

la détection de la résistance aux anthelminthiques

Guillaume Sallé¹
Claire Laugier²

¹INRA UMR1282
Infectiologie et Santé Publique
37380 Nouzilly

²Anses Laboratoire de Pathologie équine
de Dozulé
14430 Goustranville

Objectifs pédagogiques

- Connaître les méthodes de détection des nématodes *in vivo*.
- Savoir les mettre en œuvre, les adapter et les interpréter.
- Connaître l'existence de tests *in vitro*.

Essentiel

- Le test de réduction d'excrétion fécale des œufs est actuellement le test de référence pour les cyathostomes et *P. equorum*.
- La mesure du temps de ré-excrétion des œufs dans les matières fécales permet de détecter une résistance en devenir.
- Des tests *in vitro* existent, mais la corrélation avec les valeurs des tests *in vivo* est mal connue et leur valeur ajoutée reste limitée en pratique.

chez les nématodes parasites des équidés

L'incidence et la prévalence des populations de nématodes parasites d'équidés résistants aux anthelminthiques, sont en constante augmentation à l'échelle mondiale. Il s'agit notamment des cyathostomes et de *Parascaris spp.* La France ne déroge pas à ce constat. Des tests fiables et faciles à mettre en place sont nécessaires pour prévenir et pour gérer la sélection de parasites résistants.

Durant les 40 dernières années, la gestion des nématodes parasites, notamment d'équidés, a reposé sur l'administration d'anthelminthiques de synthèse à des dates fixes, et selon un mode non discriminant entre les individus [14].

Une telle pression de sélection, appliquée sur des populations parasites extrêmement diverses, a entraîné l'émergence d'isolats parasitaires résistants, voire multi-résistants, à l'échelle mondiale [14, 25].

- Les études réalisées en France démontrent la même tendance :

- une inefficacité quasi généralisée des benzimidazoles (BZ) face aux cyathostomes [23] ;
- un défaut de contrôle de *P. equorum* par l'ivermectine en Normandie [11].

- Les méthodes de lutte doivent donc être repensées. Un contrôle régulier de l'efficacité des anthelminthiques prescrits est notamment nécessaire. Ce contrôle régulier permet de s'assurer de l'efficacité du traitement proposé, donc de la qualité du service offert, et offre également la possibilité de surveiller l'évolution des populations de parasites.

- L'association mondiale de parasitologie vétérinaire (WAAVP) a édité une synthèse sur les tests de détection de la résistance aux

anthelminthiques et sur leurs mises en œuvre [3]. Par ailleurs, la recherche se poursuit pour rendre ces tests fiables et faciles à utiliser. Les principaux tests sont décrits dans cet article.

LE TEST DE RÉDUCTION D'EXCRÉTION FÉCALE DES ŒUFS (FECRT) : LA MÉTHODE DE RÉFÉRENCE

- Pour quantifier avec certitude l'efficacité d'une molécule, il est nécessaire d'abattre un lot d'animaux infestés après vermifugation, afin de compter le nombre de parasites présents [6]. Cette méthode, aussi appelée "test critique" (*critical test* en anglais) n'est pas applicable en dehors de protocoles expérimentaux.

- Une mesure indirecte (*Faecal egg count reduction test*, FECRT), qui quantifie le pourcentage de réduction d'excrétion fécale des œufs de parasites après traitement avec le composé à tester (benzimidazoles, BZ, pyrantel, PYR, ou lactones macrocycliques, LM) est donc utilisée. Cette mesure est, à ce jour, la seule technique validée pour quantifier l'efficacité d'un anthelminthique vis-à-vis des strongles *in vivo*.

En outre, en l'absence d'autres méthodes, elle est la seule applicable pour détecter la résistance de *P. equorum* [20].

Ce test se déroule en trois étapes :

- la coproscopie de qualification ;
- la vermifugation à J0 ;
- la coproscopie de contrôle 14 j après le traitement, associée au calcul de l'efficacité (encadré).

LA MESURE DE LA DURÉE DE RÉ-APPARITION DES ŒUFS DANS LES MATIÈRES FÉCALES

- La mesure de la durée de ré-apparition des œufs de strongles (*Egg reappearance period*, ERP) dans les matières fécales est définie comme la période entre le dernier vermifuge et la ré-apparition d'un niveau d'excrétion significatif.

