



**HAL**  
open science

# Mise au point d'une méthode automatisée pour la détection et la quantification d'une infestation parasitaire

Johanna Guichard

► **To cite this version:**

Johanna Guichard. Mise au point d'une méthode automatisée pour la détection et la quantification d'une infestation parasitaire. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. hal-03576886

**HAL Id: hal-03576886**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03576886>**

Submitted on 16 Feb 2022

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

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



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



**UFR SEN**  
Faculté des Sciences  
Exactes et Naturelles



**Université des Antilles –  
Pôle Guadeloupe**

**Institut National de Recherche  
pour l'Agriculture, l'Alimentation  
et l'Environnement**

## **RAPPORT DE STAGE DE MASTER 1**

**UFR Sciences Exactes et Naturelles - Biodiversité Ecologie Evolution**

**2022**

**« Mise au point d'une méthode automatisée pour la détection et  
la quantification d'une infestation parasitaire »**

*Stagiaire :*

**Mme Johanna GUICHARD**

*Professeur référent :*

**Mme Dominique MONTI**

*Responsable de stage et encadrant:*

**M. Mathieu BONNEAU**

**M. Yoann FELICITE**

Stage effectué du 04/01/2022 au 15/02/2022 à l'Unité ASSET de l'INRAE Antilles-Guyane,  
Domaine Duclos, Prise d'eau, 97170 Petit Bourg, Guadeloupe

Soutenu oralement le 9 mars 2022

## **REMERCIEMENTS**

Je remercie sincèrement le personnel de l'INRAE pour leur accueil et leur bienveillance depuis le début du stage. J'ai vraiment apprécié être et apprendre à leur côté.

Je remercie surtout Mathieu BONNEAU qui m'a accordé cette expérience professionnelle puis encadré et conseillé lors de cette aventure.

Merci également à Yoann FELICITE de m'avoir enseigné la technique de coproscopie et la reconnaissance des éléments lors des lectures de plaques.

Je tiens à remercier le projet AgroEcoDiv, dans le cadre duquel j'ai effectué mon stage.

Et surtout, merci à mes collègues de master et de covoiturage sans qui je n'aurais pu me rendre sur place pour assister à ce stage.

## ABSTRACT

Les petits ruminants élevés au pâturage sont plus exposés aux parasites internes, notamment à ceux de la famille des nématodes (particulièrement *Haemonchus contortus* en Guadeloupe). La gestion des nématodes se fait traditionnellement via l'utilisation de produits anthelminthiques (AH). Malheureusement, leur utilisation non raisonnée, voire abusive, a conduit à l'apparition de parasites résistants aux AH, diminuant grandement l'efficacité des traitements.

Afin de limiter leur utilisation et donc de diminuer la résistance aux AH, la gestion intégrée de la santé des petits-ruminants consiste à utiliser différents leviers de gestion, et de n'utiliser les traitements AH qu'en dernier recours. Par exemple, en utilisant le pâturage tournant pour limiter le nombre de larves présentes au pâturage ou en utilisant une alimentation riche en tanins et en protéines, permettant d'augmenter la résistance et la résilience des animaux. Enfin, l'utilisation de traitements ciblés permet de conserver une quantité de parasites non-résistants dans le pâturage et dans les animaux, ce qui prolonge l'efficacité des traitements AH. Afin de déterminer le niveau d'infestation des animaux, la méthode la plus précise est la coproscopie, qui consiste à analyser le nombre d'œufs de parasites présents dans les fèces. Cependant, cette technique est chronophage et technique, ce qui freine son utilisation en pratique. Ainsi, l'objectif principal de ce stage est de participer au développement d'une technique de coproscopie automatique, consistant à détecter et compter automatiquement le nombre d'œufs présents sur des images microscopiques.

Durant ce stage, des coproscopies ont été réalisées sur différents animaux, notamment dans le cadre d'un protocole visant à déterminer l'efficacité du traitement AH actuellement utilisé sur l'élevage. Lors de ces coproscopies, plus de 1,700 images microscopiques ont été réalisées, puis annotées manuellement pour déterminer la localisation des œufs de parasites sur les images. Ce processus a permis de construire une première base de données qui a servi à entraîner un logiciel, basé sur un réseau de neurones, destiné à détecter automatiquement les œufs dans les images. Le logiciel a été testé sur plus de 300 images, afin de montrer que les œufs sont détectés avec seulement 4,35% d'erreur.

## TABLE DES MATIERES

Présentation de l'institut et de l'Unité de Recherche .....	5
Introduction.....	6
1. Situation des caprins concernant les infestations parasitaires.....	6
2. La gestion intégrée.....	7
Matériel et méthodes.....	9
1. Le matériel biologique : les caprins et les nématodes parasites.....	9
2. Mode opératoire de la coproscopie et récolte d'images.....	11
3. Annotation d'images pour programmer le réseau de neurones.....	12
Résultats.....	13
Discussion .....	17
Conclusion.....	19
Perspectives.....	20
Références bibliographiques.....	21
Liste des figures et tableau.....	23
Annexes.....	24

## **PRESENTATION DE L'INSTITUT ET DE L'UNITE DE RECHERCHE**

L'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement regroupe 18 centres de recherche. C'est le premier organisme de recherche spécialisé dans ces trois domaines scientifiques : agriculture, alimentation et environnement. Le centre inter-régional Antilles Guyane, implanté en Guadeloupe, est au service de l'agriculture tropicale dont les thématiques environnementales sont basées sur la transition agroécologique, la bioéconomie en milieu tropical, l'écologie intégrée ainsi que la valorisation des écosystèmes forestiers tropicaux (en Guyane).<sup>1</sup>

L'INRAE recouvre ainsi diverses thématiques comme l'agroécologie, l'alimentation et la santé globale, la biodiversité, le changement climatique et ses risques. Le cadre d'agri-environnement insulaire induit différentes contraintes et la vulnérabilité des agroécosystèmes tropicaux en fait un laboratoire d'études privilégié d'analyses des changements globaux, surtout concernant la conversion d'une agriculture conventionnelle à une agriculture écologiquement intensive. Un objectif fort de l'INRAE est donc le renforcement de la sécurité alimentaire et environnementale.

L'Unité ASSET (Agroécologie, Génétique et Systèmes d'Élevage Tropicaux), l'unité où j'ai effectué mon stage, est notamment rattachée au Département de Génétique Animale depuis sa création en 1965, et fait partie d'une des 6 unités implantées en milieu tropical. Sa mission est d'améliorer les productions animales (ruminants et monogastriques) en zone tropicale à l'aide d'une diversité de domaines d'expertises comme la gestion intégrée du parasitisme gastro-intestinal, la viabilité des agroécosystèmes tropicaux ou encore la caractérisation des races locales chez les ruminants et les porcs.

En 2022, l'équipe d'ASSET est composée de 25 agents permanents (chercheurs, ingénieurs, techniciens et agents administratifs). En plus de ses membres, l'unité accueille 3 à 5 doctorants. Cette unité, est qualifiée de pluridisciplinaire, car le personnel couvre un large panel de domaines comme de la recherche en génétique quantitative et fonctionnelle, la parasitologie, la production animale, la biologie évolutive, la physiologie, l'immunologie et la modélisation.

Le projet scientifique d'ASSET vise à « Promouvoir des systèmes d'élevage efficaces dans un milieu à fortes contraintes, dans une perspective agroécologique », et se base sur quatre idées fortes de l'agroécologie : l'équilibre de l'animal avec son milieu, la valorisation de l'agrobiodiversité, l'optimisation de l'économie circulaire, ainsi que la prise en compte de la complexité et de l'incertitude caractérisant les systèmes d'élevage tropicaux.<sup>2</sup>

## INTRODUCTION

### 1. *Le parasitisme chez les caprins en milieu tropical humide*

L'élevage des petits ruminants, soit les ovins et les caprins, est essentiellement recensé dans les zones tropicales et subtropicales, où les individus sont soumis à une sélection naturelle intense créée par les conditions climatiques et les contraintes sanitaires ou alimentaires locales. Bien que l'élevage de caprins en Guadeloupe reste traditionnel et familial, certains éleveurs l'ont développé pour rejoindre les circuits de commercialisation. Les élevages sont principalement installés dans des pâturages qui confèrent des avantages concernant l'alimentation des petits-ruminants, tels qu'un mode de vie plus proche de leur nature d'herbivores ruminants et un affouragement direct et naturel. De plus, c'est un avantage pour les éleveurs qui n'ont pas besoin d'acheter de fourrage et de dépendre des prix fluctuants du marché, les rendant plus indépendants.

