



institut français  
du **cheval**  
et de l'**équitation**



40<sup>ème</sup> Journée de la Recherche Équine  
Mardi 18 mars 2014

## Etude de la variabilité génétique de la sensibilité aux nématodes dans une population de pur-sang arabes Polonais et comparaison raciale en France

Par

S. Kornas<sup>1</sup>, J. Cabaret<sup>2</sup>, M. Skalska<sup>1</sup>, B. Nowosad<sup>1</sup>, L. Wimel<sup>3</sup>, J. Cortet<sup>2</sup>, A. Ricard<sup>4</sup>, G. Sallé<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Zoology and Ecology, University of Agriculture in Krakow, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Krakow, Pologne)

<sup>2</sup>UMR1282 INRA/Université de Tours ISP, Bât 213, INRA Val de Loire, 37380 Nouzilly

<sup>3</sup>Station Expérimentale des Haras Nationaux. La Valade 19370 Chamberet

<sup>4</sup>UMR 1313 GABI, (AgroParisTech), Centre de recherche de Jouy-en-Josas, 78350 Jouy-En-Josas

### Résumé

Les parasites internes du cheval, principalement les petits strongles et *P. equorum*, affectent le bien-être et les performances des chevaux. L'émergence de parasites résistants aux vermifuges et le besoin de compétitivité de la filière équine nécessitent d'optimiser les traitements. L'identification de marqueurs génétiques associés à la sensibilité du cheval aux nématodes pourrait permettre d'optimiser les vermifugations en ciblant les animaux génétiquement les plus à risques. Notre étude s'attache à caractériser le potentiel de résistance génétique des chevaux en estimant l'héritabilité de ce caractère chez le pur-sang arabe et en comparant la résistance de plusieurs types raciaux. Une population de 835 pur-sang arabes Polonais (haras Michałów) a fait l'objet d'un suivi coproscopique sur 8 années évaluant indirectement l'infestation par les strongles et *P. equorum*. Les analyses montrent que moins de 10% de la variation observée dans cette population est d'origine génétique. En parallèle, une étude préliminaire en France comparant la résistance de plusieurs races semble indiquer une infestation plus précoce des chevaux de selle en comparaison des poneys et trait bretons. Ces résultats demandent à être confirmés.

**Mots clés : résistance génétique, cheval, nématode, héritabilité, race**

### Summary

Equine internal parasites, mostly small strongyles and *P. equorum*, affect both horses' welfare and performances. The arising of anthelmintic resistant parasites and the need for profitability of the equine industry both urge for optimizing drenching schemes. This optimization may be achieved by identifying some genetic markers associated to susceptibility and to drench carriers of these markers. Our study aimed at characterizing the genetics of horse resistance by estimating heritability of this trait in an Arabian thoroughbred population and by comparing different breeds. A population of 835 Arabian thoroughbred from the Michałów stud farm have been measured for strongyles and *P. equorum* infections over 8 years. Analyses showed that less than 10% of the observed variation in this population had a genetic origin. In parallel, a preliminary study performed in France and comparing resistance of several breeds seemed to indicate a greater susceptibility in anglo-arab horses in comparison to ponies and Briton cart horse. This latter result still needs to be confirmed.

**Key-words genetic resistance, horse, nematode, heritability, breed**



## Introduction

Les nématodoses gastro-intestinales ont été classées parmi les dix préoccupations majeures pour la santé des équidés par l'ANSES (ANSES, 2012). Les strongles, dont les cyathostomes, sont en effet responsables de chutes de performance, de retard de croissance, tandis que *Parascaris equorum* peut entraîner la mort des poulains par obstruction de l'intestin grêle (Tatz et al., 2012). Le classement de l'ANSES est lié à la conjonction du caractère pathogène de ces nématodes et à l'apparition de populations parasitaires résistantes aux vermifuges (Von Samson-Himmelstjerna, 2012), notamment en France (Traversa et al., 2012).

