatiques sont réglementés par la directive CE n° 1831/2003 et onze d'entre eux sont actuellement approuvés pour l'alimentation animale (tableau 2; Afssa, 2007; European Union, 2022). La plupart des anticoccidiens à large spectre ciblent les stades asexués du cycle de vie d'*Eimeria*, tandis que quelques-uns peuvent également agir sur ses stades sexués, et seul un petit nombre d'entre eux entrave les voies métaboliques chimiques d'*Eimeria* (Looker *et al.*, 1986; Kant *et al.*, 2013). Il existe deux types d'anticoccidiens : les ionophores et les produits chimiques de synthèse (Chapman, 1999; Allen & Fetterer, 2002). D'un point de vue réglementaire, la classification des anticoccidiens varie à travers le monde,

les ionophores étant classés comme additifs de l'alimentation animale en Europe et comme antibiotiques aux États-Unis (Chapman, 2001; Gilbert *et al.*, 2020).

Les premiers anticoccidiens ayant une véritable activité à large spectre (comme la nicarbazine), détruisent les parasites qui en sont encore aux premiers stades de développement dans les cellules épithéliales des villosités intestinales (Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015). Les ionophores ou antibiotiques polyéthers sont des composés liposolubles produits par la fermentation de *Streptomyces* spp. (monensin, narasin, salinomycine, lasalocide) ou d'*Actinomadura* spp. (maduramicine, semduramicine) et ont des propriétés anticoccidiennes qui ciblent les sporozoïtes et mérozoïtes mobiles présents dans la lumière intestinale (Chapman, 1997; Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015; Noack *et al.*, 2019). Les ionophores empêchent le transport des cations métalliques et perturbent le gradient naturel de concentration Na/K à travers les membranes cellulaires. Il en résulte une dégradation de l'intégrité membranaire, une augmentation de la concentration ionique (Na<sup>+</sup>) et de la pression osmotique, une élévation du pH intracellulaire, une inhibition de l'oxydation des substrats, une cytotoxicité entraînant une inhibition du développement des sporozoïtes (une fois qu'ils sont entrés dans les cellules) et finalement, la mort cellulaire (Antoszczak *et al.*, 2019; Chapman & Rathinam, 2022). Les antibiotiques polyéthers ionophores peuvent être classés en trois types en fonction de leur structure, de leur affinité pour les cations et de leur capacité de transport :

- i) les ionophores monovalents ayant une affinité pour les cations monovalents (tels que le monensin, le narasin et la salinomycine) ;
- ii) les ionophores glycosidiques monovalents sans affinité spécifique pour les cations monovalents ou divalents (tels que la maduramicine et la semduramicine) ;
- iii) les ionophores divalents ayant une affinité pour les cations divalents (tels

**Tableau 2.** Liste des 11 composés anticoccidiens utilisés chez les volailles autorisés comme additifs de l'alimentation animale dans l'UE (données issues de Hafez, 2008 ; Noack et al., 2019 ; Attree et al., 2021 ; European Union, 2022).

Noms des produits	Famille	Nom de la marque Société	Dose (ppm)	Période de retrait (jours)	Productions cibles
<b>Decoquate</b>	Synthétique	Deccox (Zoetis Belgium SA)	30	0	Poulet de chair
<b>Diclazuril</b>	Synthétique	Clinacox (Elanco GmbH)	1	0	Poulet de chair, Poule pondeuse
<b>Halofuginone</b>	Synthétique	Stenorol (Huvepharma)	2-3	5	Poulet de chair, Poule pondeuse
<b>Nicarbazine</b>	Synthétique	Nicarb (Phibro)	125	1	Poulet de chair
<b>Robenidine</b>	Synthétique	Robenz Cycostat (Zoetis Belgium SA)	33	5	Poulet de chair
<b>Lasalocide</b>	Ionophore divalent	Avatec (Zoetis Belgium SA)	75-125	5	Poulet de chair
<b>Monensin</b>	Ionophore monovalent	Elancoban (Elanco) Coxidin (Huvepharma)	100-125	1	Poulet de chair, Poule pondeuse
<b>Narasin</b>	Ionophore monovalent	Monteban (Elanco)	60-80	0	Poulet de chair
<b>Narasin + Nicarbazine</b>	Ionophore monovalent + Synthétique	Maxiban (Elanco)	80-100	0	Poulet de chair
<b>Salinomycine</b>	Ionophore monovalent	Sacox (Huvepharma)	44-66	0	Poulet de chair, Poule pondeuse
<b>Semduramicine</b>	Ionophore glycosidique monovalent	Aviax (Phibro)	25	5	Poulet de chair
<b>Amprolium</b>	Synthétique	Coxam Huvepharma)	125	0	Poulet de chair, Poule pondeuse
<b>Monensin + Nicarbazine</b>	Ionophore monovalent + Synthétique	Monimax (Huvepharma)	40/40 – 50/50	0	Poulet de chair, Poule pondeuse

que le lasalocide ; Noack *et al.*, 2019 ; Nawarathne *et al.*, 2021).

Les additifs coccidiostatiques sont couramment utilisés pour prévenir le développement du parasite *Eimeria* chez les poulets, mais leur large utilisation a augmenté le risque de résistance. Certains additifs coccidiostatiques peuvent être moins efficaces au fil du temps, car les coccidies développent une résistance

croisée partielle à leur égard (Chapman, 1997 ; Abbas *et al.*, 2008). En outre, si les anticoccidiens sont arrêtés avant la période réglementaire minimale, les poulets peuvent redevenir vulnérables à l'infection. Dans ce contexte, de nouvelles alternatives pour les mesures de contrôle et de prévention, telles que les vaccins ou d'autres solutions, sont devenues nécessaires (Peek & Landman, 2011 ; Attree *et al.*, 2021).

### ■ 2.3. Vaccination

La vaccination est une pratique plus courante et une méthode efficace pour lutter contre la coccidiose aviaire. Elle peut être réalisée en pulvérisant le vaccin sur les aliments, en le mélangeant avec de l'eau, en pulvérisant une solution vaccinale aqueuse dans les couvoirs sur les poussins d'un jour (l'ingestion d'ocystes peut se produire lors

du lissage et par les yeux), et par la vaccination *in ovo* (McDougald *et al.*, 2020 ; Nawarathne *et al.*, 2021). La méthode la plus courante pour vacciner les poussins d'un jour dans les couvoirs contre les coccidies est l'utilisation d'une solution aqueuse par pulvérisation, qui a largement remplacé les autres modes de vaccination (Albanese *et al.*, 2018 ; Tensa & Jordan, 2019). La vaccination anticoccidienne est une mesure préventive qui confère aux oiseaux une immunité protectrice contre la coccidiose en réduisant la réplication du parasite et les symptômes cliniques en cas de contact avec *Eimeria* (Attree *et al.*, 2021).

Il est reconnu que pour la majorité des espèces d'*Eimeria*, une immunisation efficace des animaux ne se développe pas sur le terrain avant que les oiseaux n'aient subi un ou plusieurs cycles d'infection (tableau 1). Les vaccins anticoccidiens vivants disponibles sur le marché sont développés sur la base de ces observations (Attree *et al.*, 2021). Les poulets sont capables d'acquérir une immunité active pour se protéger contre les effets néfastes de la coccidiose aviaire (Nawarathne *et al.*, 2021).

