

état des lieux de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

des équidés

Claire Laugier

Ansès Laboratoire de Pathologie équine
de Dozulé
14430 Goustranville

Depuis la première description d'une résistance des cyathostomes à la phénothiazine en 1960, les phénomènes de résistance aux anthelminthiques se sont étendus à d'autres molécules et à d'autres espèces parasites. Voici un état des lieux de la résistance chez les nématodes parasites du tractus digestif des équidés précisant les espèces parasites et les molécules concernées, la localisation géographique de la résistance et sa fréquence dans les pays où elle a été détectée.

La résistance aux anthelminthiques est maintenant un problème émergent pour l'industrie équine mondiale ; elle ne concerne que les espèces parasites à cycle évolutif monoxène simple, en particulier celles dont le cycle est court. Ainsi, les premiers cas de résistance aux anthelminthiques chez les nématodes des équidés concernaient la phénothiazine et ont été décrits chez les cyathostomes d'abord au Royaume-Uni en 1960, puis aux États-Unis en 1961 [18]. Par la suite, la résistance au thiabendazole a été rapportée aux États-Unis (Kentucky), après seulement quelques années d'utilisation [11].

- Depuis les années 60, les phénomènes de résistance aux anthelminthiques chez les cyathostomes n'ont cessé de progresser, impliquant de nouvelles molécules et affectant de nouvelles régions d'élevage sur plusieurs continents.

- Plus récemment, la résistance a été rapportée chez *Parascaris equorum*, parasite à fort pouvoir pathogène, et suspectée chez *Oxyuris equi*.

- Cet article dresse un bilan de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes parasites du tractus digestif des équidés.

LES ANTHELMINTHIQUES DISPONIBLES POUR LES ÉQUIDÉS

- Depuis une trentaine d'années environ, trois familles d'anthelminthiques sont disponibles pour le traitement et le contrôle des infestations par des nématodes parasites chez les équidés : les benzimidazoles (fenbendazole et mébendazole), la famille des tétrahydropyrimidines, dont l'unique représentant utilisé chez les équidés est le pyrantel, et les lactones macrocycliques (ivermectine et moxidectine).

- A l'échelle du marché mondial, les lactones macrocycliques sont les anthelminthiques les plus utilisés [33].

- En France, l'autorisation de mise sur le marché (AMM) de la pipérazine a été supprimée il y a quelques années. Or, c'était le seul principe actif appartenant à la famille des composés hétérocycliques autorisé pour un usage chez les équidés.

LA RÉSISTANCE AUX ANTHELMINTHIQUES CHEZ LES CYATHOSTOMES

La résistance aux benzimidazoles

- Mis sur le marché dans les années 1960, les benzimidazoles (BMZ) étaient la première classe d'anthelminthiques à large spectre commercialisée pour les chevaux.

- La résistance au thiabendazole a été décrite dès 1965 puis, très rapidement, elle a concerné l'ensemble des molécules de la même famille à l'exception de l'oxibendazole qui, pendant quelque temps, a conservé une certaine efficacité sur les cyathostomes résistants aux autres benzimidazoles [18].

- Par ailleurs, il a été démontré que l'administration de fenbendazole à la dose stan-

Objectifs pédagogiques

- Connaître les espèces de nématodes qui ont développé des résistances aux anthelminthiques et les familles de molécules concernées.

- Connaître la répartition géographique et la fréquence des résistances connues, notamment en Europe.

Essentiel

- Les nématodes parasites des équidés résistants aux anthelminthiques sont, en France, les cyathostomes (environ 50 espèces) et *Parascaris equorum*.

- Chez les cyathostomes, la résistance aux benzimidazoles est largement répandue au plan mondial et les écuries et élevages hébergeant des populations résistances sont maintenant majoritaires.

- La résistance des cyathostomes au pyrantel est présente en Europe et notamment en France.