Cependant, les élevages de petits ruminants sont sujets aux parasitoses gastro-intestinales qui sont constantes car liées au pâturage : l'infestation se fait par l'ingestion d'herbe dans laquelle se trouve des nématodes, plus précisément des strongles gastro-intestinaux. Dans des conditions d'élevages courantes, c'est-à-dire d'herbe pâturée, les principales parasitoses identifiées ayant un impact sur la santé des animaux sont l'Haemonchose (*Haemonchus contortus*), la Trichostrongylose (*Trichostrongylus axei* et *T. colubriformis*), l'Oesophagostomose (*Oesophagostomum* sp.) et la Monieziose (*Moniezia expansa* et *M. benedeni*). A ces helminthoses, s'ajoutent les coccidioses (*Eimeria* sp.).<sup>3</sup>

Ces trois espèces de nématodes, ainsi que *Moniezia expansa* et les coccidies du genre *Eimeria* sp. sont généralement associés aux zones tropicales, et ont été identifiés comme sources majeures de la perte de production (lié à une hausse de la mortalité et à une diminution de la masse de l'animal). En effet, ces parasites provoquent généralement des troubles digestifs, une baisse de croissance chez les jeunes et une diminution de la productivité (fertilité, lactation).

Nous nous intéresserons ici davantage à *Haemonchus contortus*, un nématode gastro-intestinal hématophage, entraînant généralement une anémie et pouvant aller jusqu'à un œdème sous-mandibulaire et à la mort de l'animal si l'infestation est importante.<sup>4</sup>

Plusieurs facteurs entrent en considération vis-à-vis du taux d'infestation des petits ruminants par les larves d'*Haemonchus contortus*. L'âge de l'hôte en est un paramètre essentiel.

En effet, il est plus fréquent de trouver de jeunes petits ruminants sevrés très parasités, car ils sont généralement plus sensibles aux nématodes gastro-intestinaux (NGI), dus à un système immunitaire encore naïf.

Le statut physiologique de l'animal a aussi un impact sur le niveau de parasitisme. Les femelles en gestation s'infestent plus et libèrent ainsi un fort taux d'œuf dans leur fèces en fin de gestation et en début de lactation.<sup>5</sup> Cela est dû à une diminution de l'efficacité du système immunitaire et probablement à une baisse de la résistance autour de la mise-bas, lié aux modifications hormonales, ainsi qu'à une demande accrue d'énergie favorisant la levée de l'inhibition larvaire. Aussi, des études<sup>6</sup> ont montré que les femelles étaient moins sensibles aux parasites gastro-intestinaux que les mâles, qui sont plus susceptibles de mourir à la suite d'une infestation par les strongles.

Enfin, l'époque de l'année influence la présence de parasites sur la parcelle et donc dans les hôtes potentiels, car *Haemonchus contortus* aime l'humidité : en cas de sécheresse, ils ne survivent pas très longtemps. On constate ainsi une influence du climat et de la lumière sur l'activité des parasites.

## ***2. La gestion intégrée***

La gestion intégrée du parasitisme est un équilibre entre assurer la protection des animaux en limitant l'impact des parasites et contrer le développement de la résistance aux anthelminthiques, afin de prolonger l'efficacité des anthelminthiques, en gérant les populations parasitaires.<sup>7</sup> Elle s'organise autour de 4 axes principaux.

L'alimentation est un levier essentiel, car les protéines et l'énergie augmentent la résistance et la résilience des animaux. La résistance est la capacité à empêcher ou à limiter l'installation, la survie, le développement et la reproduction des parasites, alors que la résilience est la capacité des animaux à tolérer la présence parasitaire et à maintenir leur production. Une alimentation riche en tanins et en protéines permettrait de limiter le développement des parasites.<sup>8</sup>

L'aménagement de pâturages tournants consiste à laisser des périodes de repos entre deux séquences de pâturages.<sup>4</sup> De ce fait, une grande majorité des parasites présents sur la parcelle sans hôte meurent avant la réinstallation de l'élevage quelques semaines plus tard. Limiter à une semaine la présence des animaux sur une parcelle serait l'idéal, mais cela ne confère pas d'avantage quant à la quantité de fourrage qui n'est pas consommée avant le déplacement. Il

est donc utile de bien gérer les pâturages pour optimiser l'alimentation et limiter la ré-infestation.

La sélection génétique est également un levier important. Les caprins peuvent être sélectionnés génétiquement afin de favoriser la résistance aux parasites. L'augmentation du nombre d'animaux résistants contribue à la réduction de l'utilisation des anthelminthiques et à l'amélioration de l'état sanitaire des animaux.<sup>9,10</sup> Dans un schéma de sélection, le choix des individus qui transmettront leurs gènes se base sur différents facteurs, et non pas uniquement sur la résistance aux infestations parasitaires. La production, ou encore les caractéristiques physiques propres à l'espèce locale sont également des critères pris en compte.

Finalement, l'utilisation d'anthelminthique en traitement sélectif ciblé, et non-systématique, permet de réduire fortement le nombre de traitements. Cela consiste à traiter uniquement les animaux incapables de surmonter l'infestation. Pour cela, il est important de connaître le niveau d'infestation de l'animal pour pouvoir proposer un traitement adéquat. Une des méthodes disponibles est la coproscopie, qui consiste à compter le nombre d'œufs par gramme d'échantillon de fèces et donc de quantifier le niveau d'infestation.

Le traitement sélectif demande cependant plus de connaissances et de démarches que le traitement systématique de tous les animaux. Plus on met en pratique les principes de la gestion intégrée, plus on retarde le développement de la résistance des parasites, meilleure est la santé du troupeau, et plus grande est la rentabilité.

L'objectif de cette étude est d'automatiser la méthode de coproscopie, afin de la rendre moins chronophage, mais surtout accessible au plus grand nombre, notamment aux éleveurs, qui ne sont généralement pas équipés et formés à la réalisation de cette technique. La technique de coproscopie verrait donc son efficacité améliorée, car le logiciel donnerait directement des statistiques exploitables. Mais surtout, elle permettrait de réaliser un grand nombre de coproscopies en routine, ce qui faciliterait la mise en place du traitement ciblé.

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Le matériel biologique : les caprins et les nématodes gastro-intestinaux

Les chèvres sont des mammifères de l'ordre des Artiodactyla, la famille des Bovidae et sous-famille des Caprinae, du genre *Capra*. Ce sont des ruminants souvent victimes d'infestations parasitaires, possédant quatre estomacs.

La chèvre Créole (**Figure 1**) est de petite taille, trapue, au profil droit ou concave, et aux oreilles courtes pointées vers l'avant, possédant un poil ras, et dont les robes les plus courantes sont unicolores. Cette espèce locale est élevée pour la production de viande de chevreaux. Sa résistance aux maladies et aux conditions tropicales la rend intéressante pour un élevage dans cette zone. De plus, leur activité sexuelle est continue au cours de l'année, avec une apparition précoce de la puberté, et une reprise rapide de l'activité post-partum permettant une reproduction intense de l'élevage.<sup>11</sup>



Figure 1 : Cabri Créole  
(image de l'INRAE)

Comme elles sont élevées au pâturage, elles disposent d'herbe à volonté et en quantité suffisante, et pour parfaire leur régime, les chèvres reçoivent un complément protéique de soja tous les matins. C'est au niveau de ces parcelles de pâture que s'infestent les chèvres et les chevreaux, en consommant l'herbe des prés et donc les larves infestantes de parasites s'y trouvant.

Les nématodes gastro-intestinaux ayant été observés au microscope sont du sous-ordre des Strongylidés, mais nous nous focaliserons sur *Haemonchus contortus*, espèce prépondérante en milieux chauds et humides. C'est un nématode hématophage de la classe des Chromadorea, de l'ordre des Rhabdita et de la famille des Trichostrongylidae.