Cette mesure consiste à réaliser des coproscopies hebdomadaires après vermifugation,

CHEVAL

■ Crédit Formation Continue :
0,05 CFC par article

la détection de la **résistance aux anthelminthiques** chez les nématodes**Encadré - Le test de réduction d'excrétion fécale des œufs (FECRT)****Étape 1 : La coproscopie de qualification (J -1 à J -7)**

● Le test de réduction d'excrétion fécale des œufs requiert une coproscopie avant traitement. Celle-ci permet de quantifier le niveau d'excrétion initial et de n'inclure dans le test que des chevaux présentant un niveau d'excrétion suffisant pour quantifier la réduction après le traitement.

● La WAAVP (association mondiale de parasitologie vétérinaire) recommande un comptage d'œufs/g (OPG) supérieur à 150 œufs/g [3], et que le test soit mené sur les chevaux les plus infestés possible.

1. Pour les cyathostomes

● L'excrétion fécale d'œufs de cyathostomes est sur-dispersée (environ 20 p. cent des chevaux sont responsables de 80 p. cent de l'excrétion totale d'œufs d'un troupeau [10, 12, 28]).

→ Pour cette première coproscopie, il est donc conseillé de doubler les effectifs, par rapport à l'effectif final recherché.

● Retenir des individus sujets à l'infestation (entre 2 et 5 ans, l'immunité étant particulièrement longue à se mettre en place [12]) et qui pâturent depuis au moins 6 semaines (période prépatente moyenne des cyathostomes de 42 j [4]) optimise le nombre de chevaux infestés, et diminue la quantité de travail.

Par ailleurs, ces animaux ne doivent pas avoir été vermifugés depuis au moins 2 mois (3 mois dans le cas d'une administration de moxidectine à cause de sa rémanence). Il s'agit, en effet, de la période minimale avant la ré-apparition des œufs fécaux de cyathostomes dans la matière fécale après traitements (cf. *infra* [2, 5, 18]).

2. Pour *Parascaris* spp

● Le même type de recommandations s'applique à *Parascaris* spp, en ciblant des

poulains de 3 à 6 mois, qui sont les plus excréteurs [11]. D'autre part, la période prépatente étant de 75 à 80 j [20], il est peu probable d'avoir une coproscopie positive dans les 90 j après un traitement à l'ivermectine, et dans les 100 j après un traitement avec de la moxidectine.

Étape 2 : La vermifugation (J0)

● La vermifugation doit intervenir dans un délai relativement court après la coproscopie de qualification, même si les valeurs de coproscopie d'un cheval varient peu d'un jour sur l'autre [18].

● Le test standard (*photo 1*) est mené sur un lot de chevaux vermifugés et sur un lot témoin facultatif, non vermifugé. Cela permet d'évaluer la dynamique d'excrétion des populations de parasites et évite ainsi la confusion entre efficacité du principe actif et réduction naturelle de l'excrétion.

● La dose d'anthelminthique doit être adaptée au poids de l'équidé, mesuré par une balance ou à l'aide d'un ruban. L'IFCE (Institut Français du Cheval et de l'Équitation) propose une liste de formules adaptées aux différents gabarits rencontrés [8].

Étape 3 : La coproscopie de contrôle après traitement (J14) et le calcul de l'efficacité

● Suite à la vermifugation, une coproscopie de contrôle est réalisée 14 à 17 jours après la vermifugation [3]. Ce délai vise à s'assurer que l'inhibition de ponte qui peut intervenir après traitement soit levée, évitant ainsi de faux négatifs [2].

● Pour obtenir des résultats interprétables, il est recommandé que les lots soient composés d'au moins six chevaux.

● En fonction de la stratégie adoptée, avec ou sans lot témoin, le pourcentage d'efficacité est alors déterminé avec les formules suivantes [17] :

- Sans lot témoin :

$$\text{p. cent efficacité} = [1 - \text{OPG}(J14)/\text{OPG}(J0)] \times 100$$

- avec lot témoin :

$$\text{p. cent efficacité} = [1 - \text{OPG}(\text{témoin } J0) / \text{OPG}(\text{témoin } J14) \times \text{OPG}(\text{traités } J14) / \text{OPG}(\text{traités } J0)] \times 100$$

● Une valeur inférieure à 90 p. cent était initialement considérée comme indicatrice de résistance [1]. La communauté scientifique semble cependant s'accorder sur un seuil relevé à 95 p. cent pour les LM [14]. Ces seuils ont été décidés sur la base de l'efficacité observée après la mise sur le marché des produits anthelminthiques [14].