CHEVAL

■ Crédit Formation Continue :
0,05 CFC par article

état des lieux de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

Tableau 1 Répartition géographique de la résistance aux anthelminthiques chez les cyathostomes et *Parascaris equorum*

Anthelminthiques Famille chimique	Parasites (espèce ou groupe)			
	Cyathostomes		<i>Parascaris equorum</i>	
	Statut	Localisation	Statut	Localisation
● Benzimidazoles	Résistance	Plus de 21 pays dont États-Unis, Canada, Australie, Nouvelle Zélande, Afrique du Sud et 12 pays d'Europe	Résistance	Australie
● Tétrahydropyrimidines ● Pyrantel	Résistance	14 pays dont États-Unis, Canada, Australie et 11 pays d'Europe	Résistance	États-Unis, Australie
● Lactones macrocycliques ● Ivermectine ● Moxidectine	Réduction d'efficacité Réduction d'efficacité	États-Unis, Brésil, Australie, Europe (Finlande, Royaume-Uni, Italie, Allemagne, France) Brésil, États-Unis, Royaume-Uni	Résistance Résistance	États-Unis, Canada, Brésil, Australie, Europe (Pays-Bas, Suède, Danemark, Finlande, Italie, Allemagne, France), Canada
● Composés hétérocycliques ● Pipérazine	Résistance	États-Unis, Brésil, Royaume-Uni		
● Benzimidazoles et Pyrantel	Résistance	États-Unis et Europe (Italie, Royaume-Uni, Allemagne, France)	Résistance	Australie
● Benzimidazoles et Ivermectine ● Pyrantel et Ivermectine	Résistance	Italie, Royaume-Uni	Suspicion de résistance Résistance	Australie États-Unis
● Benzimidazoles, Pyrantel et Ivermectine	Résistance	Brésil, Royaume-Uni		

Essentiel

■ Les lactones macrocycliques (LM) restent efficaces sur les cyathostomes dans la plupart des élevages testés. Cependant, la résistance de ces espèces aux lactones macrocycliques semble émerger dans plusieurs pays.

■ La résistance de *Parascaris equorum* aux lactones macrocycliques, et notamment à l'ivermectine, est maintenant décrite dans de nombreux pays industrialisés dont la France.

dard pendant 5 jours consécutifs n'était pas efficace vis-à-vis de populations de cyathostomes préalablement identifiées comme résistantes, grâce à un test de réduction du nombre d'œufs ou FECRT (*fecal egg count reduction test*) réalisé après un traitement unique adulticide [38].

● La résistance des cyathostomes aux benzimidazoles (BMZ) connaît à présent une distribution mondiale (tableau 1, figure 1). En effet, elle a été identifiée dans plus de 21 pays [30, 33].

- En Europe, elle a été rapportée dans 12 pays dont la France [6, 42], l'Italie [41], le Royaume-Uni [23, 41], la Belgique [10], l'Allemagne [41], la Suède [24] et le Danemark [8].

- Elle est également présente au Canada [40], aux États-Unis [19, 38], au Brésil [31]

ainsi qu'en l'Australie [35], en Nouvelle Zélande [16] et en Afrique du Sud [9].

● Dans les pays où la résistance aux BMZ a été détectée, la fréquence des écuries ou des élevages hébergeant des populations résistantes peut être très importante. Elle varie de 70 p. cent à 100 p. cent [19, 23, 24, 41].

En France, une étude récente portant sur 30 élevages répartis dans 12 départements a confirmé la présence de cyathostomes résistants aux BMZ dans 94 p. cent des élevages testés [42] (tableau 2).

→ Ainsi, dans les élevages pratiquant des traitements fréquents, la résistance aux benzimidazoles semble être la règle plutôt que l'exception.