Ce nématode possède un cycle biologique (**Figure 2**) interne dans la caillette des ruminants et externe quand il se trouve dans l'herbe des pâturages. Le cycle parasitaire des nématodes suit un schéma assez simple : les petits ruminants au pâturage vont brouter de l'herbe et avaler les larves L3 du parasite. Ces dernières vont venir se loger dans la caillette où elles vont effectuer leur dernière mue et se différencier sexuellement, atteignant le stade d'adulte, et donc la capacité à se reproduire. Après l'accouplement, les femelles pondent des œufs, qui seront relâchés dans le flux d'éléments minéraux et organiques non dégradés, puis excrétés par l'animal infecté sous forme de fèces. Au sol, les œufs éclosent sous 4 à 6 jours en moyenne, pour donner 3 types de larves successives. En général, 3 à 16 jours s'écoulent entre le stade œuf

et la larve L3. Cette dernière est le seul stade larvaire infestant, cependant, elle est très susceptible à la sécheresse et au froid. Leur survie ne dépasse normalement pas quelques mois. La période prépatente, soit le délai entre l'ingestion du parasite au stade infectieux et la première excrétion des œufs dans les fèces, s'étend sur 2 à 3 semaines en général.<sup>7</sup>

Une femelle adulte fécondée produit entre 5 000 et 10 000 œufs de couleur jaunâtre et mesurant environ 80 µm de long pour 45 µm de large (cf **Figure 4**). Or, la charge parasitaire n'a pas besoin d'être très élevée pour avoir une pathogénicité importante. Pour évaluer cette charge parasitaire, on utilise la technique de coproscopie.

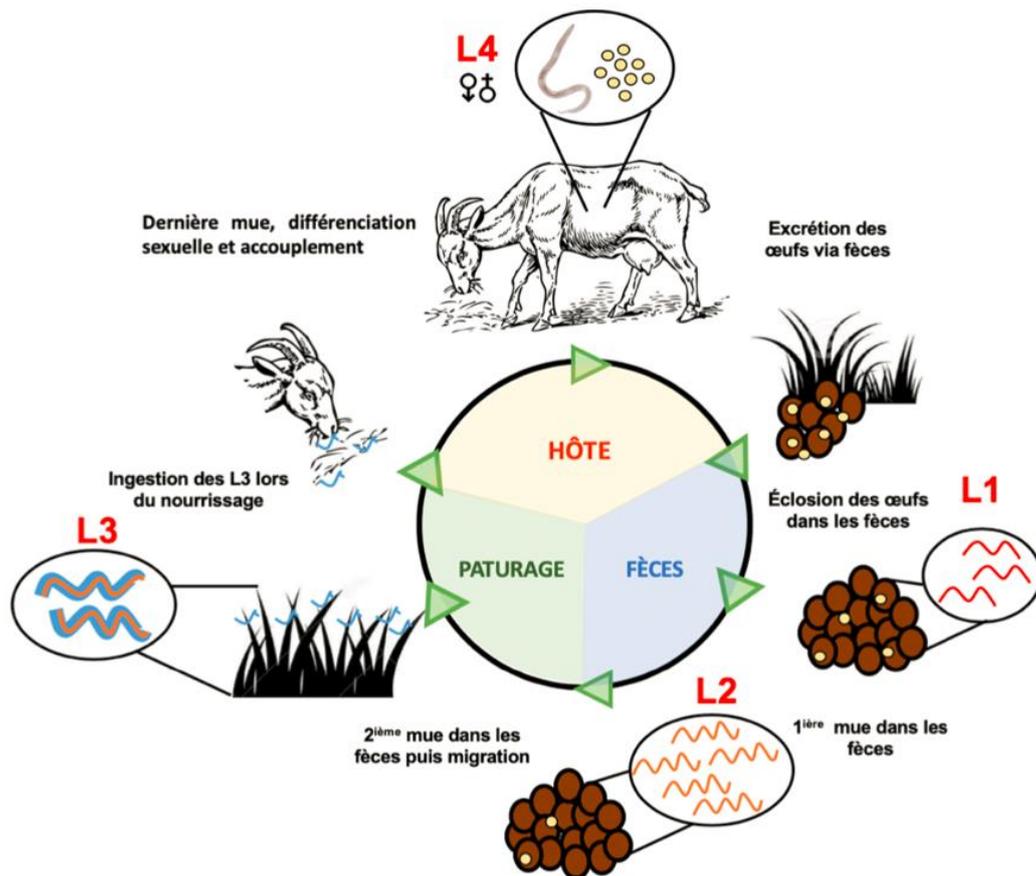


Figure 2 : Schéma du cycle biologique d'*Haemonchus contortus*

Après avoir fait un état des connaissances du matériel biologique et ainsi situés les éléments de mon stage, passons à la partie technique de ce que j'ai appris et réalisé lors de cette formation.

## 2. Mode opératoire de la coproscopie et récolte d'images

La coproscopie est un examen microscopique des excréments qui permet de déterminer et de quantifier une infestation parasitaire en comptant le nombre d'œufs par gramme de matière fécale.

La technique a été développée par Mac Master en 1970 (selon Raynaud) et modifiée en 1997 par Aumont et al.. Elle utilise le principe de flottaison par lequel des fèces diluées dans une solution NaCl saturée de densité 1.21, sépare les éléments de la solution avec une phase solide au fond du tube Falcon, et une phase liquide contenant les éléments parasitaires sous l'action d'une centrifugation.

En plus de quantifier l'infestation parasitaire par les nématodes, on évalue la présence relative des protozoaires observés au microscope (*Moniezia* et *Eimeria*) en indiquant +, ++ ou +++ afin d'adapter le traitement.

La récolte des fèces s'effectue au niveau de l'élevage de Gardel (Le Moule, Guadeloupe), auprès des caprins élevés sur le site, qui est une unité expérimentale de l'INRAE Antilles-Guyane. Arrivé au laboratoire, les échantillons sont préparés puis mis en centrifugation 2 fois : une première fois avec une solution d'eau, et une deuxième fois avec une solution NaCl afin de séparer les phases, avant de placer les solutions sous lame McMaster pour observations microscopiques (**Figure 3**). Après les 2 centrifugations, il ne reste en principe que les œufs de nématodes, mais il y a toujours un taux de débris plus ou moins élevé.



Figure 3 : Lames de McMaster contenant les solutions coproscopiques

### • Observation au microscope et prise de photographies

Les lames de McMaster sont ainsi placées sous un microscope, au grossissement x40, pour pouvoir identifier (**Figure 4**) les œufs et ainsi les dénombrer. Des photographies de ces œufs sont alors réalisées avec une caméra vissée au niveau de l'oculaire afin d'obtenir une multitude d'images pour entraîner le futur algorithme.

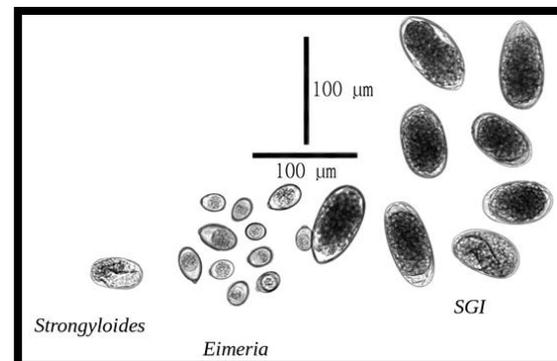


Figure 4 : Représentation schématique des différents éléments parasitaires observable au microscope optique chez les ruminants

- ***Création de la base de données d'images***

Afin de réaliser un grand nombre de coproscopies et donc de récupération d'images, un protocole visant à tester l'efficacité du traitement anthelminthique sur la ferme a été développé. Ceci a consisté à réaliser un premier jeu de coproscopies sur 28 chevrettes pour évaluer leur niveau d'infestation. Après ces coproscopies, les chevrettes ont reçu le vermifuge. 9 jours après ce traitement, un deuxième jeu de coproscopies a été réalisé pour évaluer la diminution du nombre d'œufs par gramme de fèces dû au traitement anthelminthique Zolvix®. Cette diminution est interprétable grâce au taux de réduction.