● L'Association américaine des vétérinaires équins propose différentes interprétations pour les valeurs moyennes obtenues, reportées dans le **tableau 1**.

● Les résultats du FECRT s'appliquent à la population parasitaire d'une structure équestre dans sa globalité, et non à un individu (sauf s'il est introduit sur l'élevage). Ainsi, il n'est pas possible qu'un seul individu soit porteur de parasites résistants, au sein d'un groupe montrant des niveaux d'efficacité attendus [18].

Néanmoins, ce type de situation est souvent rencontré et souligne la forte variabilité inhérente à ce test [18].

● Le FECRT, bien qu'il soit le test de référence, ne dispose que d'une sensibilité très limitée. Il ne rend compte de la résistance que pour une prévalence de parasites résistants supérieure ou égale à 25 p. cent de la population [13].

Les autres limites de ce test sont sa lourdeur logistique et financière puisque deux prélèvements et séries d'analyses sont à envisager.

afin de déterminer la semaine de réapparition des œufs dans les matières fécales. ● D'autres auteurs préfèrent appliquer un seuil plus conservatif. Ils considèrent ainsi que l'ERP correspond à la semaine où la moyenne des opg (œufs par gramme) dépasse de 10 p. cent la moyenne des opg avant traitement [14]. Cette mesure est expérimentale et relativement chronophage car les ERP classiquement observés sont de l'ordre de 5 semaines au moins. Elle permet toutefois de détecter des niveaux de résistance débutants, indétectables par le FECRT. En effet, une population de parasites peut être sensible à une dose thérapeu-

Tableau 1 - Propositions de seuils par l'AAEP pour l'interprétation du FECRT vis-à-vis des strongles d'équidés (d'après [14])

Molécule anthelminthique	Efficacité attendue	Sensible	Résistance suspectée	Résistance avérée
● Fenbendazole / Oxibendazole	99 %	> 95 %	90 - 95 %	< 90 %
● Pyrantel	94 - 99 %	> 90 %	85 - 90 %	< 85 %
● Ivermectine / Moxidectine	99,9 %	> 98 %	95 - 98 %	< 95 %*

thique, mais peut disposer d'un niveau de résistance suffisant à certaines doses inférieures comme celles mesurées en queue de traitement.

Dans ce cas, l'ERP peut mettre en évidence une ré-installation précoce de ces populations qui aurait été qualifiée de sensibles sur

la détection de la **résistance aux anthelminthiques** chez les nématodes

Tableau 2 - Période de réapparition des œufs de cyathostomes dans les matières fécales après vermifugation (d'après [14])

Molécule	ERP* usuel lorsque la molécule est efficace	ERP* lors de la mise sur la marché de la molécule
● Fenbendazole / Oxibendazole	4 - 5 semaines	6 semaines
● Pyrantel	4 - 5 semaines	5 - 6 semaines
● Ivermectine	6 - 8 semaines	9 - 13 semaines
● Moxidectine	10 - 12 semaines	16 - 22 semaines

* ERP = *Egg reappearance period*



1 Œufs d'*O. Equi* embryonné [règle = 50 µm] d'après [21].

Essentiel

La mesure de la durée de ré-apparition des œufs de strongles consiste à réaliser des coprosopies hebdomadaires après vermifugation, afin de déterminer la semaine de réapparition des œufs dans les matières fécales.

La biologie particulière d'*O. Equi*, dont la femelle dépose ses œufs aux marges anales, rend la coproscopie, donc le FECRT, inutile.

la base du FECRT (**tableau 2**). Elle prend notamment tout son sens pour les molécules à rémanence plus longue (ivermectine, moxidectine), pour lesquelles des populations légèrement résistantes peuvent être amenées à résister à une dose moindre en queue de traitement. A ce jour, aucune application de cette mesure n'a été appliquée aux ascarides.

LE CAS PARTICULIER D'OXYURIS EQUI

● L'inefficacité des lactones macrocycliques (LM) dans le contrôle d'*O. equi* a été rapportée dans les deux dernières décennies. La dernière constatation a été effectuée en Allemagne [26].

A l'heure actuelle, aucune base scientifique ne confirme cette résistance [22]. Mais les rapports d'inefficacité conduisent à penser que l'efficacité des lactones macrocycliques est sub-optimale face à cette espèce [21].