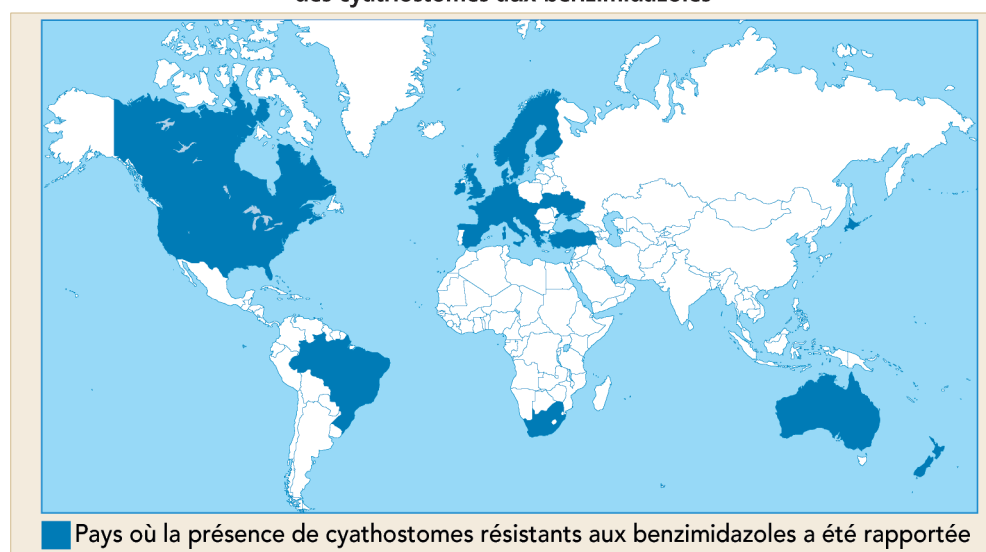
● Environ 50 espèces de cyathostomes ont été décrites chez les équidés parmi lesquel-

CHEVAL

état des lieux de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

Tableau 2 Bilan de la résistance aux anthelminthiques chez les cyathostomes et *Parascaris equorum* en France

	Parasites	
	Cyathostomes	<i>Parascaris equorum</i>
● Résistance aux Benzimidazoles	Présente -Très répandue (94 p. cent des élevages testés) [42]	Non décrite
● Résistance au Pyrantel (embonate)	Présente (10 p. cent des élevages testés) [42]	Non décrite
● Résistance aux Lactones macrocycliques	Présente (cas isolés) [41]	Décrite (Normandie) [15, 22]
● Résistance multiple (Benzimidazoles et Pyrantel)	Présente [42]	Non décrite

Figure 1 - Répartition géographique de la résistance des cyathostomes aux benzimidazoles

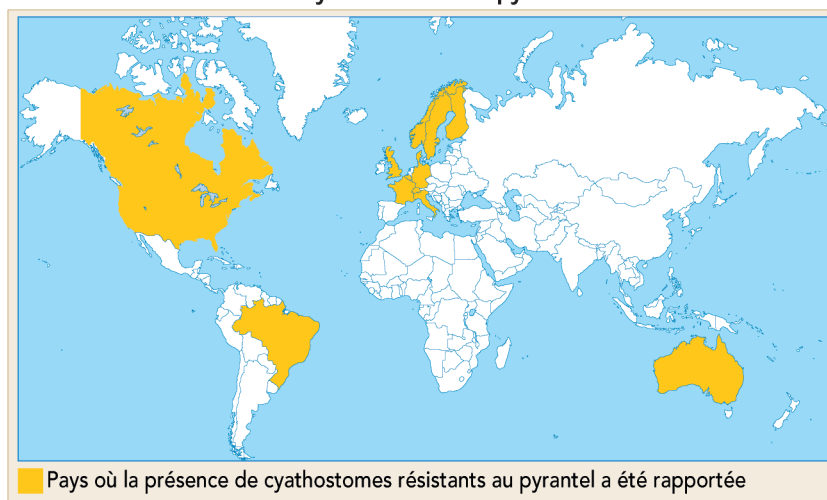
les 12 ont une forte prévalence et constituent 99 p. cent de la charges parasitaire totale [18]. La résistance aux benzimidazoles a été démontrée chez 10 de ces 12 espèces [14, 18] ; en particulier chez *Cyathostomum catinatum*, *Cyathostomum coronatum*, *Cylico-cyclus nassatus*, *Cylicostephanus goldi* et *Cylicostephanus longibursatus* [26]. Il s'agit en fait des espèces les plus fréquentes, et par conséquent les plus soumises au processus de sélection.

Cependant, ces données suggèrent que la plupart, si ce n'est la totalité des espèces de cyathostomes, possèdent la diversité génétique nécessaire pour répondre avec succès à la pression de sélection induite par les traitements et devenir résistantes [18].