Face à cette menace grandissante, une meilleure optimisation de l'usage des vermifuges est requise notamment par le développement de marqueurs traduisant le niveau d'infestation du cheval. Jusqu'ici la coproscopie, c'est-à-dire le nombre d'œufs de parasites excrétés dans les crottins, constitue le marqueur indirect de référence. Cependant, les premières études épidémiologiques suggèrent qu'un nombre limité d'individus seulement est fortement infesté. Il semble donc qu'une composante génétique soit en jeu comme cela a été démontré chez les petits ruminants notamment (Bishop and Morris, 2007). Dans le cas où une part suffisante de la variabilité observée entre les individus aurait une origine génétique, il serait envisageable de chercher des marqueurs génétiques de prédisposition à l'infestation parasitaire. De tels marqueurs associés à la sensibilité du cheval aux nématodes pourrait permettre d'optimiser les vermifugations en identifiant les animaux génétiquement les plus à risques. La première étape conduisant au développement de tels marqueurs est de mettre en évidence et d'estimer la part de variation observée qui soit d'origine génétique, appelée héritabilité. On peut également rechercher des différences de sensibilité entre races pouvant aider à mieux identifier les chevaux à traiter.

Nous présentons ici deux études ayant pour objectifs respectifs d'estimer l'héritabilité de la résistance aux nématodes gastro-intestinaux dans une population de pur-sang Arabes et d'évaluer le niveau de sensibilité aux strongles de différents types raciaux.

## 1 Estimation de paramètres génétiques pour la résistance aux nématodes dans une population de pur-sang arabes Polonais

### 1.1 Matériel et méthodes

#### 1.1.1 Animaux

La collecte des données s'est déroulée de 1999 à 2008 (sauf 2003 et 2007) au sein d'une population de pur-sang Arabes du haras Michałów (sud de la Pologne). Ces chevaux sont des descendants de chevaux importés aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles (Chmiel et al., 1999).

#### 1.1.2 Protocole expérimental

Chaque année d'étude, des crottins ont été prélevés trois fois durant la saison de pâture, en avril, juin et août. Au total 4030 coproscopies ont été réalisées. Les œufs de strongles et de *P. equorum* ont été identifiés et comptés avec une précision de 50 œufs/g de matière fécale. Chacun de ces comptages est, dans la suite de ce texte, annoté respectivement **SEC** et **PEC** pour les strongles et *P. equorum*.

Dans le cadre d'un programme de gestion du parasitisme, les chevaux étaient vermifugés deux fois par an avant et après la saison de pâture.

Les seules relations parents-descendants des animaux de l'étude sont connues. Le pedigree contient ainsi 945 individus, 62 étalons and 293 juments.

#### 1.1.3 Analyse des données

La distribution des données de coproscopie a été testée par le test de Shapiro-Wilk du logiciel R. La surdispersion des données a été corrigée par une transformation logarithmique ( $\log(X+50)$ ) conduisant aux caractères **log(SEC)** et **log(PEC)** correspondant respectivement aux comptages transformés d'œufs de strongles et de *P. equorum*.

L'estimation des paramètres génétiques pour les strongles a été réalisée en appliquant le modèle animal en données répétées suivant :

$$Y_{ijklm} = \mu + SEX_i + HYS_j + AGE_k + PE_l + PE_m + A_i + e_{ijklm}$$

où  $Y_{ijklm}$  est le comptage d'œufs excrétés transformé;  $\mu$  la moyenne de la population;  $SEX_i$  le sexe du cheval  $i$ ;  $HYS_j$  l'effet du mois et de l'année du prélèvement;  $AGE_k$ , l'âge au prélèvement (sauf pour les chevaux de plus de 15 ans regroupés dans la même catégorie);  $PE_l$  un effet d'environnement permanent entre années;  $PE_m$  un



effet d'environnement permanent intra-année;  $A_i$  l'effet génétique additif aléatoire;  $e_{ijklm}$  la résiduelle. L'estimation a été réalisée à l'aide du logiciel AsReml (Gilmour et al., 2006).

Etant donné que seuls les jeunes chevaux étaient sujets à l'infestation par *P. equorum*, un échantillon plus restreint de la population comprenant les observations faites sur des chevaux de moins de 3 ans a été constitué. Le même modèle que précédemment a été appliqué.

Un nombre important de valeurs nulles ont été collectées, pour les strongles ou pour *P. equorum*. Afin de mieux prendre en compte cette structure de données, une variable binaire a également été considérée afin de traduire l'infestation sous la forme d'un 1 si le cheval était infesté ou de zéro sinon. Ces deux caractères sont indiqués **Sbin** et **Pbin** pour les strongles et *P. equorum* respectivement.

Les paramètres génétiques pour ces deux caractères et log(PEC) ainsi que les corrélations génétiques ont été estimés à l'aide de l'approche Bayésienne développé dans le logiciel TM disponible sur <http://snp.toulouse.inra.fr/~alegarra/>.