Néanmoins, il peut être intéressant d'évaluer l'efficacité thérapeutique d'un protocole anthelminthique.

● La biologie particulière de cette espèce, dont la femelle dépose ses œufs aux marges anales, rend la coproscopie, et donc le *Faecal egg count reduction test (FECRT)* inutile [7].

Geste : Le test d'efficacité recommandé se base donc sur l'application d'un scotch sur les marges anales, appliqué ensuite sur une lame de verre. L'examen de cette lame révèle alors la présence d'œufs bruns, de 45 × 90 microm, et qui présentent un bouchon muqueux à une extrémité (**photo 1**) [21].

Conseil : Lors du traitement contre *Ostertagia equi*, il est recommandé de nettoyer l'anus afin d'éliminer les œufs déposés auparavant, et de réaliser un test du scotch hebdomadaire durant un mois [21].

LA MÉTHODE DE DÉTECTION IN VITRO

● La mise au point de tests *in vitro* pourrait permettre de simplifier les mesures d'effi-

cacité, tout en évitant la lourdeur du FECRT.

● Néanmoins, à ce jour, très peu d'outils *in vitro* sont validés pour mesurer l'efficacité des anthelminthiques, et la plupart des développements proposés concernent les cyathostomes.

Les tests de détection de la résistance aux benzimidazoles : un intérêt limité ?

● Deux tests, peuvent être mis en place pour détecter spécifiquement la résistance aux benzimidazoles : le test d'éclosion des œufs et la détection des mutations causales (test de biologie moléculaire) [3].

Le test d'éclosion des œufs

● Le test d'éclosion des œufs se base sur l'effet ovicide des benzimidazoles, qui est amoindri ou absent en cas de résistance [3]. Il présente l'avantage d'être facile et rapide [15].

● Pour mener à bien ce test, les œufs sont extraits de crottins frais et mis à incuber en présence de concentrations graduelles de benzimidazoles.

Après 48 h d'incubation, le nombre de larves écloses est déterminé. Le pourcentage d'efficacité est déterminé en comparant la quantité de larves écloses à celle d'un lot témoin négatif [3].

● Ce test n'a toutefois pas été standardisé pour les cyathostomes et aucune donnée n'est disponible pour relier les valeurs d'EC50 (concentration à laquelle 50 p. cent des œufs n'éclosent pas) aux mesures de résistance *in vivo* [25].

En pratique :

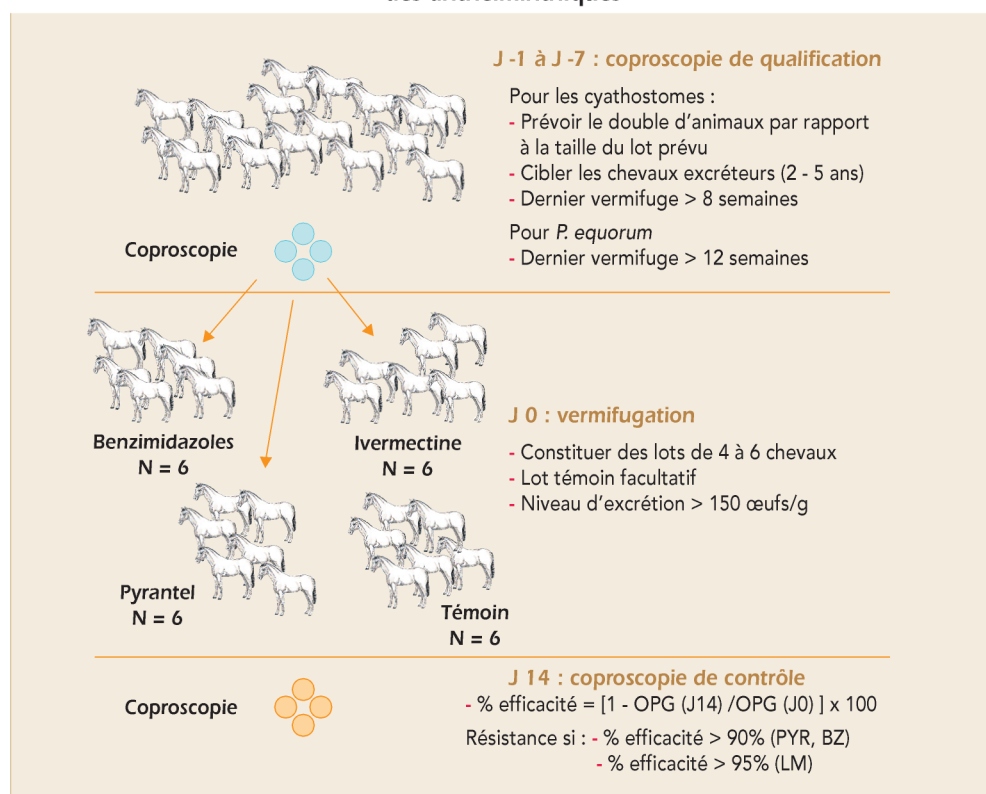
- Les matières fécales doivent être maintenues à 4°C et traiter le plus rapidement possible, afin de ralentir au maximum le développement des œufs.