La résistance au pyrantel

● Les sels de pyrantel (PYR) sont commercialisés pour les chevaux depuis les années 1970 ; en France et en Europe, seul l'embonate de pyrantel est distribué alors qu'en Amérique du Nord, ce sont les sels de

pamoate et de tartrate. Cependant, les premiers cas de résistance n'ont été identifiés qu'assez tardivement, dans les années 1990, aux États-Unis [4], ainsi qu'en Norvège [17] et au Danemark [8].

Figure 2 - Répartition géographique de la résistance des cyathostomes au pyrantel

état des lieux de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

Encadré 1 - Résistance des cyathostomes à la moxidectine (MOX) chez les ânes du *Donkey Sanctuary* (Dorset, Angleterre)

- Le premier échec de traitement de la moxidectine (MOX) vis-à-vis des cyathostomes a été rapporté chez des ânes du *Donkey Sanctuary*, organisation caritative britannique consacrée au bien-être des ânes [43]. Dans cet établissement, une spécialité pharmaceutique dont le principe actif est la MOX et possédant une AMM pour les bovins par voie intramusculaire a été administrée par voie orale à des ânes à l'occasion de deux essais terrain.
- Lors du premier essai, des examens coproscopiques ont été réalisés sur 600 ânes au cours de la saison estivale de pâture afin de suivre le délai de réapparition des œufs (*egg reappearance period* ou ERP), après traitement avec la moxidectine (MOX) : les résultats ont montré un *egg reappearance period* de 8 semaines.
- Dans le second essai, un test de réduction

du nombre d'œufs (*fecal egg count reduction test* ou FECRT) a été pratiqué sur deux groupes d'ânes, 25 jours après traitement avec la moxidectine (MOX) dans le premier groupe, et 14 jours après dans le second. La réduction moyenne du nombre d'œufs était de seulement 31 p. cent et, de 87 p. cent, 25 et 14 jours après traitement respectivement.

- Les auteurs ont estimé que la diminution d'efficacité et le raccourcissement de l'ERP étaient probablement liés à une résistance des populations locales de cyathostomes à la moxidectine (MOX). Cependant, deux autres considérations sont également à prendre en compte pour expliquer les résultats et nuancer cette conclusion [32] :

1. l'administration par voie orale à des ânes d'une spécialité destinée aux bovins par voie intramusculaire a certainement

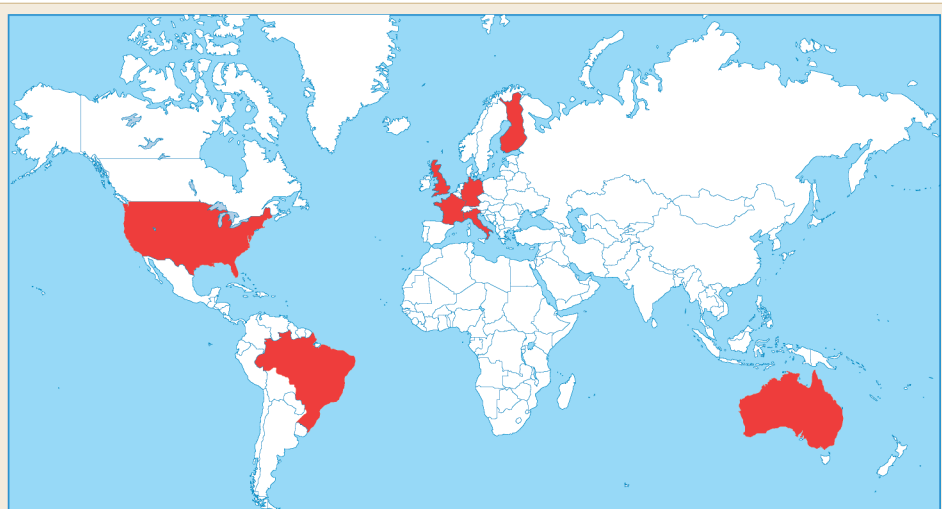
modifié la pharmacocinétique du principe actif, ce qui expliquerait au moins partiellement les résultats obtenus ;

2. par ailleurs, les caractéristiques de la pharmacocinétique des lactones macrocycliques (LM) ne sont pas connues chez les ânes et les doses à administrer à cette espèce pour chacune des deux LM ne peuvent pas être extrapolées à partir des données obtenues chez les chevaux.