Un troisième jeu a été effectué dans le cadre d'un nouveau protocole afin d'obtenir d'autres images à annoter. Le comptage des œufs de ces jeux de données a été noté dans un cahier de laboratoire. Les résultats ne seront pas présentés, mais ils seront illustrés dans les annexes.

- ***Taux de réduction l'OPG (Faecal egg count reduction test)***

Le test de réduction du nombre d'œufs dans les fèces<sup>12</sup> est une méthode servant à évaluer le niveau de résistance du traitement anthelminthique et donc l'efficacité de la molécule anthelminthique sur les parasites. Sa formule est simple : si T1 est la moyenne du nombre d'œufs par gramme (OPG) des animaux avant le traitement et T2 la moyenne des OPG des animaux après le traitement, alors le pourcentage de réduction vaut  $100 \times \left(1 - \frac{T2}{T1}\right)$ . On conclut à de la résistance aux anthelminthiques lorsque le pourcentage de réduction est inférieur à 95%.<sup>13</sup>

### ***3. Annotation d'images pour programmer le réseau de neurones***

Afin d'analyser les images obtenues durant les examens coproscopiques, l'outil qui m'a servi à l'annotation d'images obtenues lors des lectures de plaques de coproscopie est VGG Image Annotator (VIA).<sup>14,15</sup> Il s'agit d'un logiciel d'annotation manuelle simple et autonome pour l'image, l'audio et la vidéo, qui s'exécute dans un navigateur Web. Il peut être utilisé pour définir des régions dans une image et créer des descriptions textuelles de ces régions, qui s'importent et s'exportent au format de fichier csv et json. Il est à noter que le choix du logiciel d'annotation n'a pas vraiment d'importance. Ce logiciel m'a permis d'entourer les œufs d'NGI contenu sur les images (**Figure 5**), utile à la programmation de l'algorithme de reconnaissance et de quantification d'une infestation parasitaire.

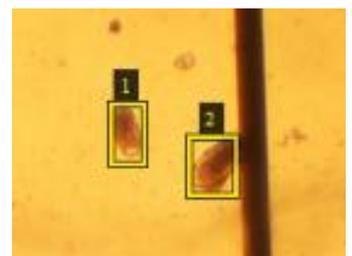


Figure 5: Annotation d'images sur le logiciel VIA

## RESULTATS

- *Exploitation des données par le réseau de neurones*

Afin d'entraîner le réseau de neurones permettant l'élaboration d'un logiciel de détection et de quantification de l'infestation parasitaire des petits ruminants, j'ai annoté 1842 images récoltées à l'aide de la caméra reliée au microscope. Le réseau de neurones, basé sur l'architecture Yolo-v5, a ainsi été entraîné sur 1,737 images et évalué sur 324 images, via un serveur géré par le centre commun de calcul intensif. Son objectif est donc de passer les images en revue, et de renvoyer la position des œufs détectés sur les images sélectionnées.

Enfin, 324 images ont servi à évaluer la qualité de l'algorithme. Les 324 images utilisées pour l'évaluation ont été données au réseau de neurones afin qu'il détecte automatiquement les œufs. Au préalable, ces images avaient été annotées manuellement par mes soins. Il a donc été possible de comparer les résultats entre les différentes annotations pour évaluer l'erreur du réseau de neurones.

- *Taux d'erreur obtenu*

Les premiers résultats de la mise en place de cette méthode sont plutôt satisfaisants. En effet, l'erreur moyenne en nombre d'œufs, et en valeur absolue est de 1.62 œufs, ce qui signifie que l'écart entre les œufs comptés manuellement, et les œufs détectés automatiquement est de 1.62 œufs. Le pourcentage d'erreur entre le nombre d'œufs prédits et le nombre d'œufs localisés est alors fixé à 4,35%. Aussi, la précision et la sensibilité de la méthode sont toutes deux à 90%. Plus précisément, ces résultats signifient que 90% des œufs sont détectés en moyenne, et que les objets décelés sont à 90% bien des œufs.

Le modèle d'erreur (**Figure 6**) est représenté par un modèle linéaire qui permet de savoir si on sous-estime ou si on surestime le nombre d'œufs. Ce modèle prend la forme :  $Y = \mathbf{a}x + \mathbf{b}$  où Y est le nombre d'œufs prédits par l'algorithme et x correspond au vrai nombre d'œufs présents sur l'image annotée manuellement. Nous savons que si le paramètre  $\mathbf{a}$  équivaut à 1 et que le paramètre  $\mathbf{b}$  est égal à 0, le modèle est considéré comme parfait. Dans ce cas, les paramètres  $\mathbf{a}$  et  $\mathbf{b}$  ont des valeurs respectives de 0.97 et 0.31.

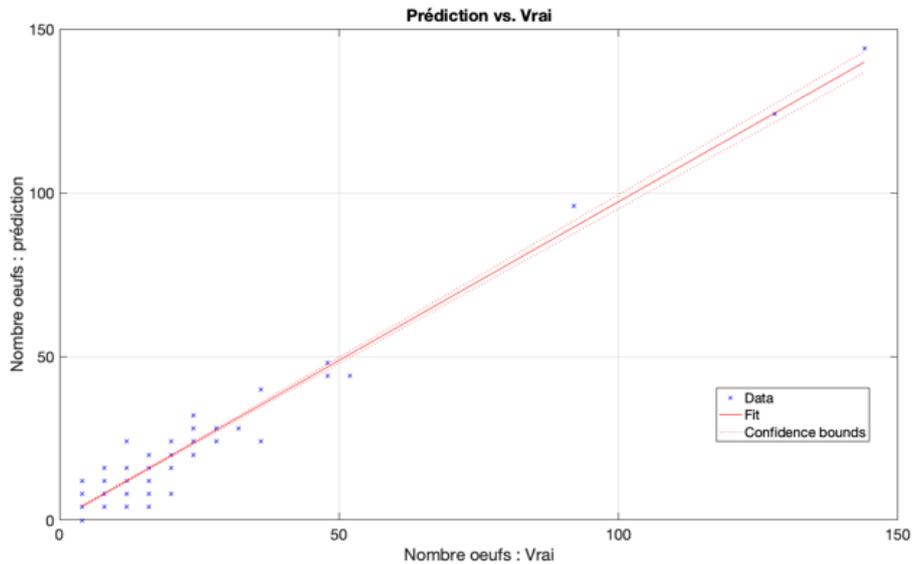


Figure 6 : Modèle linéaire permettant la vérification du rapport de prédiction d'œufs et du nombre d'œufs vrai.

- **Comptage automatique par le réseau de neurones**

Après comptage des annotations sur les 324 images, on constate que 814 annotations entre le réseau de neurones et moi-même sont communes, ce qui veut dire que 814 œufs que j'avais annotés ont également été annotés par l'algorithme.

Il est à noter qu'aucune annotation automatique ne contenait de coccidies ou de strongyloides, mais bien que des œufs de NGI, qui ressemblent pourtant aux œufs de nématodes, mais généralement de taille inférieure et plus en transparence (**Figure 7**).