Il a été démontré qu'une sensibilité et une spécificité de test imparfaites, c'est-à-dire différentes de 1, pouvaient affecter les valeurs d'héritabilité (Bishop et Woolliams, 2010). En suivant la démonstration proposée par Bishop & Woolliams (2010), l'impact de l'imperfection de la coproscopie a été estimé en prenant les sensibilité et spécificité estimées par Nielsen (2010), c'est-à-dire 72 et 94% pour chacun des groupes de parasites considérés.

## 1.2 Résultats

### 1.2.1 Description des données

Au total 789 chevaux ont fait l'objet d'au moins un suivi coproscopique. En moyenne, chaque cheval a été mesuré cinq fois durant la période d'étude (21 mesures au maximum), tandis que pour chaque point de collecte 169 observations étaient disponibles en moyenne.

Les statistiques de base des données de coproscopie sont données dans le tableau 1. La prévalence d'infestation est plus importante chez les juvéniles (66,9%) que chez les adultes (54%). En moyenne 462 œufs de petits strongles par gramme de crottin ont été comptés, avec un maximum à 5750 œufs/g. L'excrétion d'œufs de *P. equorum* est moindre avec seulement 11 œufs/g de crottin trouvé chez les juvéniles. Au total, 46% des coproscopies sont négatives pour l'infestation par les strongles tandis que cette tendance devient extrême pour l'infestation par *P. equorum* avec seulement 96 coproscopies positives (tableau 1).

**Tableau 1** : Statistiques descriptives des données d'infestation par les petits strongles et *P. equorum*  
*Table 1: Descriptive statistics of small strongyles and P. equorum infection data*

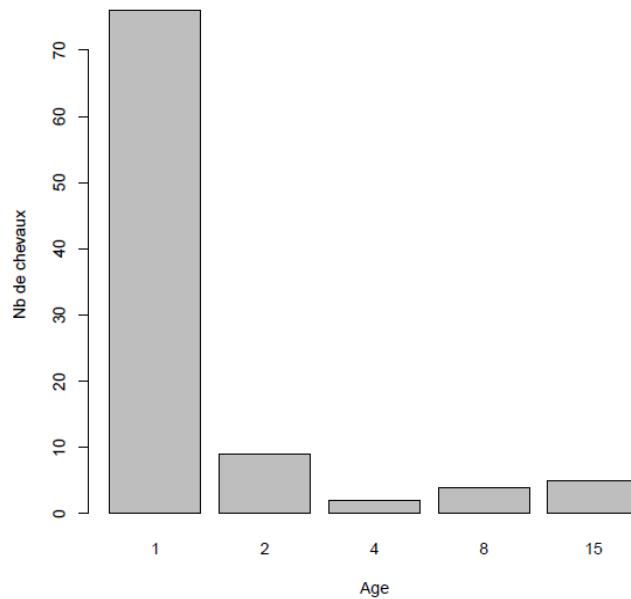
		N	Moyenne*	Ecart-type	min	max	0%	p
Toutes	SEC	4030	262	569	0	5750	0,460	0,540
Données	PEC	4030	5	51	0	1500	0,980	0,024
Juvéniles	SEC	1509	389	707	0	5750	0,330	0,669
	PEC	1509	11	74	0	1500	0,940	0,056

Moyenne\* : les données sont données en œufs/g de crottin ; Juvéniles : mesures sur les chevaux âgés de 1 ou 2 ans ; N : nombre d'observations ; Min : minimum ; Max. : maximum ; 0% : proportion de coproscopies négatives (absence d'œuf/g de crottin) ; p : prévalence d'infestation dans l'échantillon considéré.

Les individus infestés par *P. equorum* sont à 90% âgés de 1 ou 2 ans (figure I), ce qui correspond à l'épidémiologie classiquement décrite pour ce parasite, c'est-à-dire la mise en place d'une immunité efficace dès l'âge de 1 an (Reinemeyer, 2012). Cependant, quelques enregistrements positifs pour l'infestation à *P. equorum* ont également été enregistrés sur des individus plus âgés de 4 ans (n=2), 8 ans (n=4) et même 15 ans (n=5) (figure I). Certains auteurs ont attribué l'infestation d'adultes par *P. equorum* à un historique de traitement anthelminthique strict ayant empêché les chevaux de développer leur immunité face à ce parasite. Etant donné la gestion anti-parasitaire du haras Michalow (2 traitements/an), il est peu probable que cette hypothèse s'applique ici. Les faibles niveaux d'excrétion enregistrés pourraient être liés à des ruptures d'immunité protectrice ou une pression d'infestation plus importante au moment de la mesure.