→ Il est donc possible que les doses administrées aux ânes dans cette étude n'aient pas été adaptées.

Ainsi, Matthews rappelle la nécessité d'utiliser des spécialités ayant une AMM pour l'espèce animale concernée et aux doses recommandées afin d'éviter à la fois un défaut d'efficacité du principe actif et de favoriser l'apparition de populations parasites résistantes [30].

Figure 3 - Répartition géographique de la résistance des cyathostomes aux lactones macrocycliques



■ Pays où une réduction d'efficacité des lactones macrocycliques sur les cyathostomes a été rapportée

- A ce jour, des populations de cyathostomes résistantes au PYR ont été détectées dans 14 pays (pour trois continents) (tableau 1, figure 2) dont 11 pays d'Europe : le Danemark, la Finlande, l'Allemagne, l'Estonie, l'Italie, la Suisse, la Norvège, la Suède, le Royaume-Uni, la Belgique et la France [10, 21, 33].

- La fréquence des élevages hébergeant des vers résistants serait moindre par rapport aux BZM : environ un tiers des élevages testés en Allemagne, en Italie et au Royaume-Uni [41].

- En France, sur 30 élevages examinés, la résistance au PYR a été suspectée dans six élevages (20 p. cent) et confirmée dans trois (10 p. cent) [42] (tableau 2).

- La résistance au PYR semble plus répandue aux États-Unis où, contrairement à l'Europe, le tartrate de PYR est disponible depuis plus de 20 ans sous une forme administrée quotidiennement à faible dose dans l'alimentation [19]. Ainsi, dès 2004, environ 40 p. cent des élevages du Sud des États-Unis (Géorgie, Caroline du Sud, Floride, Kentucky et Louisiane) hébergeaient des cyathostomes résistants au PYR [19].

état des lieux de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

Encadré 2 - Les tests critiques ou "critical tests" : définition, avantages et inconvénients

- Les tests critiques ou "critical tests" sont pratiqués pour déterminer l'efficacité d'un principe actif. Des animaux infestés sont traités avec la molécule à tester. Les parasites, éliminés après traitement, sont collectés, comptés et identifiés. Cinq à 7 jours plus tard, les animaux sont euthanasiés et les charges parasitaires persistantes sont évaluées et identifiées.
- Le moment de l'autopsie est fondamen-

tal pour la validité du test car la durée d'élimination des parasites dépend du mécanisme d'action de l'anthelminthique testé.

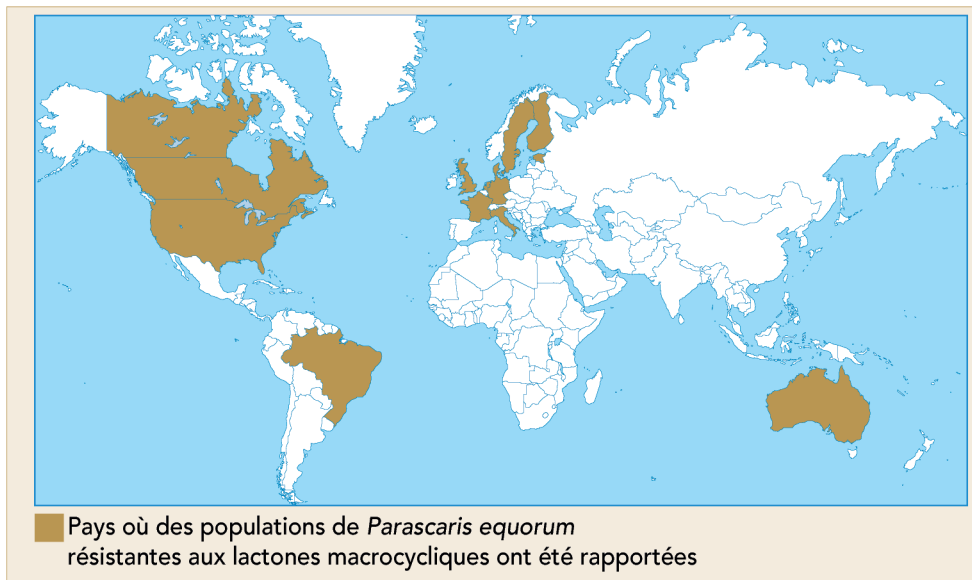
- L'efficacité du principe actif est calculée selon la formule :

$$\text{pourcentage d'efficacité} = \frac{\text{nombre de parasites éliminés}}{\text{nombre de parasites éliminés} + \text{nombre de parasites restant}} \times 100$$

- L'avantage de ce test est que chaque animal est son propre témoin et que les variations individuelles des charges parasitaires ne sont pas sources d'erreur.