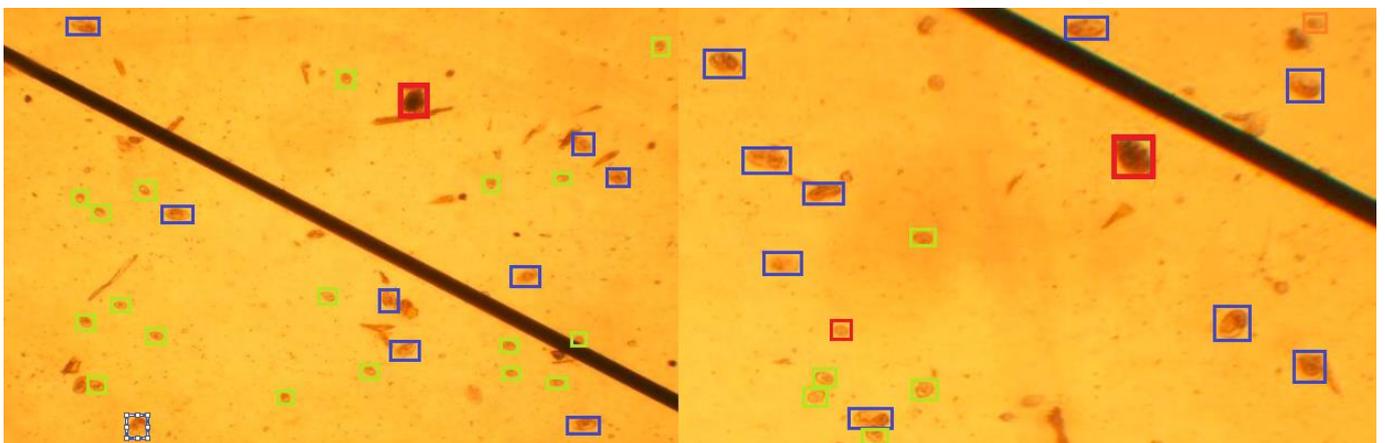


Figure 7 : Capture de 2 images montrant des coccidies (vert) et des strongyloides (bleu) non-annotés par le réseau de neurones, ainsi que des œufs de NGI détectés par l'algorithme (rouge)

Comme nous pouvons le constater sur ces images (**Figure 8**), quand il y a un fort taux de débris sur la lame photographiée, cela semble difficile pour le réseau de neurones de faire le tri, il détecte donc mal des œufs qui sont pourtant très reconnaissables, alors que sur une plaque plus « propre », il détecte même les œufs qui sont coupés par une bande noire du réseau de la lame.

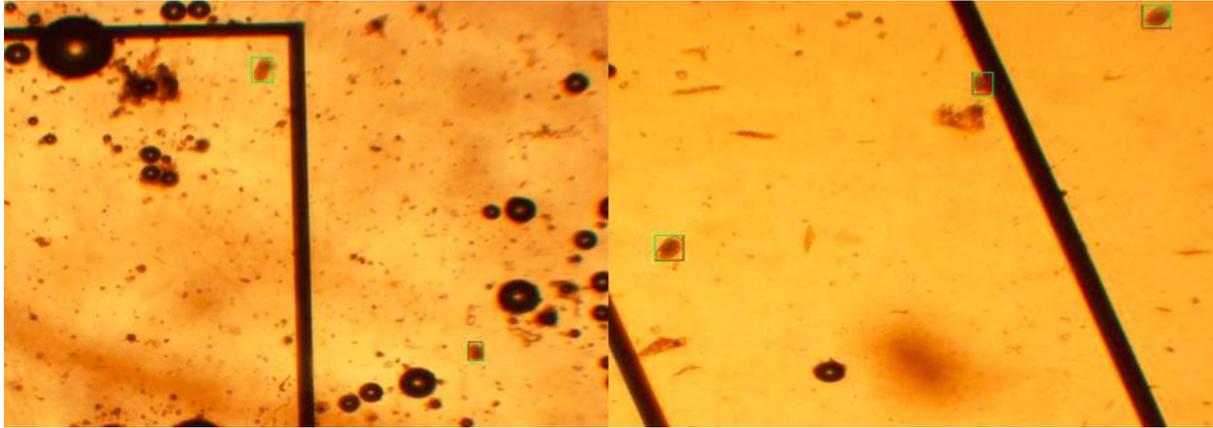


Figure 8 : Comparaison entre une lame avec beaucoup de débris et une lame avec peu de débris

- *Analyse des erreurs de détection*

Le **tableau 1** se propose de caractériser les erreurs, c'est-à-dire lorsque l'annotation automatique diffère de l'annotation manuelle. On distingue 2 types d'erreurs : les faux négatifs, quand les œufs annotés manuellement ne sont pas reconnus par le réseau de neurones, et les faux positifs, quand l'algorithme pense reconnaître un œuf, mais qu'il s'agit en fait d'un débris..

	Faux négatifs	Faux positifs
<b>Œufs</b>	32	8
<b>Œufs en transparence</b>	11	2
<b>Œuf caché par réseau de plaque</b>	16	3
<b>Débris caché par réseau de plaque</b>	0	3
<b>Œuf coupé par image</b>	5	0
<b>Débris coupé par image</b>	0	2
<b>Débris</b>	4	38
<b>Non défini (œuf/débris)</b>	6	10
<b>Œufs cachés par débris</b>	2	0

Tableau 1 : Tableau résumant les causes des faux négatifs et des faux positifs différant selon certains paramètres (débris, netteté, etc.) sur les images évaluées par le réseau de neurones

En tout, il y a eu 76 faux négatifs (somme de la deuxième colonne du **Tableau 1**) non détecté par le réseau de neurones. Parmi ces annotations, 32 étaient des œufs et 11 étaient des œufs en transparence, c'est-à-dire qu'ils se fondent pratiquement dans l'arrière-plan de l'image, probablement à cause d'une mauvaise mise au point du microscope ou un mauvais réglage de la qualité de la caméra y étant reliée. 23 annotations représentaient bien des œufs, mais étaient soit à moitié cachés par les bandes des réseaux de plaques, soit cachés par des débris, soit coupés lors de la photographie. Après réexaminations de ces images, 4 étaient en réalité des débris, et 6 restent non définies entre un œuf et un débris. Ces derniers résultats montrent qu'il est parfois difficile d'identifier les œufs de NGI sur une image dû à la netteté de cette dernière.

Les résultats de l'annotation effectuée par le réseau de neurones montrent que 66 annotations n'avaient pas été repérées manuellement. 8 étaient en réalité des œufs non identifiés humainement, et 5 étaient des œufs assez difficilement détectables, car situés sur les bandes du réseau de la lame ou visible en transparence. Cependant, on observe des faux positifs pour 43 annotations, qui correspondaient à des débris, qu'ils soient cachés par les bandes des réseaux de plaques ou coupés par l'image. De plus, 10 des annotations réalisées par l'algorithme restent non identifiées entre œufs ou débris.

- ***Tests de réduction***

Mon travail de stage a également permis de réaliser une étude concernant l'évaluation de l'efficacité du traitement anthelminthique. Les résultats des analyses coproscopiques obtenus ne sont pas ceux espérés après le traitement : on s'attendait à n'avoir presque aucun œuf de NGI, mais il y avait en moyenne environ 40 œufs par lame McMaster (**Annexe 3**). Après avoir calculé le taux de réduction de l'OPG, le pourcentage de réduction est de 73.4%. Cela démontre donc une résistance aux anthelminthiques des parasites infestants les caprins.

## DISCUSSION

Globalement, le réseau de neurones a bien été entraîné par les annotations réalisées sur les images, car l'erreur moyenne et le pourcentage d'erreur sont plutôt faible. De même, la précision et la sensibilité de la méthode sont assez satisfaisant compte tenu de l'avancée de la technique pour le moment.

Le réseau de neurones programmé détecte donc de manière relativement efficace les œufs de nématodes gastro-intestinaux : il semble reconnaître la forme ovale et la couleur parfois légèrement plus foncé qui se détache de l'arrière-plan de l'image. Aussi, le paramètre de la taille semble entrer en compte. En effet, l'algorithme ne reconnaît pas et n'annote donc pas les autres parasites du genre *Eimeria sp.* ou strongyloides autre qu'*Haemonchus contortus*. C'est plutôt intéressant que le réseau de neurones arrive à différencier les différentes espèces, ou du moins il ne les confond pas, car les strongyloides ressemblent parfois fortement aux œufs de nématodes gastro-intestinaux de l'espèce *Haemonchus contortus*. Cependant, ils sont généralement de tailles plus petites et représentés de façon plus claire sur l'image, en transparence, probablement du fait de la mise au point du microscope qui se concentre sur les œufs de NGI.

Concernant la comparaison des annotations manuelles avec celles du réseau de neurones, on remarque des similarités : les annotations qui diffèrent sont généralement localisées au niveau des bandes noires ou creusées du réseau de la plaque de lecture ou coupées du champ de l'image. Aussi, la qualité de la mise au point du microscope et de la caméra reliée, permet une bonne netteté de la photographie et évite les œufs trop clairs qui se fondent dans l'arrière-plan. De plus, une plaque de lecture contenant trop de débris rend la lecture difficile, car ils peuvent camoufler des œufs ou être confondu avec la forme, la couleur et la taille d'un œuf. En effet, les débris sur les plaques peuvent être une source d'erreur majeure, car il est difficile de distinguer un œuf d'un débris ovale de couleur jaunâtre/brunâtre. Les 38 annotations du réseau de neurones représentant en réalité des débris montrent bien cette difficulté de différenciation.