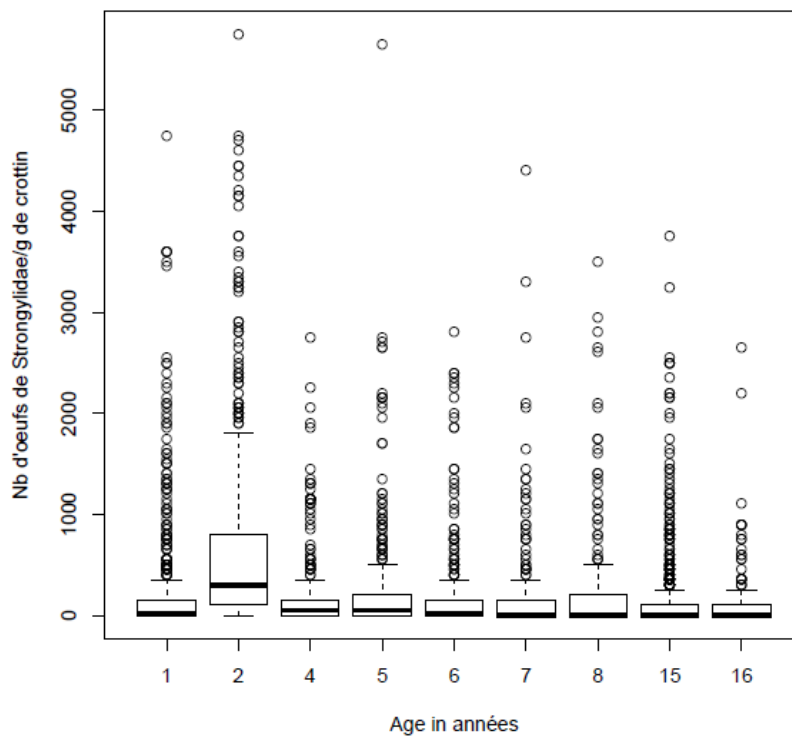


**Figure I :** Age des chevaux infestés par *P. equorum*  
**Figure I:** Age of horses infected by *P. equorum*



L'effet de l'âge est également significatif pour l'infestation par les strongles, avec des niveaux d'excrétion plus faibles au cours du temps même si l'infestation reste présente jusqu'à 15 ans d'âge (figure II). Ces observations corroborent également la littérature existantes (Wood et al., 2012).

**Figure II :** Infestation par les petits strongles et âge des chevaux  
**Figure II:** Infection by small strongyles spp. and horses' age



Dans le règne animal, le sexe des individus affecte généralement la résistance aux parasites, les femelles étant plus résistantes que les mâles (Zuk, 2009). Cette tendance a également été observée chez les juvéniles pour l'infestation par *P. equorum* ( $p=0,0001$ ) mais aucune différence significative entre étalons et juments n'a été trouvée ( $p=0,38$ ) en accord avec d'autres résultats (Kornaś et al., 2010).



### 1.2.2 Héritabilités et répétabilités

Les répétabilités et héritabilités estimées sont reportés dans les tableaux 2 et 3 pour la résistance aux strongles et *P. equorum* respectivement.

**Tableau 2** : Paramètres génétiques pour la résistance aux strongles  
*Table 2: Genetic parameter estimates for resistance to small strongyles*

		h <sup>2</sup>	se	r <sub>acr</sub>	se	r <sub>wit</sub>	se
Toutes données	Log(SEC)	0,080	0,023	0,127	0,040	0,176	0,021
	Sbin	0,084	0,026	0,144	0,044	-	-
Juvéniles	Log(SEC)	0,055	0,025	0,080	0,044	-	-
	Sbin	0,060	0,023	0,087	0,040	-	-

Juvéniles : mesures sur les chevaux âgés de 1 ou 2 ans h<sup>2</sup> ; héritabilité; se : erreur standard ; r<sub>acr</sub> : répétabilité entre années ; r<sub>wit</sub> : répétabilité intra-années; Log(SEC) : nombre d'œufs de strongles excrétés après transformation logarithmique ; Sbin : statut infesté ou non par des strongles ; Log(PEC) : nombre d'œufs de *P. equorum* excrétés après transformation logarithmique ; Pbin : statut infesté ou non par *P. equorum* ; Correlations between strongyles and *P. equorum* infection