#### a. Vaccins vivants

Les vaccins vivants sont constitués de souches atténuées ou non atténuées (virulentes ou sauvages) d'*Eimeria* (Quiroz-Castañeda & Dantán-González, 2015). L'utilisation de vaccins vivants est une méthode fiable pour prévenir la coccidiose. La vaccination avec une souche atténuée ou non atténuée d'*Eimeria* se fonde sur l'administration d'une dose de parasite inférieure à celle qui provoquerait les symptômes cliniques, ce qui permet de stimuler le développement de la réponse immunitaire de l'oiseau sans provoquer d'effets néfastes. Par conséquent, l'oiseau est protégé contre les infections futures et lorsqu'il excrète le parasite dans ses matières fécales, il infecte d'autres oiseaux avec une faible quantité de parasites, ce qui entraîne une faible intensité de l'infection. Cette immunité permet de prévenir les infections graves par la coccidiose (McDonald & Shirley, 2009 ; Soutter *et al.*, 2020).

Des vaccins vivants atténués contre la coccidiose peuvent être dévelop-

pés, en sélectionnant des souches précoces, ou des souches adaptées à l'œuf. Les souches précoces d'*Eimeria* se caractérisent par un potentiel répliatif réduit et un cycle de vie raccourci (diminution du nombre et/ou de la taille des stades mérogoniques au cours du développement endogène). Les souches adaptées à l'œuf peuvent être inoculées dans des œufs embryonnés au niveau de la membrane chorio-allantoïque, ce qui entraîne une réduction du potentiel pathogène initial (Shirley & Bedrník, 1997 ; Shivaramaiah *et al.*, 2014). Les vaccins vivants atténués contiennent des souches d'*Eimeria* ayant des périodes prépatentes plus courtes. Ils causent une infection légère avec des lésions intestinales minimales et induisent une réponse immunitaire protectrice (Shirley & Bedrník, 1997 ; Allen & Fetterer, 2002). Les vaccins vivants atténués ayant une capacité de reproduction inférieure à celle des vaccins non atténués, un plus grand nombre de poulets est nécessaire pour leur production. Par conséquent, les vaccins atténués coûtent généralement deux à six fois plus cher que les vaccins non atténués (Blake *et al.*, 2020).

Les vaccins vivants non atténués sont constitués d'une combinaison de souches d'*Eimeria* de type sauvage. Le nombre d'oocystes contenus dans ces vaccins est calculé de telle sorte qu'à la dose d'utilisation préconisée, aucun effet pathogène ne puisse être observé. L'utilisation de souches non atténuées comporte un risque d'introduction d'espèces rares, préalablement absentes et potentiellement dangereuses dans l'élevage, comme *E. brunetti* et *E. necatrix*. Ces souches potentiellement pathogènes, introduites par la vaccination, pourraient ensuite se multiplier en cas d'arrêt de la vaccination (Chapman, 2000 ; Attree *et al.*, 2021). Les vaccins non atténués (CocciVac, Advent, Immucox et Inovocox) ne sont pas autorisés dans l'Union européenne, tandis que dans d'autres parties du monde notamment aux États-Unis, ils sont largement utilisés (Chapman, 2000 ; Attree *et al.*, 2021).

#### b. Vaccins recombinants et vaccins sous-unitaires

En raison des limites de la chimio-prophylaxie et de la vaccination contre

*Eimeria*, les chercheurs travaillent au développement de nouvelles stratégies de contrôle, y compris des vaccins sous-unitaires et des vaccins recombinants (Song *et al.*, 2020 ; Attree *et al.*, 2021).

Les vaccins sous-unitaires comprennent des facteurs antigéniques purifiés obtenus à partir de différentes espèces d'*Eimeria*. Ils utilisent des techniques de recombinaison de l'ADN et contiennent des antigènes protecteurs ou des protéines recombinantes de différents stades du cycle de vie d'*Eimeria* (sporozoïtes, mérozoïtes et gamètes ; Shivaramaiah *et al.*, 2014 ; Ramalingam *et al.*, 2022). Un vaccin sous-unitaire appelé CoxAbic a été commercialisé précédemment, mais il n'est plus disponible et les recherches actuelles sur les vaccins sous-unitaires et recombinants contre *Eimeria* sont encore expérimentales et ne confèrent pas assez de protection (Song *et al.*, 2020 ; Attree *et al.*, 2021).

Des vaccins recombinants vectorisés, qui ne contiennent aucune espèce infectieuse de parasites vivants, ont été développés pour améliorer l'efficacité de la vaccination contre la coccidiose. Pour amplifier la réponse immunitaire du poulet, ces vaccins délivrent des antigènes immunogènes d'*Eimeria* spp. dans des vecteurs plasmidiques complémentaires (Fatoba & Adeleke, 2018). En général, les vecteurs utilisés pour administrer le vaccin sont atténués au cours du développement du vaccin pour qu'il soit sécurisé pour l'hôte (Shivaramaiah *et al.*, 2014). L'efficacité des vaccins recombinants contre *Eimeria* en termes de protection est variable selon les études, certaines d'entre elles ayant montré une protection partielle (Song *et al.*, 2015). Il est donc nécessaire de poursuivre les recherches pour évaluer leur efficacité à assurer une protection adéquate contre l'infection.

#### ■ 2.4. Utilisation des produits phyto-géniques

Les phytobiotiques (également appelés phyto-géniques), contiennent des molécules bioactives naturelles d'origine végétale, dérivées de parties de

**Tableau 3.** Diverses plantes ou leurs extraits ; composés bioactifs ; propriétés anticoccidiennes spécifiques et leurs effets sur les poulets de chair.

Molécules actives	Mode d'action	Plantes et parties utilisées	Résultats (essais chez les poulets)	Espèces de coccidiens étudiées	Références
<b>Saponines</b>	Détruisent les parasites en se liant aux molécules de stérol de leur membrane cellulaire. Activités immunomodulatrices et antioxydantes.	<i>Acacia concinna</i> (pulpe du fruit)	Augmente le PM et la consommation d'aliments. Réduction du nombre d'oocystes/g de fèces et des lésions intestinales.	<i>E. tenella</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. acervulina</i>	(Sánchez-Hernández et al., 2019)
		<i>Azadirachta indica</i> (feuilles)	Augmente le PM, diminue l'IC, réduction de l'excrétion des oocystes pour les groupes traités avec 800 mg/kg d'extrait de feuilles.	<i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i> <i>E. brunetti</i>	(Ahmed et al., 2019 ; Onyiche et al., 2021)
		<i>Yucca schidigera</i> (tronc)	Augmente la réponse immunomodulatrice et les changements dans la structure du cæcum.	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> <i>E. tenella</i>	(Oelschlager et al., 2019)
<b>Tannins</b>	Empêchent les activités enzymatiques, agissent sur les protéines impliquées dans la reproduction sexuée et privent les parasites de nutriments.	<i>Pinus radiata</i> (écorce)	L'inhibition de la sporulation <i>in vitro</i> était de 28 à 84 % pour un extrait de 500 g/tonne.	<i>E. acervulina</i> , <i>E. tenella</i> <i>E. maxima</i>	(Molan et al., 2009 ; Choi et al., 2022)
		<i>Emblica officinalis</i> / <i>Phyllanthus emblica</i> (fruits)	Augmente le PM ( $p < 0,05$ sur 0-28 j) et diminue l'excrétion d'oocystes/g ( $p < 0,05$ du 0-28 j) par 0,5 g de chaque mélange de poudre de fruits et de feuilles/ oiseau/jour.	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. necatrix</i> , <i>E. tenella</i>	(Kaleem et al., 2014 ; Sharma et al., 2021)
<b>Polyphénols, Flavonoïdes acides phénoliques</b>	Réduisent le stress oxydatif et endommagent la morphologie des oocystes. Antioxydants puissants.	<i>Beta vulgaris</i> (racines)	Augmente le PM, diminue l'IC, diminue significativement ( $p < 0,05$ ) le nombre d'oocystes/g de fèces.	<i>E. brunetti</i> , <i>E. mitis</i> , <i>E. necatrix</i> <i>E. tenella</i>	(Abbas et al., 2017)
		<i>Cinnamomum verum</i> (écorce)	Augmente le PM, diminue l'IC (4 g/kg de poudre d'écorce $p < 0,05$ ), et réduit (6 g/kg de poudre d'écorce ; $p < 0,05$ ) le nombre d'oocystes/g de fèces.	<i>E. tenella</i>	(Alqhtaniet al., 2023)
		<i>Camellia sinensis</i> (feuilles)	Augmente significativement le PM et diminue l'IC (par 300 ml/kg de phytosome de thé vert ; $p < 0,0001$ ).	<i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i> , <i>E. acervulina</i>	(Molan & Faraj, 2015 ; Jelveh et al., 2023)
		<i>Saccharum officinarum</i> (tiges)	Augmente le PM (pour 30 et 50 g/tonne ; $p < 0,05$ ), et le nombre d'oocystes est inférieur (pour 30 et 50 g/tonne ; $p < 0,05$ ).	<i>E. tenella</i> , <i>E. acervulina</i> , <i>E. necatrix</i> , <i>E. maxima</i>	(Awais et al., 2018)
		<i>Vitis vinifera</i> (graines / fruits)	Augmente le PM (2,5/5 g/kg ; $p < 0,05$ ), diminue l'IC (2,5/5 g/kg ; $p < 0,05$ ), réduction du nombre d'oocystes/g de fèces ( $p < 0,05$ ).	<i>E. tenella</i> , <i>E. brunetti</i> , <i>E. necatrix</i> <i>E. mitis</i>	(Wang et al., 2008 ; Abbas et al., 2020)