- Ce test est donc difficile à réaliser sur le terrain.

- Si cette condition n'est pas respectée, le nombre d'œufs récoltés peut être fortement diminué, et la présence d'œufs à un

la détection de la **résistance aux anthelminthiques** chez les nématodes

Figure - Mise en place d'un protocole de mesure de l'efficacité des anthelminthiques



Nouveau !

La mise au point de tests *in vitro* permettrait de simplifier les mesures d'efficacité, tout en évitant la lourdeur du *Faecal egg count reduction test (FECRT)*.

Références

1. Bauer C, Merkt JC, Janke-Grimm G, coll. Prevalence and control of benzimidazole-resistant small strongyles on german thoroughbred studs. *Vet. Parasitol.* 1986;21(3):189-203.
2. Boersema JH, Eysker M, Maas J, coll. Comparison of the reappearance of strongyle eggs on foals, yearlings and adult horses after treatment with ivermectin or pyrantel. *Vet. Q.* 1996;18(1):7-9.
- 2 bis. Bourdoiseau G. Diagnostic et traitement des affections parasitaires lors de syndrome diarrhéique chez le cheval. *Le Nouveau Praticien Vét équine* 2006;8(2):355-359.
3. Coles GC, Jackson F, Pomroy WE, coll. The detection of anthelmintic resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet. Parasitol.* 2006;136(3-4):167-85.
4. Corning S. Equine cyathostomins: a review of biology, clinical significance and therapy. *Parasit. Vectors.* 2009;2(Suppl 2):S1.
5. Demeulenaere D, Verduyck J, Dorny P, coll. Comparative studies of ivermectin and moxidectin in the control of naturally acquired cyathostome infections in horses. *Vet. Rec.* 1997;141(15):383-6.
6. Drudge JH, Lyons ET. Methods in the evaluation of antiparasitic drugs in the horse. *Am. J. Vet. Res.* 1997;38(10):1581-6.
7. Enigk K. Zur biologie und bekämpfung von oxyuris equi. *Tropenmed U Parasitol.* 1949; 149:259-79.
8. Estimation du poids- Haras-nationaux. <http://www.haras-nationaux.fr/information/accueil-equipaedia/alimentation/comprendre-la-nutrition/estimation-du-poids.html>
9. Janssen IJ, Krücken J, Demeler J, coll. Genetic variants and increased expression of *Parascaris equorum* p-glycoprotein-11 in populations with decreased ivermectin susceptibility. *PLoS One.* 2013;8(4):e61635.
10. Kornas S, Sallé G, Skalska M, coll. Estimation of genetic parameters for resistance to gastrointestinal nematodes in pure blood arabian horses. *Int. J. Parasitol.* 2015;45(4):237-42.
11. Laugier C, Sévin C, Ménard S, coll. Prevalence of *Parascaris equorum* infection in foals on French stud farms and first report of ivermectin-resistant *P. equorum* populations in France. *Vet Parasitology*, 2012;188(1-2):185-89.
12. Lester HE, Matthews JB. Faecal worm egg count analysis for targeting anthelmintic treatment in horses: points to consider. *Equine Vet. J.* 2013.

► Suite p. 22

stade avancé de développement peut biaiser les résultats [15].

Les mutations causales

● La détection des mutations causales (gène de synthèse de la β -tubuline) de la résistance aux benzimidazole par PCR peut également être mise à profit.

● Chez les cyathostomes, deux mutations ont été identifiées (codons 167 et 200 de l'isotype 1 du gène de la β -tubuline) et associées à la résistance aux BZ [25].