Néanmoins, la méthode présente des inconvénients en ce qui concerne les parasites gastro-intestinaux car ils peuvent être dégradés au cours de la traversée du tube digestif, et le caractère vermicide ou vermifuge du produit influe sur les résultats.

Figure 4 - Répartition géographique de la résistance de *Parascaris equorum* aux lactones macrocycliques



La résistance aux lactones macrocycliques

- Le groupe des lactones macrocycliques comprend les avermectines et les milbémycines dont les représentants respectifs, possédant une AMM pour les équidés, sont l'ivermectine (IVM) et la moxidectine (MOX).
- Bien que l'IVM ait été l'anthelminthique le plus utilisé chez les chevaux pendant les 20 dernières années, aucune suspicion de résistance vis-à-vis de cette molécule n'avait été rapportée chez les cyathostomes jusqu'à très récemment [30]. Ce retard dans l'apparition de la résistance pourrait résulter du manque d'efficacité de l'IVM sur les larves pariétales qui ne seraient donc pas soumises à la pression de sélection [18, 39] et/ou de l'implication de mécanismes génétiques complexes dans l'acquisition de la résistance. Les parasitologues estiment cependant que le développement de la résistance aux LM est inévitable [39].
- Les lactones macrocycliques montrent encore régulièrement des niveaux d'effica-

cité élevés dans la plupart des élevages testés. C'est le cas notamment en Australie, aux États-Unis, au Royaume-Uni, en Suède, en Italie et en France [19, 23, 24, 35, 41, 42]. Cependant, des preuves d'une réduction d'efficacité de l'IVM ont été rapportées dans un nombre limité d'élevages et se fondaient sur :

1. des résultats de FECRTs au Brésil, en Finlande, en Italie et au Royaume-Uni ;
2. un raccourcissement de l'*egg reappearance period* (EPR) après traitement (4 semaines - 5 semaines), au Brésil, en Allemagne, au Royaume-Uni et aux États-Unis ;
3. des résultats de tests critiques (ou *critical tests*) aux États-Unis (**tableau 1, figure 3**) [33].

Ces derniers ont permis de montrer que le raccourcissement de l'ERP était lié au développement de résistance chez les larves lumenales de stade 4, l'efficacité moyenne de l'IVM vis-à-vis de ces larves n'étant que de 55 p. cent [28].

Références

1. Armstrong SK, Woodgate RG, Gough S et coll. The efficacy of ivermectin, pyrantel and fenbendazole against *Parascaris equorum* infection in foals on farms in Australia. *Veterinary Parasitology*, 2014;205(3-4):575-80.
2. Boersema JH, Eysker M, Nas JW. Apparent resistance of *Parascaris equorum* to macrocyclic lactones. *Veterinary Record* 2002;150:279-81.
3. Britt DP, Clarkson MJ. Experimental chemotherapy in horses infected with benzimidazole-resistant small strongyles. *Vet Record* 1988;123:219-21.
4. Chapman MR, French DD, Monahan CM, coll. Identification and characterization of a pyrantel pamoate resistant cyathostome population. *Vet Parasitology*, 1996;66(3-4):205-12.
5. Coles GC, Brown SN, Trembath CM. Pyrantel-resistant large strongyles in racehorses. *Vet Record*, 1999;145(14):408.
6. Collobert C, Bernard N, Lamidey C, coll. Résistance des cyathostomes du cheval aux dérivés du benzimidazole en Normandie. Proc 22^e journée Recherche Equine. Institut du Cheval, 1996: 80-9.
7. Craig TM, Diamond PL, Ferwerda NS, coll. Evidence of ivermectine resistance by *Parascaris equorum* on a Texas horse farm. *Journal of Equine Vet Science*, 2013;27(2):67-71.
8. Craven J, Bjørn H, Henriksen SA, coll. Survey of anthelmintic resistance on Danish horse farms, using 5 different methods of calculating faecal egg count reduction. *Equine Vet Journal*, 1998;30(4):289-93