Molécules actives	Mode d'action	Plantes et parties utilisées	Résultats (essais chez les poulets)	Espèces de coccidiens étudiés	Références
Huiles essentielles	Entravent le cycle de vie des espèces d' <i>Eimeria</i> en détruisant la membrane des sporozoïtes. Activités antioxydantes et immuno-modulateurs.	<i>Origanum vulgare</i> (feuilles)	Augmente le PM ( $p < 0,05$ du 0-37 j) et diminue l'IC ( $p < 0,05$ du 0-37 j).	<i>E. acervulina</i> , <i>E. maxima</i> , <i>E. tenella</i> , <i>E. necatrix</i> , <i>E. brunetti</i> , <i>E. praecox</i>	(Pop <i>et al.</i> , 2019 ; Sidiropoulou <i>et al.</i> , 2020)
		<i>Pistacia lentiscus</i> (fruits)	Améliore les performances de croissance ( $p < 0,05$ ) et le PM augmente par rapport au contrôle ( $p < 0,05$ ).	<i>E. acervulina</i>	(Rahmani <i>et al.</i> , 2021)
Composés sulfurés	Effet antioxydant contre les oocystes d' <i>Eimeria</i> et améliorent le microbiote intestinal et la morphologie.	<i>Allium sativum</i> (bulbe)	Augmente le PM et diminue l'IC, augmente le taux de survie ( $p < 0,05$ ).	<i>E. tenella</i>	(Ali <i>et al.</i> , 2019)

PM : Poids moyen ; IC : Indice de consommation.

plantes ou leurs extraits (Gadde *et al.*, 2017 ; Gheisar & Kim, 2018). Ces plantes peuvent être classées comme herbes aromatiques ou épices en fonction des parties utilisées. Les herbes aromatiques sont des plantes à fleurs non ligneuses dont les feuilles et les fleurs sont utilisées, tandis que les épices sont les parties non feuillues des herbes, telles que les graines, les fruits, l'écorce ou les racines utilisées pour leurs propriétés organoleptiques (Windisch *et al.*, 2008). Les herbes aromatiques et les épices peuvent être utilisées sous diverses formes (solides, moulues) ou sous forme d'extraits, purs ou en mélange contenant de nombreux composés bioactifs, tels que des alcaloïdes, des substances phénoliques, des polysaccharides, des saponines, des tanins, des polyacétylènes, des terpénoïdes etc. (Gadde *et al.*, 2017 ; El-Shall *et al.*, 2022).

Au cours des dernières décennies, de nombreuses recherches ont été menées sur le potentiel des plantes et de leurs composants purifiés pour améliorer les performances de croissance des animaux en tant qu'alternative aux additifs

de synthèse (Shivaramaiah *et al.*, 2014 ; El-Ghany, 2021). Les chercheurs ont étudié le potentiel de certains composés phyto-géniques biologiquement actifs dérivés de différentes plantes comme solution durable pour lutter contre la coccidiose, et les résultats sont prometteurs (Acharya & Acharya, 2017 ; Pop *et al.*, 2019 ; El-Shall *et al.*, 2022). Ces composés présentent divers avantages tels que le renforcement de la santé intestinale, la préservation de l'écologie intestinale et l'amélioration des défenses de l'hôte contre les coccidies, ce qui permet de contrôler et de réduire efficacement la mortalité des oiseaux causée par la coccidiose (Abdelli *et al.*, 2021).

Récemment, les additifs phyto-géniques ont attiré l'attention des fabricants d'aliments et des éleveurs pour leur potentiel dans la prévention et le traitement de la coccidiose aviaire (El-Shall *et al.*, 2022). Ces composés bioactifs naturels ou métabolites secondaires présents dans les plantes, tels que les saponines, les tanins, les flavonoïdes, les huiles essentielles et les composés sulfurés, exercent

principalement leurs effets de manière indirecte en modulant la réponse immunitaire de l'hôte, en possédant des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Ces plantes sont principalement utilisées comme anticoccidiens en raison de leur activité antioxydante et immunomodulatrice (El-Shall *et al.*, 2022 ; Saeed & Alkheraije, 2023). Avec les phytobiotiques ont également été mis en évidence des effets anticoccidiens par interruption directe du cycle de vie des parasites, la modification de la formation de la paroi des oocystes et l'inhibition de la sporulation (Fatemi *et al.*, 2015) ainsi que la destruction des sporozoïtes (Kim *et al.*, 2013).

Selon El-Shall *et al.* (2022), les additifs phyto-géniques peuvent être un substitut naturel efficace aux anticoccidiens. Ils présentent en outre un intérêt pour satisfaire à la réglementation « anticoccidien sans produits chimiques » règlement de l'Union européenne (Council Directive 2011/50/EU). Jusqu'à présent, ces composés offrent des alternatives fiables avec de moindres risques de résistance (El-Shall *et al.*, 2022). Aujourd'hui, les défis liés à la résistance à

la chimioprophylaxie et à l'accès limité à des vaccins rentables ont conduit à l'exploration des phytobiotiques comme stratégie alternative pour un contrôle efficace de la coccidiose (Attree *et al.*, 2021). Cependant, il est important de garantir la sécurité de ces produits en vérifiant qu'ils ne contiennent pas de substances dangereuses ou de métabolites susceptibles de présenter un risque pour les consommateurs.

Le tableau 3 présente les propriétés anticoccidiennes de diverses plantes et résume les résultats des recherches récentes concernant le potentiel de ces composés en tant qu'anticoccidiens, leur mode d'action et leurs effets sur les espèces poulets et différentes espèces d'*Eimeria*.