**Tableau 3** : Paramètres génétiques pour la résistance à *P. equorum*  
*Table 3: Genetic parameter estimates for resistance to P. equorum*

		h <sup>2</sup>	se	r	se
Toutes données	Log(PEC)	0,042	0,028	0,392	0,064
	Pbin	0,019	0,013	0,252	0,082
Juvéniles	Log(PEC)	0,042	0,031	0,082	0,034
	Pbin	0,048	0,029	0,111	0,061

Juvéniles : mesures sur les chevaux âgés de 1 ou 2 ans ; h<sup>2</sup> : héritabilité ; se : erreur standard ; r : répétabilité ; Log(SEC) : nombre d'œufs de strongles excrétés après transformation logarithmique ; Sbin : statut infesté ou non par des strongles ; Log(PEC) : nombre d'œufs de *P. equorum* excrétés après transformation logarithmique ; Pbin : statut infesté ou non par *P. equorum* ; Correlations between strongyles and *P. equorum* infection

La répétabilité de l'excrétion d'œufs de strongles dans la population globale a été estimée à 17.6% pour les mesures effectuées la même année et à 12.7% entre les années. Ces valeurs sont en accord avec les estimations de Wood et al. (2012) mais plus faibles que les 30% généralement estimée pour les petits ruminants (Bishop et al., 2004). Au contraire, la répétabilité pour l'excrétion d'œufs de *P. equorum* est deux fois plus élevée avec 39.2% (tableau 3).

L'héritabilité pour l'excrétion d'œufs de strongles est estimée à 8%, qu'elle soit estimée sur les données continues, log(SEC), ou sur l'indicateur binaire d'infestation Sbin (tableau 2). Concernant *P. equorum*, l'héritabilité est deux fois moindre et n'est pas significativement différente de zéro (tableau 3). Ces valeurs sont largement plus faible que les 30% généralement trouvés pour la résistance aux parasites chez les ruminants (Bishop and Morris, 2007). On peut proposer plusieurs raisons à ces faibles valeurs. Premièrement, la forte proportion de valeurs nulles nuit fortement à l'estimation de la variabilité présente. En effet, ces zéros « censurent » la variabilité pouvant exister chez les individus plus résistants, limitant ainsi la variabilité présente. Deuxièmement, les valeurs de coproscopie sont moins bien corrélées au nombre de vers présents chez les chevaux que chez les petits ruminants (Nielsen et al., 2010). Ainsi il est plus difficile d'évaluer la variation de résistance réelle puisque les valeurs de coproscopie classent des chevaux sur un même plan alors que leurs charges parasitaires effectives sont différentes.

Dans le cas de *P. equorum*, le jeu de données bien que relativement exhaustif, était plus restreint car seuls les juvéniles sont infestés. Ceci réduit la puissance d'analyse. De plus, la plupart des données sont mesurées sur des individus n'étant pas encore sevrés. Ainsi la valeur de coproscopie reflète à la fois la capacité intrinsèque du poulain à résister mais aussi les capacités immunes de la mère transférées par l'intermédiaire du colostrum. Cette hypothèse n'a cependant pas pu être validée (effet aléatoire maternel non significatif).

### 1.2.3 Correlations

Les corrélations phénotypiques et génétiques sont reportées dans le tableau 4.



**Tableau 4** : Corrélations phénotypiques et génétiques entre les caractères d'infestation parasitaire  
**Table 4**: Phenotypic and genetic correlations between considered infection traits

		log(SEC)	Sbin	log(PEC)	Pbin
Toutes données	log(SEC)	-	0,77*	0,0038	-0,01
	Sbin	0,995* (0,009)	-	0,02	0,01
	log(PEC)	-0,300 (0,300)	-0,232 (0,445)	-	0,86*
	Pbin	-0,578 (0,448)	0,028 (0,512)	0,809* (0,351)	-
Juveniles	log(SEC)	-	0,74*	-0,05*	-0,07*
	Sbin	0,982* (0,048)	-	-0,02	-0,04
	log(PEC)	-0,447 (0,327)	-0,232 (0,445)	-	0,86*
	Pbin	-0,578 (0,448)	0,392 (0,572)	0,444 (0,561)	-

Les corrélations sont estimées pour l'ensemble du jeu de données (toutes données) ou sur les juvéniles (1 et 2 ans) seulement ; les corrélations phénotypiques sont rapportées au-dessus de la diagonale, les corrélations génétiques au-dessous ; les corrélations significatives sont indiquées par \* ; les erreurs-standard sont données entre parenthèses ; Log(SEC) : nombre d'œufs de strongles excrétés après transformation logarithmique ; Sbin : statut infesté ou non par des strongles ; Log(PEC) : nombre d'œufs de *P. equorum* excrétés après transformation logarithmique ; Pbin : statut infesté ou non par *P. equorum* ;

Les corrélations phénotypiques et génétiques montrent la bonne adéquation entre les caractères continus et leurs variables binaires associées avec des valeurs comprises entre 80,9 et 99,5% (tableau 4).