➤ Suite p. 16

Références (suite)

9. Davies JA, Schwabach LM. A study to evaluate the field efficacy of ivermectin, fenbendazole and pyrantel pamoate, with preliminary observations on the efficacy of doramectin, as anthelmintics in horses. *Journal of South African Vet Association*, 2000;71:144-7.
10. Dorny P, Meijer I, Smets K, coll. A survey of anthelmintic resistance on Belgian horse farms. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, 2000;69:334-8.
11. Drudge JH, Lyons ET. Newer developments in helminth control and *Strongylus vulgaris* research. Proc 11th annual meeting of the American Association of the Equine Practitioners, 1965:381-89.
12. Drudge JH, Lyons ET, Tolliver SC, coll. Piperazine resistance in population-B equine strongyles: a study of selection in Thoroughbreds in Kentucky from 1966 through 1983. *American Journal of Vet Research*, 1988;49(7):986-94.
13. Edward CL, Hoffmann AA. Ivermectin resistance in a horse in Australia. *Vet Record*, 2008;162:56-7.
14. French DD, Klei TR. Benzimidazole resistant strongyle infections : occurrence, diagnosis and control. Proc of the 29th annual meeting of the American Association of the Equine Practitioners. 1983:313-7.
15. Geurden T, Betsch JM, Maillard K, coll. Determination of anthelmintic efficacy against equine cyathostomins and *Parascaris equorum* in France. *Equine Vet Education*, 2013;25(6):304-7.
16. Hope JJ, Kempt GK. Apparent *Trichonema* resistance to fenbendazole. *New Zealand Vet Journal*, 1980;28:80-1.
17. Ihler CF. A field survey on anthelmintic resistance in equine small strongyles in Norway. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 1995;37(1):135-43.
18. Kaplan RM. Anthelmintic resistance in nematodes of horses. *Vet Research*, 2002;33(5):491-507.
19. Kaplan RM, Klei TR, Lyons ET, coll. Prevalence of anthelmintic resistant cyathostomes on horse farms. *Journal of American Vet Medical Association*, 2004;225(6):903-10.
20. Kaplan RM, Reinemeyer CR, Slocombe JO et coll. Confirmation of ivermectin resistance in a purportedly resistant Canadian isolate of *Parascaris equorum* in foals. Proc of the American Association of Vet Parasitologists, 2006;51:69-70.
21. Lassen B, Peltola SM. Anthelmintic resistance of intestinal nematodes to ivermectin and pyrantel in Estonian horses. *Journal of Helminthology*, 2015;89(6):760-3.
22. 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.
23. Lester HE, Spanton J, Stratford CH, coll. Anthelmintic efficacy against cyathostomins in horses in Southern England. *Vet Parasitology*, 2013;197(1-2):189-196.
24. Lind EO, Kuzmina T, Ugglia A, coll. A field study on the effect of some anthelmintics on cyathostomins of horses in Sweden. *Vet Research Communication*, 2007;31(1):53-65.
25. Lind EO, Christensson D. Anthelmintic efficacy on *Parascaris equorum* in foals on Swedish studs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2009;51:45.
26. Lyons ET, Tolliver SC, Drudge JH, coll. Critical test evaluation (1977-1992) of drug efficacy against endoparasites featuring benzimidazole-resistant small strongyles (Population S) in Shetland ponies. *Vet Parasitology*, 1996;66:67-73.

► Suite p. 17

état des lieux de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes

● Ces données ont clairement prouvé pour la première fois que les cyathostomes pouvaient devenir résistants à l'IVM même si cette molécule restait efficace sur les vers adultes et dans une majorité d'élevages.