### ■ 2.5. Résistance génétique

Les différentes races et/ou lignées de poulets présentent des niveaux variables de sensibilité ou de tolérance aux espèces d'*Eimeria*, par une moindre sensibilité à l'infection ou une meilleure vitesse de récupération ce qui réduit les conséquences pathologiques de l'infection (Bishop & Woolliams, 2014 ; Boulton *et al.*, 2018). Divers types génétiques, à la fois non consanguins et consanguins, ont été étudiés et présentent des différences de sensibilité à l'infection par *Eimeria*. Par exemple, la lignée égyptienne Fayoumi a été identifiée comme relativement tolérante, tandis que la lignée White Leghorn est plus sensible à *E. tenella* (Pinard-Van Der Laan *et al.*, 1998, 2009).

Des QTL (régions du génome polymorphes impliquées dans la variation de caractères quantitatifs) ont été cartographiés pour différents caractères associés à la résistance à *E. maxima* et *E. tenella* chez les poulets (score lésionnel, gain de poids au cours de l'infection). Des inversions de résistance ont cependant été observées entre *E. tenella* et *E. maxima* (Pinard-Van Der Laan *et al.*, 2009 ; Boulton *et al.*, 2018). Cela implique que les poulets qui présentent une résistance génétique élevée à *E. tenella* ont tendance à être

moins résistants à d'autres espèces d'*Eimeria*, et vice versa, ce qui peut limiter le potentiel d'amélioration génétique des populations concernées (Pinard-Van Der Laan *et al.*, 1998, 2009). Néanmoins, une meilleure compréhension de l'architecture génétique des traits de résistance/tolérance/sensibilité à la coccidiose devrait permettre d'améliorer l'efficacité des schémas de sélection et pourrait être utilisée pour orienter le choix des souches de poulets, contribuant ainsi au contrôle futur de la coccidiose (Pinard-Van Der Laan *et al.*, 1998, 2009 ; Boulton *et al.*, 2018 ; Attree *et al.*, 2021).

Dans l'ensemble, la sélection génétique est une approche dont les bénéfices sont à évaluer sur le long terme, qui doit être mise en œuvre sur plusieurs générations de poulets, et pourrait s'avérer plus rentable et avoir moins d'effets sur l'hôte et l'environnement (Hamzić *et al.*, 2015 ; Attree *et al.*, 2021).

### Conclusion

La coccidiose chez les poulets domestiques est la maladie protozoaire la plus répandue qui affecte gravement la production et entraîne des pertes économiques considérables dans le monde entier. Pour réussir à contrôler la coccidiose chez les poulets, il est nécessaire de mettre en place une gestion intégrée. Cette approche doit intégrer de bonnes pratiques d'élevage, en général complétées par une chimioprophylaxie et/ou une vaccination, ainsi qu'une sélection génétique. Les mesures de contrôle alternatives, y compris l'utilisation de produits phytogènes, sont une méthode qui a montré de l'intérêt dans divers travaux scientifiques cités dans cette revue. Afin de mettre en œuvre efficacement ces mesures de prévention ou de contrôle dans le futur, il est indispensable de trouver un équilibre entre les enjeux de santé publique, de durabilité environnementale et économique et le bien-être des animaux.

Cette revue a fait le bilan de l'impact de la coccidiose sur la santé animale,

l'impact économique significatif sur l'industrie avicole et les méthodes de prévention et de contrôle actuelles. Malgré le succès des additifs coccidiostatiques et des vaccins vivants en tant que mesures préventives, la coccidiose reste une menace économique importante pour l'industrie avicole. Il est donc indispensable de continuer à développer des recherches dans ce domaine et d'explorer de nouvelles méthodes de prévention et de contrôle de la coccidiose. Plus précisément, le potentiel des phytogéniques et la mise en place de programmes de surveillance efficaces pour une reconnaissance rapide des populations développant une résistance doivent être étudiés. Dans l'ensemble, ces efforts peuvent contribuer au développement de stratégies de prévention et de contrôle de la coccidiose plus efficaces et durables, réduisant ainsi les pertes financières subies par l'industrie avicole, notamment pour les élevages des pays à revenu faible ou intermédiaire qui sont encore plus vulnérables aux impacts financiers de la coccidiose.

### Contribution des auteurs

Rahul AVI a effectué les recherches bibliographiques et rédigé les versions successives du manuscrit. Jean-Michel REPERANT, Françoise I. BUSSIERE, Anne SILVESTRE, Jean-François LE ROUX, David MOREAUD et Javier GONZALEZ ont contribué de manière équivalente à la réflexion conceptuelle sur la structure globale de l'étude. Tous les auteurs ont relu et approuvé la version finale du manuscrit.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier de Nuproxa, Feedconsult et David MOREAUD. Les auteurs tiennent à remercier tout particulièrement Elisabeth BAEZA pour sa contribution aux réflexions et sa relecture du manuscrit.