Néanmoins, les populations de cyathostomes comprennent un nombre élevé d'espèces, pouvant varier d'une population à l'autre, rendant l'association des tests moléculaires et du phénotype de résistance très délicate à interpréter [25]. De plus, la prévalence élevée des populations de cyathostomes résistantes aux BZ remet en question l'intérêt de ces tests. En outre, aucun cas de *Parascaris* spp. résistant aux benzimidazoles n'a été publié [14] et aucune des mutations classiquement associées à la résistance aux benzimidazoles n'a été mise en évidence [24].

Le test d'inhibition du développement larvaire

● A la différence du test d'éclosion des œufs, le test de développement larvaire peut être appliqué pour chacune des trois

classes d'anthelminthiques, mais donne un résultat plus tardif (10 j) [3].

Le test consiste à faire éclore les œufs en larves de stade 2 (48 h), et à exposer ces larves aux molécules d'intérêt, afin d'évaluer le pourcentage de larves ayant pu se développer en larve de stade 3 après une semaine d'incubation [3].

● Un kit commercial, le DrenchRite® est disponible (*Microbiology screening technologies*).

● Le test de développement larvaire sur des populations de cyathostomes n'est décrit que dans deux études, à ce jour.

Toutefois, leurs conclusions se sont avérées identiques : les forts niveaux de variabilité intra- et inter-isolat de ce test le rendent inutile en l'état actuel [15, 25].

Le test d'inhibition de la mobilité larvaire

● Le test d'inhibition de la mobilité larvaire vise à mesurer la capacité des larves de stade 3 à se mouvoir en présence de concentrations graduelles de molécules anthelminthiques paralysantes, pyrantel (paralysie spastique) ou lactone macrocyclique (paralysie flasque) [15].

Ce test a été mis en œuvre pour tester l'efficacité d'extraits de plantes [19] et tester la résistance à l'ivermectine [19].

Définition

Coproculture : incubation des matières fécales durant 12 j, qui permet l'évolution des œufs en larves infestantes.

Références (suite)

13. Martin PJ, Anderson N, Jarrett RG. Detecting benzimidazole resistance with faecal egg count reduction tests and in vitro assays. *Aust. Vet. J.* 1989;66(8):236-40.
14. Matthews JB. Anthelmintic resistance in equine nematodes. *Int. J. Parasitol.* 2014;4(3):310-5.
15. Matthews JB, McArthur C, Robinson A, coll. The in vitro diagnosis of anthelmintic resistance in cyathostomins. *Vet. Parasitol.* 2012;185(1):25-31.
16. McArthur CL, Handel IG, Robinson A, coll. Development of the larval migration inhibition test for comparative analysis of ivermectin sensitivity in cyathostomin populations. *Vet. Parasitol.* 2015;212(3-4):292-8.
17. Mejia MB, Fernandez Igartua B, Schmidt E, coll. Multispecies and multiple anthelmintic resistance on cattle nematodes in a farm in argentina: the beginning of high resistance? *Vet. Res.* 2003;34(4):461-7.
18. Nielsen M, Mittel L, Grice A, coll. American association of equine practitioners parasite control guidelines. 2013.
19. Payne SE, Kotze AC, Durmic Z, coll. Australian plants show anthelmintic activity toward equine cyathostomins *in vitro*. *Vet. Parasitol.* 2013;196(1-2):153-60.
20. Reinemeyer CR. Anthelmintic resistance in non-strongylid parasites of horses. *Vet. Parasitol.* 2012;185(1):9-15.
21. Reinemeyer CR, Nielsen MK. Review of the biology and control of oxyuris equi: biology and control of oxyuris equi. *Equine Vet. Educ.* 2014;26(11):584-91.
22. Reinemeyer CR, Prado JC, Nichols EC, coll. Efficacy of pyrantel pamoate and ivermectin paste formulations against naturally acquired oxyuris equi infections in horses. *Vet. Parasitol.* 2010;171(1-2):106-10.
23. Traversa D, Castagna G, von Samson-Himmelstjerna G, coll. Efficacy of major anthelmintics against horse cyathostomins in france. *Vet. Parasitol.* 2012;188(3-4):294-300
24. Tydén E, Dahlberg J, Karlberg O, coll. Deep amplicon sequencing of preselected isolates of parascaris equorum in β -tubulin codons associated with benzimidazole resistance in other nematodes. *Parasit. Vectors.* 2014;7(1):410.
25. Von Samson-Himmelstjerna G. Anthelmintic resistance in equine parasites – detection, potential clinical relevance and implications for control. *Vet. Parasitol.* 2012;185(1):2-8.
26. Wolf D, Hermosilla C, Taubert A. *Oxyuris equi*: lack of efficacy in treatment with macrocyclic lactones. *Vet. Parasitol.* 2014;201(1-2):163-8.
27. Wood ELD, Matthews JB, Stephenson S, coll. Variation in fecal egg counts in horses managed for conservation purposes: individual egg shedding consistency, age effects and seasonal variation. *Parasitology.* 2012;1-14.