Évidemment, certains œufs annotés l'ont été par l'algorithme et non manuellement, généralement par oubli manuel ou du fait d'une image ayant une concentration en débris élevée.

On considère que l'annotation manuelle est le modèle du réseau de neurones, mais il est toujours possible de commettre des erreurs d'identification manuellement.

Concernant les objectifs secondaires de la réalisation de ces coproscopies, le premier étant la récolte d'images afin d'entraîner le réseau de neurones, nous avons suivi l'état sanitaire des chèvres créoles testées, et surtout étudié l'efficacité de l'anthelminthique utilisé lors du traitement. Les analyses coproscopiques réalisées après le traitement des animaux hôtes n'étaient pas ceux attendus, car ils ont révélé de nombreux éléments parasitaires. D'autres analyses devront être réalisées, mais d'après les premiers résultats, on en conclut que la molécule de l'anthelminthique Zolvix© semble avoir perdu de son efficacité contre des parasites gastro-intestinaux toujours plus résistants. En effet, comme décrit précédemment, le taux de réduction du nombre d'œufs par gramme de matière fécale indique une résistance des parasites aux anthelminthiques.

## CONCLUSION

Pour conclure, l'examen coproscopique est essentiel au suivi de l'état sanitaire d'un élevage et surtout au suivi de l'efficacité des traitements anthelminthiques. Cependant, la méthode est chronophage et coûteuse. Elle demande de disposer de certains moyens techniques non-disponibles sur le terrain. Surtout, la lecture de plaques des examens coproscopiques et le comptage des œufs sont des activités fastidieuses qui prennent du temps. L'automatisation de la méthode de coproscopie rendrait ces tâches plus rapides, donnant ainsi des résultats plus rapides afin d'administrer un traitement adéquat aux animaux infestés, et donc réaliser, en partie, un bon programme de traitement sélectif dans le cadre de la gestion intégrée.

Sur le plan économique, la mise en place d'un logiciel permettant l'identification et la quantification d'œufs de nématodes gastro-intestinaux donne lieu à un traitement ciblé, retardant usuellement la résistance des NGI aux anthelminthiques. Et retardant l'obsolescence des molécules anthelminthiques contenues dans les vermifuges, on augmente la période d'efficacité de ce produit. De plus, en traitant les caprins au moment opportun avec un traitement ciblé adapté, on peut minimiser la baisse de production et la perte de têtes dans l'élevage.

Les débuts de l'automatisation de la méthode de coproscopie sont prometteurs, bien que des améliorations soient possibles : le réseau de neurones semble avoir été bien entraîné par l'annotation d'images réalisée manuellement, car il identifie les œufs avec une précision et une sensibilité du 90%, soit une marge d'erreur de 10%. L'entraînement d'un second réseau de neurones pourrait être mis en place dans le but de classifier les détections du premier réseau de neurones afin de mieux distinguer les œufs de nématodes gastro-intestinaux et les débris.

## PERSPECTIVES

Pour la suite de l'élaboration de la méthode de détection et de quantification automatisée de l'infestation parasitaire, une personne se chargera du développement d'un logiciel qui utilisera un microscope pour lire les plaques et les photographier automatiquement. Plus précisément, un micro-ordinateur fera bouger des moteurs pour parcourir l'ensemble des lames à analyser, tout en détectant les œufs au fur et à mesure de la lecture.

Au niveau de l'efficacité de l'anthelminthique Zolvix©, des nouveaux traitements puis de nouvelles analyses coproscopiques devront être réalisées afin d'attester l'état de fonctionnement du traitement. Si le résultat du taux de réduction de l'OPG est encore inférieur à 95%<sup>13</sup>, il faudra sûrement revoir la composition du vermifuge.

Lors de ce stage, j'ai acquis différentes compétences, comme la réalisation de la technique de coproscopie, soit un protocole détaillé, en autonomie, ainsi que la patience pour le remplissage des lames McMaster et la rigueur lors du comptage des œufs au microscope. Aussi, l'écriture du rapport de stage est un exercice fastidieux, mais permet d'acquérir un bon esprit de synthèse. Grâce à l'exercice de recherche bibliographique, une part de connaissance est acquise dans un domaine particulier et seul l'essentiel est utile.

A titre informatif, lors de ma première semaine de stage, Yoann FELICITE, considéré comme la référence de l'identification des œufs de nématodes gastro-intestinaux, et moi-même avons annotés une cinquantaine d'images afin de comparer nos résultats. En moyenne, mon taux d'erreur était de 0.30 et la probabilité que je trouve le même nombre d'œufs que Yoann était de 77%. En général, il comptait plus d'œufs que moi, car je ne les détectais pas (entre 1 et 3 œufs de différence), les œufs étant cachés par les bandes des réseaux ou coupés par l'image.

Nous avons refait cet exercice la dernière semaine de mon stage pour suivre l'évolution de mon taux d'erreur, qui est maintenant de 0.19. La probabilité de détecter le même nombre d'œufs est montée à 84%, et il est même arrivé que je détecte des œufs que Yoann n'avait pas repérés. J'ai également annoté des choses qui n'étaient pas des œufs dans quelques cas. Cet exercice m'a permis de quantifier ma progression concernant la détection des œufs de NGI et donc de noter une légère amélioration entre le début et la fin de mon stage.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. INRAE, l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement [Internet]. [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: <https://agriculture.gouv.fr/inrae-linstitut-national-de-recherche-pour-lagriculture-lalimentation-et-lenvironnement>
2. Unité de recherches zootechniques - Accueil [Internet]. [cité 6 janv 2022]. Disponible sur: <https://www6.antilles.inrae.fr/urz/>
3. Chemineau P, Cognié Y, Xandé A, Péroux F, Alexandre G, Lévy F, et al. Le « Cabrit créole » de Guadeloupe et ses caractéristiques zootechniques : monographie. Rev Elev Médecine Vét Pays Trop [Internet]. 1984 [cité 11 févr 2022]; Disponible sur: <https://agritrop.cirad.fr/446641/>
4. Mahieu M. Gestion du parasitisme gastro-intestinal des petits ruminants en zone tropicale humide [Internet] [These de doctorat]. Université de Lorraine; 2014 [cité 5 janv 2022]. Disponible sur: <http://theses.fr/2014LORR0230>
5. De la Chevrotière C. Analyse de la variabilité génétique de la résistance aux strongles gastro-intestinaux chez les chèvres créoles à des fins de sélection et de compréhension des mécanismes [Internet] [These de doctorat]. Antilles-Guyane; 2011 [cité 5 janv 2022]. Disponible sur: <http://theses.fr/2011AGUY0407>
6. Mahieu M, Aumont G, Michaux Y, Alexandre GG, Archimède H, Boval M. L'association d'ovins et de bovins sur prairies irriguées en Martinique. Prod Anim. 1997;10(1):55-65.
7. Gestion intégrée du parasitisme gastro-intestinal chez les moutons [Internet]. 2007 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: [https://cepoq.com/wp-content/uploads/2018/09/guide\\_parasitisme\\_projetfmv\\_cepoq-1.pdf](https://cepoq.com/wp-content/uploads/2018/09/guide_parasitisme_projetfmv_cepoq-1.pdf)
8. Ceriac S. Impacts des interactions entre le statut nutritionnel et parasitisme gastro-intestinal sur les réponses animales chez les petits ruminants [Internet] [These de doctorat]. Antilles; 2018 [cité 5 janv 2022]. Disponible sur: <http://theses.fr/2018ANTI0284>
9. Mandonnet N, Aumont G, Fleury J, Gruner L, Bouix JJ, Vu Tien Khang Bourgoïn J, et al. Résistance aux strongles gastro-intestinaux des caprins. Influence de différents environnements tropicaux sur l'expression du potentiel génétique de résistance. Prod Anim. 1997;10(1):91-8.
10. Jaquot - Gunia M. Conception et optimisation d'un programme de sélection de petits ruminants en milieu tropical : cas du caprin Créole en Guadeloupe [Internet] [These de doctorat]. Paris, AgroParisTech; 2012 [cité 5 janv 2022]. Disponible sur: <http://theses.fr/2012AGPT0039>
11. Alexandre G. Le Cabri Créole, indispensable pour le développement durable de l'élevage. [Internet]. 2010 [cité 11 févr 2022]. Disponible sur: [http://transfaire.antilles.inra.fr/IMG/pdf/fiche\\_Cabri.pdf](http://transfaire.antilles.inra.fr/IMG/pdf/fiche_Cabri.pdf)