- La première suspicion de résistance des cyathostomes vis-à-vis de la MOX a été rapportée en 2005 chez des ânes du *Donkey Sanctuary* (Dorset, Royaume-Uni) (**encadré 1**) [43]. Depuis, de faibles niveaux de résistance ont été mis en évidence sur la base :

1. d'un raccourcissement de l'*egg reappearance period* (ERP) après traitement (5 semaines), au Brésil, au Royaume-Uni et aux États-Unis [33] ;
 2. et de tests critiques, réalisés aux États-Unis, qui ont produit des résultats similaires à ceux obtenus pour l'IVM [29].
- Des échecs de traitement ont aussi été observés chez des animaux isolés, et concernaient les deux lactones macrocycliques en France et uniquement l'IVM en Australie [13, 42] (**tableaux 1, 2**).

Le FECRT et la notion d'ERP sont définis dans un article de ce même numéro spécial* ; les tests critiques sont présentés dans l'**encadré 2**.

La résistance à la pipérazine

- La résistance à la pipérazine chez les cyathostomes est peu documentée et semble peu fréquente.
- Elle a été observée aux États-Unis (Kentucky) [12] et a été suspectée dans deux autres pays, au Brésil [34] et en Angleterre [3].

La résistance multiple (résistance dirigée contre plus d'une famille d'anthelminthiques)

- La présence d'une résistance multiple (résistance dirigée contre plus d'une famille d'anthelminthiques) a été rapportée aux États-Unis [19] et en Europe [41], notamment en France [42].
- La fréquence des élevages atteints était de 20 p. cent (n = 50) en Italie, 29,4 p. cent (n = 17) au Royaume-Uni et 23,1 p. cent (n = 13) en Allemagne [41].
- Le plus souvent, la résistance multiple concernait le fendendazole et le PYR (environ 83 p. cent des élevages hébergeant des vers multi-résistants) [41].
- Par ailleurs, une résistance aux trois familles d'anthelminthiques a été suspectée

NOTE

* cf. l'article : "La détection de la résistance aux anthelminthiques chez les nématodes parasites des équidés." de G. Sallé dans ce numéro

dans un élevage au Royaume-Uni et dans quelques élevages au Brésil [33].

LA RÉSISTANCE AUX ANTHELMINTHIQUES CHEZ *PARASCARIS EQUORUM*

- Les benzimidazoles sont encore régulièrement efficaces sur *Parascaris equorum*.
- Actuellement, la présence de populations résistantes à cette famille chimique n'a été rapportée qu'en Australie et dans un seul élevage [1].

La résistance aux lactones macrocycliques

- Chez *P. equorum*, depuis la première description d'un échec de traitement par les lactones macrocycliques (LM) aux Pays-Bas en 2002 [2], la résistance aux LM a fait son apparition dans divers pays d'Europe comme la Suède, le Danemark, l'Italie et l'Allemagne [33].

- En France, la présence de populations de *P. equorum* résistantes à l'IVM a été montrée en Normandie [15, 22].

- Ce phénomène a été également rapporté en Amérique du Nord et au Brésil [27, 31] (**tableau 1, figure 4**).

- Dans la plupart des études, la résistance aux LM a été détectée à l'aide de FECRTs et l'efficacité de l'IVM variait de 0 p. cent à 85 p. cent [7, 25, 27].

Par ailleurs, considérant que ce test n'était pas une méthode standardisée pour le diagnostic de la résistance chez les nématodes des équidés, en particulier pour *P. equorum*, des auteurs ont réalisé une étude visant à démontrer formellement le statut d'un isolat canadien de *P. equorum* suspecté de résistance.

Onze poulains indemnes de toute infestation par *P. equorum* ont été infestés expérimentalement avec cet isolat. Par comparaison avec un lot de poulains non traités, l'administration d'IVM à 200 µg/kg n'a pas entraîné de réduction significative du nombre d'œufs excrétés 13 jours après traitement et la diminution de la population de vers à l'autopsie était seulement de 22 p. cent [20].

Une étude complémentaire a permis de démontrer que cet isolat était également résistant à la MOX [36].

La résistance au pyrantel (PYR)

- Une étude conduite au Kentucky (États-Unis) a révélé la présence de populations de *P. equorum* résistantes au pyrantel (PYR)