## Références

- Abbas, R. Z., Iqbal, Z., Sindhu, Z. D., Khan, M. N., & Arshad, M. (2008). Identification of cross-resistance and multiple resistance in *Eimeria tenella* field isolates to commonly used anticoccidials in Pakistan. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(3), 361-368. <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00027>
- Abbas, R. Z., Iqbal, Z., Khan, A., Sindhu, Z. U. D., Khan, J. A., Khan, M. N., & Raza, A. (2012). Options for integrated strategies for the control of avian coccidiosis. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(6), 1014-1020. [https://www.fspublishers.org/published\\_papers/3693\\_.pdf](https://www.fspublishers.org/published_papers/3693_.pdf)
- Abbas, A., Iqbal, Z., Abbas, R. Z., Khan, M. K., Khan, J. A., Sindhu, Z. ud D., Mahmood, M. S., & Saleemi, M. K. (2017). *In vivo* anticoccidial effects of *Beta vulgaris* (sugar beet) in broiler chickens. *Microbial Pathogenesis*, 111, 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.07.052>
- Abbas, R. Z., Abbas, A., Iqbal, Z., Raza, M. A., Hussain, K., Ahmed, T., & Shafi, M. U. (2020). *In vitro* anticoccidial activity of *Vitis vinifera* extract on oocysts of different *Eimeria* species of Broiler Chicken. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 71(3), 2267-2272. <https://doi.org/10.12681/jhvms.25071>
- Abdelli, N., Solà-Oriol, D., & Pérez, J. F. (2021). Phylogenetic feed additives in poultry: Achievements, prospective and challenges. *Animals*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
- Abebe, E., & Gugsu, G. (2018). A review on poultry coccidiosis. *Abyss. Journal of Science and Technology*, 3(06). <https://doi.org/10.20372/ajst.2018.3.1.76>
- Acharya, K., & Acharya, N. (2017). Alternatives to fight against coccidiosis: a review. *Nepalese Veterinary Journal*, 34, 152-167. <https://doi.org/10.3126/nvj.v34i0.22918>
- Afssa (2007). Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évolution du statut des additifs coccidiostatiques. <https://www.anses.fr/en/system/files/ALAN2007sa0176.pdf>
- Agunos, A., Léger, D. F., Carson, C. A., Gow, S. P., Bosman, A., Irwin, R. J., & Reid-Smith, R. J. (2017). Antimicrobial use surveillance in broiler chicken flocks in Canada, 2013-2015. *PLoS ONE*, 12(6), 2013-2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179384>
- Ahmed, A. I., Sulaiman, M. M., Istifanus, W. A., Panda, S. M., & Chongmobmi, M. (2019). Anticoccidial efficacy of *Azadirachta indica* leaf powder against *Eimeria tenella* infection in broiler chickens. *Science Forum. Journal Of Pure And Applied Sciences* 16, 82-88. <http://dx.doi.org/10.5455/sf.22258>
- Albanese, G. A., Tensa, L. R., Aston, E. J., Hilt, D. A., & Jordan, B. J. (2018). Evaluation of a coccidia vaccine using spray and gel applications. *Poultry Science*, 97(5), 1544-1553. <https://doi.org/10.3382/ps/pey011>
- Ali, M., Chand, N., Khan, R. U., Naz, S., & Gul, S. (2019). Anticoccidial effect of garlic (*Allium sativum*) and ginger (*Zingiber officinale*) against experimentally induced coccidiosis in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 47(1), 79-84. <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1573731>
- Allen, P. C., & Fetterer, R. H. (2002). Recent advances in biology and immunobiology of *Eimeria* species and in diagnosis and control of infection with these coccidian parasites of poultry. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(1), 58-65. <https://doi.org/10.1128/CMR.15.1.58-65.2002>
- Alqhtani, A. H., Qaid, M. M., Al-Mufarrej, S. I., Al-Garadi, M. A., & Ali, A. B. A. (2023). Serum biochemistry indices, leukogram, carcass variables and intestinal measurements of *Eimeria tenella*-infected or non-infected broilers treated with dietary *Cinnamomum verum* bark. *Journal of Applied Animal Research*, 51(1), 40-51. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2150630>
- Antoszczak, M., Steverding, D., & Huczynski, A. (2019). Anti-parasitic activity of polyether ionophores. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 166, 32-47. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.01.035>
- Attree, E., Sanchez-Arsuaga, G., Jones, M., Xia, D., Marugan-Hernandez, V., Blake, D., & Tomley, F. (2021). Controlling the causative agents of coccidiosis in domestic chickens; an eye on the past and considerations for the future. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00056-5>
- Awais, M. M., Akhtar, M., Anwar, M. I., & Khaliq, K. (2018). Evaluation of *Saccharum officinarum* L. bagasse-derived polysaccharides as native immunomodulatory and anticoccidial agents in broilers. *Veterinary Parasitology*, 249, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.11.012>
- Barta, J. R. (2001). Coccidiosis. In *ELS (Encyclopedia of Life Sciences)*, 1-8. <https://doi.org/doi:10.1038/npq.els.0001947>
- Bishop, S. C., & Woolliams, J. A. (2014). Genomics and disease resistance studies in livestock. *Livestock Science*, 166(1), 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.04.034>
- Blake, D. P., Knox, J., Dehaeck, B., Huntington, B., Rathinam, T., Ravipati, V., Ayoade, S., Gilbert, W., Adebambo, A. O., Jatau, I. D., Raman, M., Parker, D., Rushton, J., & Tomley, F. M. (2020). Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. *Veterinary Research*, 51(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13567-020-00837-2>
- Blake, D. P., Marugan-Hernandez, V., & Tomley, F. M. (2021). Spotlight on avian pathology: *Eimeria* and the disease coccidiosis. *Avian Pathology*, 50(3), 209-213. <https://doi.org/10.1080/03079457.2021.1912288>
- Boulton, K., Nolan, M. J., Wu, Z., Psifidi, A., Riggio, V., Harman, K., Bishop, S. C., Kaiser, P., Abrahamsen, M. S., Hawken, R., Watson, K. A., Tomley, F. M., Blake, D. P., & Hume, D. A. (2018). Phenotypic and genetic variation in the response of chickens to *Eimeria tenella* induced coccidiosis. *Genetics Selection Evolution*, 50(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12711-018-0433-7>
- Burrell, A., Tomley, F. M., Vaughan, S., & Marugan-Hernandez, V. (2020). Life cycle stages, specific organelles and invasion mechanisms of *Eimeria* species. *Parasitology*, 147(3), 263-278. <https://doi.org/10.1017/S0031182019001562>
- Cardoso, M. A. B., Flemming, J. S., & Flemming, F. F. (2002). Utilização Do Halquinol Como Promotor De Crescimento E Coadjuvante No Controle Da Coccidiose Em Frangos De Corte. *Archives of Veterinary Science*, 7(1), 11-19. <https://doi.org/10.5380/avs.v7i1.3963>
- Carvalho, F. S., Wenceslau, A. A., Teixeira, M., Matos Carneiro, J. A., Melo, A. D. B., & Albuquerque, G. R. (2011). Diagnosis of *Eimeria* species using traditional and molecular methods in field studies. *Veterinary Parasitology*, 176(2-3), 95-100. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.11.015>
- Chapman, H. D. (1997). Biochemical, genetic and applied aspects of drug resistance in *Eimeria* parasites of the fowl. *Avian pathology*, 26(2), 221-244. <https://doi.org/10.1080/03079459708419208>
- Chapman, H. D. (1999). Anticoccidial drugs and their effects upon the development of immunity to *Eimeria* infections in poultry. *Avian Pathology*, 28(6), 521-535. <https://doi.org/10.1080/03079459994317>
- Chapman, H. D. (2000). Practical use of vaccines for the control of coccidiosis in the chicken. *World's Poultry Science Journal*, 56(1), 18-20. <https://doi.org/10.1079/wps20000002>
- Chapman, H. D. (2001). Use of anticoccidial drugs in broiler chickens in the USA: Analysis for the years 1995 to 1999. *Poultry Science*, 80(5), 572-580. <https://doi.org/10.1093/ps/80.5.572>
- Chapman, H. D. (2009). A landmark contribution to poultry science-Prophylactic control of coccidiosis in poultry. *Poultry Science*, 88(4), 813-815. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00316>
- Chapman, H. D., & Jeffers, T. K. (2014). Vaccination of chickens against coccidiosis ameliorates drug resistance in commercial poultry production. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 4(3), 214-217. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2014.10.002>
- Chapman, H. D., & Rathinam, T. (2022). Focused review: The role of drug combinations for the control of coccidiosis in commercially reared chickens. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*, 18, 32-42. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2022.01.001>
- Chen, H. L., Zhao, X. Y., Zhao, G. X., Huang, H. Bin, Li, H. R., Shi, C. W., Yang, W. T., Jiang, Y. L., Wang, J. Z., Ye, L. P., Zhao, Q., Wang, C. F., & Yang, G. L. (2020). Dissection of the cecal microbial community in chickens after *Eimeria tenella* infection. *Parasites and Vectors*, 13(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-3897-6>
- Choi, J., Tompkins, Y. H., Teng, P. Y., Gogal, R. M., & Kim, W. K. (2022). Effects of tannic acid supplementation on