12. Cabaret J, Berrag B. Faecal egg count reduction test for assessing anthelmintic efficacy: average versus individually based estimations. *Vet Parasitol.* 7 mai 2004;121(1-2):105-13.
13. Mahieu M, Ferré B, Madassamy M, Mandonnet N. Fifteen years later, anthelmintic resistances have dramatically spread over goat farms in Guadeloupe. *Vet Parasitol.* 15 sept 2014;205(1):379-84.
14. Dutta A, Zisserman A. The VIA Annotation Software for Images, Audio and Video. In: *Proceedings of the 27th ACM International Conference on Multimedia [Internet].* New York, NY, USA: Association for Computing Machinery; 2019 [cité 11 févr 2022]. p. 2276-9. (MM '19). Disponible sur: <https://doi.org/10.1145/3343031.3350535>
15. VGG Image Annotator [Internet]. [cité 31 janv 2022]. Disponible sur: [https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/software/via/via\\_demo.html](https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/software/via/via_demo.html)

## **LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX**

**Figure 1** : Cabri Créole (image de l'INRAE)

**Figure 2** : Schéma du cycle biologique d'*Haemonchus contortus*

**Figure 3** : Lames de McMaster contenant les solutions coproscopiques

**Figure 4** : Représentation schématique des différents éléments parasites observable au microscope optique chez les ruminants

**Figure 5** : Annotation d'images sur le logiciel VIA

**Figure 6** : Modèle linéaire permettant la vérification du rapport de prédiction d'œufs et du nombre d'œufs vrai.

**Figure 7** : Capture de 2 images montrant des coccidies (vert) et des strongyloides (bleu) non-annotés par le réseau de neurones, ainsi que des œufs de NGI (rouge)

**Figure 8** : Comparaison entre une lame avec beaucoup de débris et une lame avec peu de débris

**Tableau 1** : Tableau résumant les causes des faux négatifs et des faux positifs différant selon certains paramètres (débris, netteté, etc.) sur les images évaluées par le réseau de neurones

## ANNEXES

Les annexes correspondent aux résultats des examens coproscopiques réalisés lors du stage et notés dans le cahier de laboratoire prévu à cet effet.

Code Labo	Nature	Type	Espèce animale	Identification animal	Traitement ou régime	Date de prélèvement	Date d'analyse	Prise d'essai KK(g)	Oeufs lu	Volume lu(CT)	bandes lues	facteur de dilution	OPG	Coccidies	Monezia	Strongyloides	Observations
PB74866	Copro	CHTR320	Caprin	21145		04/01/2022	11/01/2022	2,10	23	0,3	12	59	1357	1	.	.	.
PB74867	Copro	CHTR320	Caprin	21146		04/01/2022	11/01/2022	1,82	21	1	12	20	420	1	.	.	.
PB74868	Copro	CHTR320	Caprin	21152		04/01/2022	11/01/2022	4,80	63	0,3	12	28	1764	1	.	1	.
PB74869	Copro	CHTR320	Caprin	21159		04/01/2022	11/01/2022	4,38	44	0,3	12	30	1320	1	.	1	.
PB74870	Copro	CHTR320	Caprin	21171		04/01/2022	11/01/2022	4,66	34	0,3	12	28	952	1	.	1	.
PB74871	Copro	CHTR320	Caprin	21177		04/01/2022	11/01/2022	4,99	69	1	12	8	552	1	.	.	.
PB74872	Copro	CHTR320	Caprin	21182		04/01/2022	11/01/2022	3,07	42	1	12	12	504	1	.	1	.
PB74873	Copro	CHTR320	Caprin	21183	Traité le 31/12/21	04/01/2022	11/01/2022	4,41	0	1	12	9	0	1	.	1	.
PB74874	Copro	CHTR320	Caprin	21184		04/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB74875	Copro	CHTR320	Caprin	21192		04/01/2022	11/01/2022	4,55	151	0,3	12	29	4379	1	.	1	.
PB74876	Copro	CHTR320	Caprin	21194		04/01/2022	11/01/2022	2,50	89	0,3	12	50	4450	1	.	1	.
PB74877	Copro	CHTR320	Caprin	21200		04/01/2022	11/01/2022	2,16	16	1	12	17	272	1	.	1	.
PB74878	Copro	CHTR320	Caprin	21208	Traité le 31/12/21	04/01/2022	11/01/2022	4,58	0	1	12	9	0	1	.	.	.
PB74879	Copro	CHTR320	Caprin	21209	Traité le 31/12/21	04/01/2022	11/01/2022	0,35	25	0,3	12	337	8425	1	.	1	.
PB74880	Copro	CHTR320	Caprin	21212		04/01/2022	11/01/2022	1,93	25	1	12	19	475	1	.	1	.
PB74881	Copro	CHTR320	Caprin	21213		04/01/2022	13/01/2022	2,16	27	1	12	17	459	1	.	.	.
PB74882	Copro	CHTR320	Caprin	21214		04/01/2022	13/01/2022	2,94	48	0,3	12	43	2064	1	.	1	.
PB74883	Copro	CHTR320	Caprin	21215		04/01/2022	13/01/2022	4,88	34	1	12	8	272	1	.	1	.
PB74884	Copro	CHTR320	Caprin	21217		04/01/2022	13/01/2022	3,97	42	1	12	10	420	1	.	.	.
PB74885	Copro	CHTR320	Caprin	21218		04/01/2022	13/01/2022	4,82	22	0,3	12	28	616	1	.	1	.
PB74886	Copro	CHTR320	Caprin	21226		04/01/2022	13/01/2022	2,90	27	0,3	12	44	1188	1	.	.	.
PB74887	Copro	CHTR320	Caprin	21228		04/01/2022	13/01/2022	2,66	60	0,3	12	47	2820	1	.	.	.
PB74888	Copro	CHTR320	Caprin	21229		04/01/2022	13/01/2022	4,97	41	1	12	8	328	1	.	.	.
PB74889	Copro	CHTR320	Caprin	21234		04/01/2022	13/01/2022	2,53	89	0,3	12	49	4361	1	.	.	.
PB74890	Copro	CHTR320	Caprin	21238		04/01/2022	.	.	.	.	12	.	.	.	.	.	Abs
PB74891	Copro	CHTR320	Caprin	21239		04/01/2022	13/01/2022	3,22	28	1	12	12	336	1	.	1	.
PB74892	Copro	CHTR320	Caprin	21241		04/01/2022	13/01/2022	4,60	191	0,3	6	57	10887	1	.	1	.
PB74893	Copro	CHTR320	Caprin	21245	Traité le 31/12/21	04/01/2022	13/01/2022	2,04	0	0,3	12	61	0	1	.	.	.
	Copro	CHTR320	Caprin	21248		04/01/2022	13/01/2022	3,41	24	1	12	11	264	1	.	1	.