Les auteurs déclarent ne pas être en situation de conflit d'intérêt.

la détection de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

- Les larves obtenues après coproculture (**définition**) sont récoltées par la technique de Baermann avant d'être mises en présence de la molécule à tester durant 2 h à 26°C. Après incubation, les larves sont déposées sur une plaque 96 puits équipée de filtres de 25 μ m, retenant les larves immobiles, mais qui permettent aux larves actives de passer. Les larves ayant migré sont dénombrées après 2 h, afin de déterminer le pourcentage de migration corrigé par rapport au niveau de migration des témoins négatifs.
- Les résultats obtenus par Mc Arthur et coll. [16] suggèrent une bonne corrélation avec les résultats d'efficacité obtenus *in vivo*. Les valeurs des tests *in vitro* permettent de discriminer des isolats associés à un FECRT > 95 p. cent, de ceux ayant un FECRT < 95 p. cent. Néanmoins, il semble que les résultats du test soient inversement corrélés à la date du dernier traitement. D'autres développements sont donc nécessaires avant sa généralisation [16].

PgP-11 comme marqueur de la résistance à l'ivermectine chez *Parascaris. equorum* ?

- Face à la recrudescence des cas de *Parascaris. equorum* résistants à l'ivermectine, une étude a cherché à mettre en évidence la base génétique de cette résistance [14]. Celle-ci compare l'expression différentielle de différentes pompes d'efflux (P-glycoprotéine) entre des isolats résistants, et d'autres non exposés à l'ivermectine.

- Janssen et coll. [9] ont identifié trois mutations dans le gène P-gp11, ainsi qu'une sur-expression de ce gène dans les isolats résistants [9]. Cette surexpression n'a pas été mise en évidence sur les œufs, mais sur les jeunes adultes.

Quoiqu'intéressants sur le plan mécanistique, ces résultats méritent d'une part d'être confirmés dans d'autres populations, et semblent d'autre part difficilement applicables en pratique.

La collecte de jeunes adultes réclamerait en effet, soit une autopsie, soit un traitement alternatif (benzimidazole par exemple) après un premier échec thérapeutique constaté.

CONCLUSION

- A ce jour, le FECRT (*Faecal egg count reduction test*) reste le test de référence pour détecter la résistance chez les principaux nématodes d'équidés (cyathostomes, *P. equorum*). Bien que souffrant d'inconvénients majeurs tels que la complexité logistique ou le manque de sensibilité, elle reste relativement simple à réaliser et peu onéreuse en dehors du temps de travail associé.

- Cet investissement constitue un service primordial pour maintenir à la fois l'efficacité d'un arsenal thérapeutique limité et la confiance des clients utilisateurs.

En mettant ce test en œuvre sur une base annuelle ou bisannuelle, il permet également aux praticiens de se réappropriier un champ d'activité démedicalisé ces dernières décennies. □

formation continue

1. Le test FECRT peut-il être réalisé sans lot témoin ?
 - a. oui
 - b. non
2. Suite à une coproscopie de qualification dans un centre équestre, seuls huit chevaux excrétaient plus de 150 opg. :
 - a. je ne peux pas réaliser de FECRT, car l'effectif est trop réduit
 - b. je peux tester une seule molécule, avec un lot de six chevaux
 - c. je peux tester deux molécules, avec deux lots de quatre chevaux
3. Pour réaliser un FECRT, les crottins :
 - a. peuvent être conservés à 4°C pendant une semaine avant d'être traités par coproscopie
 - b. peuvent passer la journée dans la voiture avant d'être conservés à 4°C à la clinique
 - c. doivent être conservés à 4°C rapidement et traités dans la journée
4. L'ERP classique de la moxidectine est de :
 - a. 4 semaines
 - b. 6 semaines
 - c. 8 semaines
5. Le test d'éclosion des œufs est-il validé pour mesurer la résistance aux lactones macrocycliques ?
 - a. oui
 - b. non