- growth performance, oocyst shedding, and gut health of in broilers infected with *Eimeria Maxima*. *Animals*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/ani12111378>
- Conway, D. P., & Mckenzie, M. E. (2007). *Poultry coccidiosis: Diagnostic and testing procedures* (3<sup>rd</sup> edition). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470344620>
- Créviu-Gabriel, I., & Naciri, M. (2001). Effet de l'alimentation sur les coccidioses chez le poulet. *INRA Productions Animales*, 14(4), 231-246. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2001.14.4.3746>
- Ducatelle, R., Eeckhaut, V., Haesebrouck, F., & Van Immerseel, F. (2015). A review on prebiotics and probiotics for the control of dysbiosis: present status and future perspectives. *Animal*, 9(1), 43-48. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002584>
- Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., & Tichit, M. (2013). Prospects for agroecology and industrial ecology for animal production in the 21<sup>st</sup> century. *Animal*, 7(6), 1028-1043. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- El-Ghany, W. A. A. (2021). Intervention strategies for controlling poultry coccidiosis: current knowledge. *Journal of World's Poultry Research*, 11(4), 487-505. <https://doi.org/10.36380/JWPR.2021.58>
- El-Shall, N. A., Abd El-Hack, M. E., Albaqami, N. M., Khafaga, A. F., Taha, A. E., Swelum, A. A., El-Saadony, M. T., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A., & Elbestawy, A. R. (2022). Phytochemical control of poultry coccidiosis: a review. *Poultry Science*, 101(1), 101542. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101542>
- Etuk, E. B., Okoli, I. C., & Uko, M. U. (2004). Prevalence and management issues associated with poultry coccidiosis in Abak agricultural zone of Akwa Ibom State, Nigeria. *International Journal of Poultry Science*, 3(2), 135-139. <https://doi.org/10.3923/ijps.2004.135.139>
- European Union (2022). *Register of Feed Additives*, 226<sup>th</sup> Edition (Issue 1831). <https://doi.org/10.2875/110483>
- Fatemi, A., Razavi, S. M., Asasi, K., & Torabi Goudarzi, M. (2015). Effects of *Artemisia annua* extracts on sporulation of *Eimeria* oocysts. *Parasitology Research*, 114(3), 1207-1211. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4304-z>
- Fatoba, A. J., & Adeleke, M. A. (2018). Diagnosis and control of chicken coccidiosis: a recent update. *Journal of Parasitic Diseases*, 42(4), 483-493. <https://doi.org/10.1007/s12639-018-1048-1>
- Fortun-Lamothe, L., Collin, A., Combes, S., Ferchaud, S., Germain, K., Guilloteau, L., Gunia, M., Lefloc'h, N., Manoli, C., Montagne L., & Savietto, D. (2022). 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 Productions Animales*, 35(4), 307-326. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2022.35.4.7225>
- Gadde, U., Kim, W. H., Oh, S. T., & Lillehoj, H. S. (2017). Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: A review. *Animal Health Research Reviews*, 18(1), 26-45. <https://doi.org/10.1017/S1466252316000207>
- Gharekhanli, J., Sadeghi-Dehkordi, Z., & Bahrami, M. (2014). Prevalence of coccidiosis in broiler chicken farms in western Iran. *Journal of Veterinary Medicine*, 1-4. <https://doi.org/10.1155/2014/980604>
- Gheisar, M., & Kim, I. H. (2018). Phytobiotics in poultry and swine nutrition—a review. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), 92-99. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>
- Gilbert, W., Bellet, C., Blake, D. P., Tomley, F. M., & Rushton, J. (2020). Revisiting the economic impacts of *Eimeria* and its control in european intensive broiler systems with a recursive modeling approach. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.558182>
- Gómez-Osorio, L.-M., Chaparro-Gutiérrez, J.-J., & López-Osorio S., (2021). Nutrition and poultry coccidiosis: causes, consequences and current strategies to modulate the disease. In: Patra, A.-K. (Coord.). *Advances in Poultry Nutrition Research* (pp. 214) IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/75810>
- Grżniń, G., Piotrowicz-Cieślak, A., Klimkowicz-Pawlas, A., Górny, R. L., Ławniczek-Wałczyk, A., Piechowicz, L., ... & Wolska, L. (2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Science of The Total Environment*, 858, 160014. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014>
- Hafez, H. M. (2008). Poultry coccidiosis: Prevention and control approaches. *Archiv für Geflügelkunde*, 72(1), 2-7. <https://www.european-poultry-science.com/Poultry-coccidiosis-prevention-and-control-approaches,%20QUIEPTQyMTg30DEmTUIEPT2MTAxNA.html>
- Hamzić, E., Buitenhuis, B., Hérault, F., Hawken, R., Abrahamsen, M. S., Servin, B., Elsen, J. M., Pinard – Van Der Laan, M. H., & Bed'Hom, B. (2015). Genome-wide association study and biological pathway analysis of the *Eimeria maxima* response in broilers. *Genetics Selection Evolution*, 47(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12711-015-0170-0>
- Iraee, H. A., Iraee, M. A., Youssefi, M. R., & Tabari, M. A. (2015). Growth performance parameters in chicken experimental coccidiosis treated with Diclazuril and Clopidol: the need for assessing new anticoccidial resources. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 9(3), 189-194, Pe26. [https://www.academia.edu/108970374/Growth\\_performance\\_parameters\\_in\\_chicken\\_experimental\\_coccidiosis\\_treated\\_with\\_diclazuril\\_and\\_Clopidol\\_The\\_need\\_for\\_assessing\\_new\\_anticoocidial\\_resources](https://www.academia.edu/108970374/Growth_performance_parameters_in_chicken_experimental_coccidiosis_treated_with_diclazuril_and_Clopidol_The_need_for_assessing_new_anticoocidial_resources)
- Jelveh, K., Mottaghtalab, M., & Mohammadi, M. (2023). Effects of green tea phytosome on growth performance and intestinal integrity under coccidiosis infection challenge in broilers. *Poultry Science*, 102(5), 102627. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102627>
- Jeni, R. El, Dittoe, D. K., Olson, E. G., Lourenco, J., Seidel, D. S., Ricke, S. C., & Callaway, T. R. (2021). An overview of health challenges in alternative poultry production systems. *Poultry Science*, 100(7), 101173. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101173>
- Kaleem, Q. M., Akhtar, M., Awais, M. M., Saleem, M., Zafar, M., Iqbal, Z., Muhammad, F., & Anwar, M. I. (2014). Studies on *Emblica officinalis* derived tannins for their immunostimulatory and protective activities against coccidiosis in industrial broiler chickens. *The Scientific World Journal*, 10-12. <https://doi.org/10.1155/2014/378473>
- Kant, V., Singh, P., Verma, P. K., Bais, I., Parmar, M. S., Gopal, A., & Gupta, V. (2013). Anticoccidial drugs used in the poultry: an overview. *Science International*, 1(7), 261-265. <https://doi.org/10.17311/sciintl.2013.261.265>
- Kim, D. K., Lillehoj, H. S., Lee, S. H., Lillehoj, E. P., & Bravo, D. (2013). Improved resistance to *Eimeria acervulina* infection in chickens due to dietary supplementation with garlic metabolites. *British Journal of Nutrition*, 109(1), 76-88. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000530>
- Kumar, A., & Patyal, A. (2020). Impacts of intensive poultry farming on one health in developing countries: challenges and remedies. *Exploratory Animal & Medical Research*, 10(2). <https://www.researchgate.net/publication/347994283>
- Lai, L., Bumstead, J., Liu, Y., Garnett, J., Campanero-Rhodes, M. A., Blake, D. P., Palma, A. S., Chai, W., Ferguson, D. J. P., Simpson, P., Feizi, T., Tomley, F. M., & Matthews, S. (2011). The role of Sialyl glycan recognition in host tissue tropism of the avian parasite *Eimeria Tenella*. *PLoS Pathogens*, 7(10). <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1002296>
- Lee, S. H., Lillehoj, H. S., Jang, S. I., Lee, K. W., Bravo, D., & Lillehoj, E. P. (2011). Effects of dietary supplementation with phytonutrients on vaccine-stimulated immunity against infection with *Eimeria tenella*. *Veterinary Parasitology*, 181(2-4), 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.05.003>
- Looker, D. L., Marr, J. J., & Stotish, R. L. (1986). Modes of Action of Antiprotozoal Agents. *Chemotherapy of Parasitic Diseases*, 193-207. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-1233-8\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-1233-8_9)
- López-Osorio, S., Chaparro-Gutiérrez, J. J., & Gómez-Osorio, L. M. (2020). Overview of poultry *Eimeria* life cycle and host-parasite interactions. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00384>
- Madlala, T., Okpeku, M., & Adeleke, M. A. (2021). Understanding the interactions between *Eimeria* infection and gut microbiota, towards the control of chicken coccidiosis: A review. *Parasite*, 28(48), 10p. <https://doi.org/10.1051/parasite/2021047>
- McDonald, V., & Shirley, M. W. (2009). Past and future: Vaccination against *Eimeria*. *Parasitology*, 136(12), 1477-1489. <https://doi.org/10.1017/S0031182009006349>
- McDougald, L. R., Cervantes, H. M., Jenkins, M. C., Hess, M., & Beckstead, R. (2020). Protozoal infections. *Diseases of poultry*, 1192-1254. <https://doi.org/10.1002/9781119371199.ch28>