Annexe 1 : Résultats des premières analyses coproscopiques, les caprins venaient d'être installés au pâturage

Code Labo	Nature	Type	Espèce animale	Identification animal	Traitement ou régime	Date de prélèvement	Date d'analyse	Prise d'essai KK(g)	Oeufs lu	Volume lu(CT)	bandes lues	facteur de dilution	OPG	Coccidies	Monezia	Strongyloides	Observations
PB75056	Copro	CHTR320	Caprin	21145		11/01/2022	17/01/2022	4,83	114	0,3	12	27	3078	1	.	.	.
PB75057	Copro	CHTR320	Caprin	21146		11/01/2022	17/01/2022	4,48	52	0,3	12	29	1508	1	.	.	.
PB75058	Copro	CHTR320	Caprin	21152		11/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75059	Copro	CHTR320	Caprin	21159		11/01/2022	17/01/2022	4,42	133	0,3	12	30	3990	1	.	1	Débris
PB75060	Copro	CHTR320	Caprin	21171		11/01/2022	17/01/2022	4,97	206	0,3	6	54	11124	1	.	.	.
PB75061	Copro	CHTR320	Caprin	21177		11/01/2022	17/01/2022	4,81	61	1	12	8	488	2	.	.	.
PB75062	Copro	CHTR320	Caprin	21182		11/01/2022	17/01/2022	4,81	112	0,3	12	28	3136	1	.	1	.
PB75063	Copro	CHTR320	Caprin	21183		11/01/2022	17/01/2022	4,32	0	1	12	9	0	1	.	.	.
PB75064	Copro	CHTR320	Caprin	21184		11/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75065	Copro	CHTR320	Caprin	21192		11/01/2022	17/01/2022	5,04	103	0,3	12	26	2678	1	.	1	.
PB75066	Copro	CHTR320	Caprin	21194		11/01/2022	17/01/2022	4,47	108	0,3	12	29	3132	1	.	.	Débris
PB75067	Copro	CHTR320	Caprin	21200		11/01/2022	17/01/2022	4,84	72	1	12	8	576	2	.	.	Tube éclaté
PB75068	Copro	CHTR320	Caprin	21208		11/01/2022	17/01/2022	4,63	1	1	12	9	9	1	.	.	.
PB75069	Copro	CHTR320	Caprin	21212		11/01/2022	17/01/2022	4,03	29	0,3	12	32	928	1	.	1	.
PB75070	Copro	CHTR320	Caprin	21213		11/01/2022	18/01/2022	4,29	35	0,3	12	31	1085	1	.	.	.
PB75071	Copro	CHTR320	Caprin	21214		11/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75072	Copro	CHTR320	Caprin	21215		11/01/2022	18/01/2022	2,81	67	1	12	13	871	2	.	.	Insuffisant
PB75073	Copro	CHTR320	Caprin	21217		11/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75074	Copro	CHTR320	Caprin	21218		11/01/2022	18/01/2022	4,84	43	0,3	12	27	1161	1	.	.	.
PB75075	Copro	CHTR320	Caprin	21226		11/01/2022	18/01/2022	1,18	34	0,3	12	102	3468	2	.	.	Insuffisant
PB75076	Copro	CHTR320	Caprin	21228		11/01/2022	18/01/2022	4,92	147	0,3	12	27	3969	1	.	.	.
PB75077	Copro	CHTR320	Caprin	21229		11/01/2022	18/01/2022	1,69	15	1	12	22	330	.	.	.	Insuffisant
PB75078	Copro	CHTR320	Caprin	21234		11/01/2022	18/01/2022	4,44	201	0,3	6	59	11859	1	.	.	.
PB75079	Copro	CHTR320	Caprin	21238		11/01/2022	18/01/2022	4,50	100	0,3	12	29	2900	2	.	1	.
PB75080	Copro	CHTR320	Caprin	21239		11/01/2022	18/01/2022	4,94	56	1	12	8	448	.	.	.	.
PB75081	Copro	CHTR320	Caprin	21241		11/01/2022	18/01/2022	4,96	689	0,3	6	54	37206	2	.	1	.
PB75082	Copro	CHTR320	Caprin	21245		11/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75083	Copro	CHTR320	Caprin	21248		11/01/2022	18/01/2022	4,24	53	0,3	12	31	1643	2	.	1	.

Annexe 2 : Résultats des deuxièmes analyses coproscopiques, une semaine après l'installation des caprins au pâturage

Code Labo	Nature	Type	Espèce animale	Identification animal	Traitement ou régime	Date de prélèvement	Date d'analyse	Prise d'essai KK(g)	Oeufs lu	Volume lu(CT)	bandes lues	facteur de dilution	OPG	Coccidies	Monezia	Strongyloides	Observations
PB75111	Copro	CHTR320	Caprin	21145		20/01/2022	31/01/2022	3,02	19	1	12	13	247	.	.	.	.
PB75112	Copro	CHTR320	Caprin	21146		20/01/2022	31/01/2022	2,53	9	1	12	15	135	.	.	.	.
PB75113	Copro	CHTR320	Caprin	21152		20/01/2022	31/01/2022	4,92	52	1	12	8	416	.	.	.	.
PB75114	Copro	CHTR320	Caprin	21159		20/01/2022	31/01/2022	4,60	31	1	12	9	279	.	.	.	.
PB75115	Copro	CHTR320	Caprin	21171		20/01/2022	31/01/2022	7,39	84	0,3	12	19	1596	1	.	.	.
PB75116	Copro	CHTR320	Caprin	21177		20/01/2022	31/01/2022	2,66	18	1	12	14	252	1	.	.	.
PB75117	Copro	CHTR320	Caprin	21182		20/01/2022	31/01/2022	7,13	30	1	12	6	180	1	.	1	.
PB75118	Copro	CHTR320	Caprin	21183		20/01/2022	31/01/2022	4,28	8	1	12	9	72	1	.	.	.
PB75119	Copro	CHTR320	Caprin	21184		20/01/2022	31/01/2022	5,38	17	1	12	8	136	1	.	.	.
PB75120	Copro	CHTR320	Caprin	21192		20/01/2022	31/01/2022	4,06	22	1	12	10	220	1	.	.	.
PB75121	Copro	CHTR320	Caprin	21194		20/01/2022	31/01/2022	3,45	48	1	12	11	528	1	.	.	.
PB75122	Copro	CHTR320	Caprin	21200		20/01/2022	31/01/2022	0,52	1	1	12	68	68	.	.	.	Insuffisant
PB75123	Copro	CHTR320	Caprin	21208		20/01/2022	31/01/2022	3,14	4	1	12	12	48	1	.	.	.
PB75124	Copro	CHTR320	Caprin	21212		20/01/2022	31/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75125	Copro	CHTR320	Caprin	21213		20/01/2022	31/01/2022	6,70	37	0,3	12	21	777	2	.	.	.
PB75126	Copro	CHTR320	Caprin	21214		20/01/2022	31/01/2022	6,24	96	0,3	12	22	2112	1	.	1	.
PB75127	Copro	CHTR320	Caprin	21215		20/01/2022	31/01/2022	5,46	23	1	12	7	161	1	.	1	.
PB75128	Copro	CHTR320	Caprin	21217		20/01/2022	31/01/2022	6,23	37	1	12	7	259	1	.	.	.
PB75129	Copro	CHTR320	Caprin	21218		20/01/2022	31/01/2022	5,04	39	1	12	8	312	1	.	1	.
PB75130	Copro	CHTR320	Caprin	21226		20/01/2022	31/01/2022	6,52	55	1	12	6	330	1	.	.	.
PB75131	Copro	CHTR320	Caprin	21228		20/01/2022	31/01/2022	1,60	43	0,3	12	76	3268	1	.	.	.
PB75132	Copro	CHTR320	Caprin	21229		20/01/2022	31/01/2022	6,38	1	1	12	6	6	1	.	.	.
PB75133	Copro	CHTR320	Caprin	21234		20/01/2022	31/01/2022	3,76	75	0,3	12	34	2550	1	.	.	.
PB75134	Copro	CHTR320	Caprin	21238		20/01/2022	31/01/2022	6,12	56	0,3	12	22	1232	2	.	.	.
PB75135	Copro	CHTR320	Caprin	21239		20/01/2022	31/01/2022	0,55	18	1	12	65	1170	.	.	.	Insuffisant
PB75136	Copro	CHTR320	Caprin	21241		20/01/2022	31/01/2022	5,60	229	0,3	6	48	10992	1	.	.	.
PB75137	Copro	CHTR320	Caprin	21245		20/01/2022	31/01/2022	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Abs
PB75138	Copro	CHTR320	Caprin	21248		20/01/2022	31/01/2022	6,36	25	0,3	12	22	550	.	.	.	.

Annexe 3 : Résultats des troisièmes analyses coproscopiques, une semaine après le vermifuge des caprins