En considérant la totalité du jeu de données, la corrélation phénotypique entre la résistance aux strongles et *P. equorum* n'est pas différente de 0. Ceci est dû au fait que seuls les juvéniles sont infestés par *P. equorum*. Chez les juvéniles en revanche, cette corrélation était faible mais significative (-0,05 entre log(SEC) et log(PEC) et -0,07 entre log(SEC) et Pbin). Le signe de cette corrélation suggère un effet antagoniste entre les deux espèces. Cette tendance se retrouve également dans les corrélations génétiques estimées entre log(SEC) et log(PEC), suggérant ainsi que les gènes impliqués ont des effets antagonistes entre l'infestation par les strongles et l'infestation par *P. equorum*. Cependant, aucune des corrélations génétiques estimées n'étaient significativement différentes de 0. La proportion importante de valeurs à zéro dans le jeu de données est certainement responsable de cette non-significativité. Il n'est donc pas possible de conclure fermement quant à la relation génétique entre la résistance aux strongles et la résistance à *P. equorum*.

#### 1.2.4 Impact de la sensibilité et de la spécificité imparfaite de la coproscopie sur les valeurs d'héritabilité estimées

Toutes les analyses réalisées dans le cadre de cette étude faisaient l'hypothèse implicite que la coproscopie avait une sensibilité (proportion de vrais positifs correctement détectés) et une spécificité (proportion de chevaux non infestés détectés comme tels) de 100%. Or, Nielsen et al. (2010) ont estimés des sensibilités et spécificités plus faibles nuisant donc à la classification correcte des chevaux comme infestés ou non. Ainsi, en appliquant les formules calculées par Bishop et Wooliams (2010), la valeur d'héritabilité estimée pour le niveau d'infestation par les strongles serait en réalité légèrement plus élevée que celle estimée en considérant la coproscopie comme un test parfait (tableau 5).

En revanche, dans le cas de *P. equorum* la très faible prévalence observée associée à une spécificité imparfaite du test conduisent à des valeurs de prévalence réelles négative (tableau 5). Ceci suggère que les valeurs de spécificité et de sensibilité de la coproscopie estimée par Nielsen et al (2010) ne correspondent pas à notre jeu de données.

### 1.3 Conclusion

Les données collectées sur la population de pur-sang arabes du haras Michałow ont permis d'estimer pour la première fois l'héritabilité de la résistance aux strongles gastro-intestinaux et à *P. equorum*. Une héritabilité de 8% a été estimée pour la résistance aux strongles suggérant un potentiel génétique relativement faible dans cette population. De plus l'imperfection de la sensibilité et de la spécificité de la coproscopie sous-estiment légèrement les valeurs réelles de l'héritabilité dans cette population. En revanche, il ne semble pas avoir de variation génétique associée à la résistance à *P. equorum* dans la population de pur-sang arabes considérée.

Une étude est actuellement en cours en Normandie afin de caractériser le potentiel génétique des trotteurs face aux strongles gastro-intestinaux.



**Tableau 5:** Ré-évaluation des valeurs d'héritabilité estimées en prenant en compte l'imperfection de la sensibilité et la spécificité de la coproscopie

*Table 5: Update of the estimated heritabilities by taking into account the imperfect sensitivity and specificity of fecal egg count*

	Trait	$p_o$	$p_t$	$h^2_o$	$h^2_t$
Whole	Sbin	0.540	0.727	0.041	0.058
	Pbin	0.024	-0.055	0.002	0.002
Juveniles	Sbin	0.669	0.923	0.036	0.051
	Pbin	0.056	-0.006	0.012	0.013

Juveniles : données mesurées sur les chevaux de 1 ou 2 ans ; Sbin : statut infesté ou non par des strongles ; Log(PEC) : nombre d'œufs de *P. equorum* excrétés après transformation logarithmique ; Pbin : statut infesté ou non par *P. equorum* ;  $p_o$  : prévalence observée ;  $p_t$  : prévalence réelle corrigée pour les valeurs de sensibilité et de spécificité de la coproscopie.  $h^2_o$  : héritabilité estimée du statut d'infestation observé ;  $h^2_t$  : valeur d'héritabilité prenant en compte le niveau de sensibilité et de spécificité de la coproscopie, en prenant les valeurs estimées pour *P. equorum* (Se=73%, Sp=94%).