- Molan, A.-L., & Faraj, A. M. (2015). Effect of selenium-rich green tea extract on the course of sporulation of *Eimeria* oocysts. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences (IOSR-JDMS) e-ISSN*, 14(4), 68-74. <https://doi.org/10.9790/0853-14436874>
- Molan, A. L., Liu, Z., & De, S. (2009). Effect of pine bark (*Pinus radiata*) extracts on sporulation of coccidian oocysts. *Folia Parasitologica*, 56(1), 1-5. <https://doi.org/10.14411/fp.2009.001>
- Morris, G. M., Woods, W. G., Richards, D. G., & Gasser, R. B. (2007). Investigating a persistent coccidiosis problem on a commercial broiler-breeder farm utilising PCR-coupled capillary electrophoresis. *Parasitology Research*, 101(3), 583-589. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0516-9>
- Mottet, A., & Tempio, G. (2017). Global poultry production: Current state and future outlook and challenges. *World's Poultry Science Journal*, 73(2), 245-256. <https://doi.org/10.1017/S0043933917000071>
- Nawarathne, S. R., Yu, M., & Heo, J. M. (2021). Poultry coccidiosis—a concurrent overview on etiology, diagnostic practices, and preventive measures. *Korean Journal of Poultry Science*, 48(4), 297–318. <https://doi.org/https://doi.org/10.5536/KJPS.2021.48.4.297>
- Noack, S., Chapman, H. D., & Selzer, P. M. (2019). Anticoccidial drugs of the livestock industry. *Parasitology Research*, 118(7), 2009-2026. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06343-5>
- Oelschlager, M. L., Rasheed, M. S. A., Smith, B. N., Rincker, M. J., & Dilger, R. N. (2019). Effects of *Yucca schidigera*-derived saponin supplementation during a mixed *Eimeria* challenge in broilers. *Poultry science*, 98(8), 3212-3222. <https://doi.org/10.3382/ps/pez051>
- Onyiche, T. G. E., Gotep, J. G., Tanko, J. T., Ochigbo, G. O., Ozoani, H. A., Viyoff, V. Z., Dogonyaro, B. B., Makoshi, M. S., Kinjir, H., Thekiso, O., Atiku, A. A., Shamaki, D., & Muraina, I. A. (2021). *Azadirachta indica* aqueous leaf extracts ameliorates coccidiosis in broiler chickens experimentally infected with *Eimeria* oocysts. *Scientific African*, 13, e00851. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00851>
- Peek, H. W., & Landman, W. J. M. (2011). Coccidiosis in poultry: Anticoccidial products, vaccines and other prevention strategies. *Veterinary Quarterly*, 31(3), 143-161. <https://doi.org/10.1080/01652176.2011.605247>
- Pinard-Van Der Laan, M. H., Monvoisin, J. L., Pery, P., Hamet, N., & Thomas, M. (1998). Comparison of outbred lines of chickens for resistance to experimental infection with coccidiosis (*Eimeria tenella*). *Poultry Science*, 77(2), 185-191. <https://doi.org/10.1093/ps/77.2.185>
- Pinard-Van Der Laan, M. H., Bed'hom, B., Coville, J. L., Pitel, F., Feve, K., Leroux, S., Legros, H., Thomas, A., Gourichon, D., Repérant, J. M., & Rault, P. (2009). Microsatellite mapping of QTLs affecting resistance to coccidiosis (*Eimeria tenella*) in a Fayoumi × White Leghorn cross. *BMC Genomics*, 10, 1-13. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-10-31>
- Pop, L. M., Varga, E., Coroian, M., Nedisan, M. E., Mircean, V., Dumitrache, M. O., Farczádi, L., Fülöp, I., Croitoru, M. D., Fazakas, M., & Gyorke, A. (2019). Efficacy of a commercial herbal formula in chicken experimental coccidiosis. *Parasites and Vectors*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3595-4>
- Quiroz-Castañeda, R. E., & Dantán-González, E. (2015). Control of avian coccidiosis: Future and present natural alternatives. *BioMed Research International*, 2015, 430610. <https://doi.org/10.1155/2015/430610>
- Rahmani, A., Ahmed Laloui, H., Zaak, H., Selmania, A., Oufroukh, K., Chareb, N., ... & Ghalmi, F. (2021). Effect of *Pistacia lentiscus* L. vegetable oil on growth performance and coccidiosis in broiler chickens: *in vitro* and *in vivo* assessment. *Acta Parasitologica*, 66(4), 1151-1157. <https://doi.org/10.1007/s11686-021-00365-9>
- Ramalingam, V., Muthusamy, R., Bohra, K., Nithyanantham, M., Palavesam, A., & Gopal, D. (2022). Development of subunit vaccine against poultry coccidiosis. *Indian Journal of Veterinary Sciences & Biotechnology*, 18(1), 7-12. <https://doi.org/10.21887/ijvsbt.18.1.2>
- Répérant, J. M., Dardi, M., Pagès, M., & Thomas-Hénaff, M. (2012). Pathogenicity of *Eimeria praecox* alone or associated with *Eimeria acervulina* in experimentally infected broiler chickens. *Veterinary Parasitology*, 187(1-2), 333–336. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2011.12.009>
- Rocchi, L., Paolotti, L., Rosati, A., Boggia, A., & Castellini, C. (2019). Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach. *Journal of Cleaner Production*, 211, 103-114. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.013>
- Saeed, Z., & Alkheraije, K. A. (2023). Botanicals: A promising approach for controlling cecal coccidiosis in poultry. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1157633>
- Sánchez-Hernández, C., Castañeda-Gómez del Campo, J. A., Trejo-Castro, L., Mendoza-Martínez, G. D., & Gloria-Trujillo, A. (2019). Evaluation of a feed plant additive for coccidiosis control in broilers herbals for coccidiosis control. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21, eRBCA-2019. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0846>
- Santos, R. R., Velkers, F. C., Vernooij, J. C. M., Star, L., Heerkens, J. L. T., van Ham, J., & de Jong, I. C. (2022). Nutritional interventions to support broiler chickens during *Eimeria* infection. *Poultry Science*, 101(6), 101853. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101853>
- Sharma, U. N. S., Fernando, D. D., Wijesundara, K. K., Manawadu, A., Pathirana, I., & Rajapakse, R. P. V. J. (2021). Anticoccidial effects of *Phyllanthus emblica* (Indian gooseberry) extracts: Potential for controlling avian coccidiosis. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 25, 100592. <https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2021.100592>
- Shirley, M. W., & Bedrník, P. (1997). Live attenuated vaccines against Avian coccidiosis: Success with precocious and egg-adapted lines of *Eimeria*. *Parasitology Today*, 13(12), 481-484. [https://doi.org/10.1016/S0169-4758\(97\)01153-8](https://doi.org/10.1016/S0169-4758(97)01153-8)
- Shivaramaiah, S., Tellez, G., Barta, J., Hernandez-Velasco, X., & Hargis, B. (2014). Coccidiosis: recent advancements in the immunobiology of *Eimeria* species, preventive measures, and the importance of vaccination as a control tool against these Apicomplexan parasites. *Veterinary Medicine: Research and Reports*, 23. <https://doi.org/10.2147/vmr.s57839>
- Sidiropoulou, E., Skoufos, I., Marugan-Hernandez, V., Giannenas, I., Bonos, E., Aguiar-Martins, K., Lazari, D., Blake, D. P., & Tzora, A. (2020). *In vitro* anticoccidial study of oregano and garlic essential oils and effects on growth performance, fecal oocyst output, and intestinal microbiota *in vivo*. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00420>
- Song, X., Yang, X., Zhang, T., Liu, J., & Liu, Q. (2020). A novel rhoptry protein as candidate vaccine against *Eimeria tenella* infection. *Vaccines*, 8(3), 1-14. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030452>
- Song, X., Gao, Y., Xu, L., Yan, R., & Li, X. (2015). Partial protection against four species of chicken coccidia induced by multivalent subunit vaccine. *Veterinary Parasitology*, 212(3-4), 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.08.026>
- Sossidou, E. N., Dal Bosco, A., Elson, H. A., & Fontes, C. M. G. A. (2011). Pasture-based systems for poultry production: Implications and perspectives. *World's Poultry Science Journal*, 67(1), 47–58. <https://doi.org/10.1017/S0043933911000043>
- Soutter, F., Werling, D., Tomley, F. M., & Blake, D. P. (2020). Poultry coccidiosis: design and interpretation of vaccine studies. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00101>
- Tensa, L. R., & Jordan, B. J. (2019). Comparison of the application parameters of coccidia vaccines by gel and spray. *Poultry Science*, 98(2), 634-641. <https://doi.org/10.3382/ps/pey364>
- Vieira, A. M., Teixeira Soratto, T. A., Cardinal, K. M., Wagner, G., Hauptli, L., Ferreira Lima, A. L., Dahlke, F., Netto, D. P., de Oliveira Moraes, P., & Leal Ribeiro, A. M. (2020). Modulation of the intestinal microbiota of broilers supplemented with monensin or functional oils in response to challenge by *Eimeria* spp. *PLoS ONE*, 15(8), 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237118>
- Walker, R. A., Ferguson, D. J., Miller, C. M., & Smith, N. C. (2013). Sex and *Eimeria*: a molecular perspective. *Parasitology*, 140(14), 1701-1717. <https://doi.org/10.1017/S0031182013000838>
- Wang, M. L., Suo, X., Gu, J. H., Zhang, W. W., Fang, Q., & Wang, X. (2008). Influence of grape seed proanthocyanidin extract in broiler chickens: Effect on chicken coccidiosis and antioxidant status. *Poultry Science*, 87(11), 2273-2280. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00077>
- Williams, R. B. (1998). Epidemiological aspects of the use of live anticoccidial vaccines for chickens. *International journal for parasitology*, 28(7), 1089-1098. [https://doi.org/10.1016/s0020-7519\(98\)00066-6](https://doi.org/10.1016/s0020-7519(98)00066-6)
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14), E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>
- Zhang, J. J., Wang, L. X., Ruan, W. K., & An, J. (2013). Investigation into the prevalence of coccidiosis and maduramycin drug resistance in chickens in China. *Veterinary Parasitology*, 191(1-2), 29-34. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.07.027>