## 2 Etude préliminaire sur les différences raciales de sensibilité aux nématodes gastro-intestinaux

Afin d'évaluer des différences éventuelles de sensibilité aux parasites entre les races, une étude préliminaire a été menée dans le cadre du suivi de la station expérimentale de Chamberet sur plusieurs types raciaux (poney Welsh, anglo-arabe et trait breton) soumis aux mêmes conditions d'infestation naturelle à la station expérimentale de Chamberet. Deux coproscopies ont été réalisées en juin et août.

### 2.1 Matériel et méthodes

#### 2.1.1 Animaux

L'étude a été réalisée sur 4 poneys, 10 anglo-arabes et 6 traits bretons (nés en 2011 et 2012).

#### 2.1.2 Plan expérimental

Trois mois avant le début de l'expérimentation chacun des animaux a été vermifugé à la moxidectine afin d'éliminer tous les stades parasitaires présents (larves et adultes) et ainsi standardiser la comparaison. Tous les chevaux et poneys ont été placés dans les mêmes conditions de pâturage. Deux prélèvements coproscopiques ont été réalisés en juin et fin août 2013 et envoyés au laboratoire de Nouzilly pour déterminer l'excrétion d'œufs de parasites selon la méthode modifiée de Raynaud (Raynaud, 1970).

#### 2.1.3 Analyse

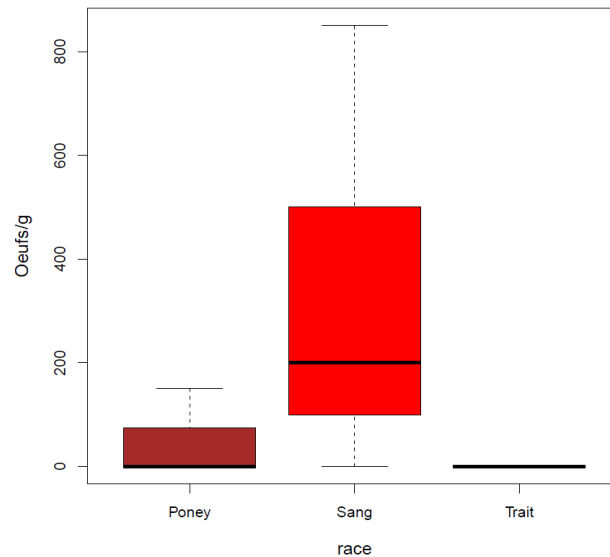
Un test de Kruskal-Wallis a été réalisé à l'aide du logiciel R afin de tester la significativité des différences entre chaque groupe racial.

### 2.2 Résultats

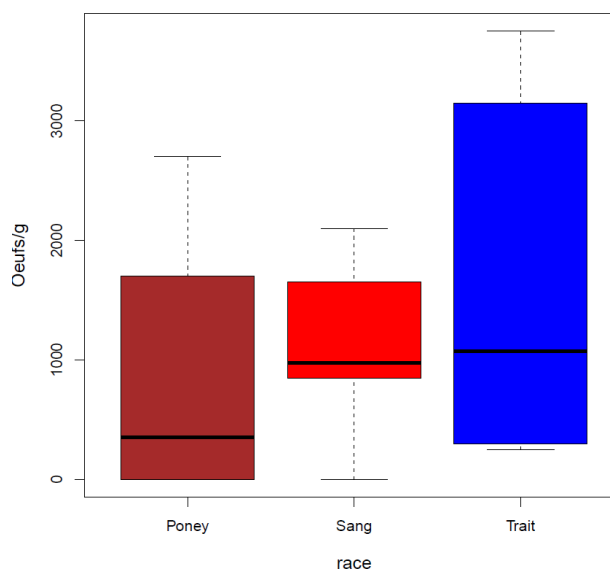
Les pur-sangs présentaient un niveau d'excrétion d'œufs significativement plus élevé en juin (310 OPG en moyenne,  $p=0,007$ ) alors qu'un seul poney était positif parmi les autres chevaux (figure III). Cette différence s'est cependant estompée en août ( $p=0,4$ , figure IV). En considérant le seuil de vermifugation habituellement recommandé (250 OPG), les pur-sangs auraient eu besoin d'être traités 2.5 fois plus que les poneys et 1.5 fois plus que les traits, sans que cette différence soit significative ( $p=0,08$ ).



**Figure III** : Valeur moyenne de la coproscopie en juin pour chaque race  
*Figure III: Average coproscopy value in june in each breed*



**Figure IV** : Valeur moyenne de la coproscopie en août pour chaque race  
*Figure IV: Average coproscopy value in august in each breed*



### 2.3 Conclusion

Il semble que les chevaux de sang excrètent des œufs de parasites plus précocement que les poneys ou les chevaux de trait au cours de la saison de pâture. Il faut cependant remarquer que la quantité d'œufs excrétés reflète une concentration et que le poids des animaux influence la quantité de crottins produite. Une correction pour le poids pourrait être faite. Des données complémentaires sont nécessaires pour conclure sur la sensibilité éventuelle d'un des types raciaux.





## Remerciements

Les auteurs remercient le haras Michałów (Pologne) pour leur participation à cette étude, ainsi que le personnel de la station expérimentale de Chamberet (France) pour la collecte des données de la comparaison raciale.

Les auteurs sont également très reconnaissants auprès d'A. Legarra et I. David pour leur aide et leurs conseils avisés dans l'utilisation des logiciels TM et AsReml. Le financement Equipar (IFCE et Institut Carnot Santé Animale) a permis l'analyse des données de Pologne et la mise en place de la comparaison raciale en France.

## Références

- Bishop, S. et J. Woolliams. 2010. On the genetic interpretation of disease data. *PloS one*. 5:p.e8940.
- Bishop, S.C., F. Jackson, R.L. Coop et M.J. Stear. 2004. Genetic parameters for resistance to nematode infections in Texel lambs and their utility in breeding programmes. *Animal*. 78:185-194.
- Bishop, S.C. et C.A. Morris. 2007. Genetics of disease resistance in sheep and goats. *Small Ruminant Research*. 70:48-59.
- Chmiel, K., D. Sobczuk et A. Gajewska. 1999. Charakterystyka polskiego stada matek czystej krwi arabskiej pod względem niektórych wskaźników użytkowości rozplodowej. *Przeł. Hodowl.*:19-21.
- Dempster, E.R., Lerner, I.M. 1950. Heritability of threshold characters. *Genetics* 35:212-236.
- Gilmour, A.R., B.J. Gogel, B.R. Cullis, S.J. Welham et R. Thompson. 2006. ASReml user guide release 2.0. VSN International Ltd, Hemel Hempstead, HP1 1ES, UK.
- Kornaś, S., J. Cabaret, M. Skalska et B. Nowosad. 2010. Horse infection with intestinal helminths in relation to age, sex, access to grass and farm system. *Veterinary Parasitology*. 174:285-291.
- Nielsen, M.K., K.E. Baptiste, S.C. Tolliver, S.S. Collins et E.T. Lyons. 2010. Analysis of multiyear studies in horses in Kentucky to ascertain whether counts of eggs and larvae per gram of feces are reliable indicators of numbers of strongyles and ascarids present. *Veterinary Parasitology*. 174:77-84.
- Raynaud, J.P. 1970. Etude de l'efficacité d'une technique de coproscopie quantitative pour le diagnostic de routine et le contrôle des infestations parasitaires des bovins, ovins, équins et porcins. *Ann. Parasitol. Hum. Comp.* 45: 321-342.
- Reinemeyer, C.R. 2012. Anthelmintic resistance in non-strongylid parasites of horses. *Veterinary parasitology*. 185:9-15.
- Tatz, A.J., G. Segev, A. Steinman, D. Berlin, J. Milgram et G. Kelmer. 2012. Surgical treatment for acute small intestinal obstruction caused by *Parascaris equorum* infection in 15 horses (2002-2011). *Equine veterinary journal*. 44 Suppl 43:111-114.
- Wood, E.L.D., J.B. Matthews, S. Stephenson, M. Slote et D.H. Nussey. 2012. Variation in fecal egg counts in horses managed for conservation purposes: individual egg shedding consistency, age effects and seasonal variation. *Parasitology*:1-14.
- Zuk, M. 2009. The sicker sex. *PLoS pathogens*. 5:p.e1000267.