## Résumé

La coccidiose aviaire est l'un des défis les plus importants et les plus persistants auxquels est confrontée l'industrie avicole mondiale, entraînant une baisse de productivité due aux dommages intestinaux causés par le protozoaire apicomplexe intracellulaire *Eimeria*. Le cycle de vie d'*Eimeria* est complexe, caractérisé par des stades intra- et extracellulaires. Le stade intracellulaire induit une réponse inflammatoire en partie responsable de la formation de lésions tissulaires, des hémorragies diarrhéiques, une mauvaise croissance, une sensibilité accrue à d'autres agents pathogènes et, dans certains cas sévères (*E. tenella* et *E. necatrix*), une forte mortalité. Une bonne gestion sanitaire est indispensable pour prévenir la coccidiose chez les poulets. L'administration d'anticoccidiens dans les aliments peut également réduire efficacement l'intensité de l'infection par *Eimeria*. Cependant, leur utilisation à grande échelle et sur une longue durée a entraîné le développement de résistances à ces additifs dans le monde entier. Des vaccins vivants non atténués et atténués ont été développés mais ils présentent certaines limites. En plus des méthodes conventionnelles de prévention et de contrôle, les produits phytogéniques émergent comme alternative pour contrôler la coccidiose aviaire. Les recherches en cours sur la sélection génétique et des vaccins recombinants et sous-unitaires sont prometteuses pour la prévention, mais leur efficacité et leur adoption dans l'industrie avicole restent à démontrer. De plus, comme alternatives aux coccidiostatiques, des stratégies utilisant des extraits naturels sont plus acceptées par les consommateurs et sont de plus en plus étudiées. Cet article présente donc une vue d'ensemble de l'impact économique de la coccidiose chez les poulets sur la production et aborde les stratégies intégrées de la santé pour contrôler la coccidiose chez les poulets.

## Abstract

### **Coccidiosis in domestic chickens: a review of prevention and control strategies.**

*Avian coccidiosis is one of the most important and persistent challenges facing the global poultry industry, resulting in reduced productivity due to intestinal damage caused by the intracellular apicomplexan protozoan Eimeria. The life cycle of Eimeria is complex, characterised by intra- and extracellular stages. The intracellular stage induces an inflammatory response partly responsible for tissue damage, haemorrhagic diarrhoea, poor growth, increased susceptibility to other pathogens and, in some severe cases (E. tenella and E. necatrix) high mortality. Good sanitary management is essential to prevent coccidiosis in chickens. The administration of anticoccidials in feed can also effectively reduce the intensity of Eimeria infection. However, their widespread and long-term use has led to the development of resistance to these additives worldwide. Although live non-attenuated and attenuated vaccines have been developed, they have certain limitations. In addition to the traditional methods of prevention and control, phytogenic products are emerging as an alternative and complementary approach to try to control avian coccidiosis. Moreover, the ongoing research on genetic selection and development of recombinant and subunit vaccines against avian coccidiosis is promising for prevention, but their efficacy and adoption in the poultry industry is yet to be proven. In addition, as alternatives to coccidiostats, the use of natural extracts is more accepted by consumers and increasingly being studied. This article therefore presents an overview of the economic impact of coccidiosis in chickens on production and discusses the integrated health strategies for controlling coccidiosis in chickens.*

AVI, R., REPERANT, J.-M., I. BUSSIERE, F., SILVESTRE, A., LE ROUX, J.-F., MOREAUD, D., & GONZALEZ, J. (2023). La coccidiose chez les poulets domestiques : revue sur les stratégies de prévention et de contrôle. *INRAE Productions Animales*, 36(4), 7558.

<https://doi.org/10.20870/productions-animales.2023.36.4.7558>



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>

La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, les pages et le DOI en respectant les informations figurant ci-dessus.