

## Distribution agrégée du parasitisme interne par les nématodes chez les équins : intérêt pour le diagnostic et la gestion antiparasitaire

Par :

- J. Cabaret<sup>1</sup>, M.C. Guerrero<sup>1,2</sup>, G. Duchamp<sup>3</sup>, L. Wimmel<sup>4</sup>, S. Kornas<sup>5</sup>
- <sup>1</sup>INRA, IASP 213, Nouzilly, France, <sup>2</sup> Univ. Nacional autonoma de Mexico, Mexique, <sup>3</sup> INRA UEPAO-PRC, Nouzilly, France, <sup>4</sup>Haras, IFEC, Chamberet, France, <sup>5</sup> Université d'Agriculture, Cracovie, Pologne

### Résumé

La répartition du parasitisme chez les chevaux peut être mesurée par les excréments d'œufs de parasites (ici les petits strongles digestifs) dans les fèces. La loi de Taylor indique que le logarithme de la variance est lié à celui de la moyenne, et que les coefficients de la régression permettent d'apprécier la nature de la distribution. Certains aspects liés à la nature de la distribution sont directement d'intérêt pour la gestion du parasitisme : la proportion d'individus indemnes et la proportion d'individus ayant une excrétion que l'on peut considérer comme nécessitant un traitement. Les distributions de l'infestation ont été étudiées au Mexique, en Pologne et en France. Les facteurs tels que l'âge, le sexe, la race, le traitement, sont évalués en ce qui concerne la distribution. L'excrétion des œufs de nématodes suit une loi de Taylor. La moyenne de l'excrétion des œufs de strongles (OPG) est le déterminant central de la distribution, quel que soit le facteur qui fasse varier la moyenne. La proportion d'individus non infestés est significativement liée négativement à la moyenne 0 à 1000 OPG. La valeur de 1000 OPG est un point de rupture : pratiquement tous les animaux nécessitent alors un traitement. A l'inverse, des ajustements sur les traitements des animaux en infestation inférieure à 1000 OPG sont nécessaires, car près de la moitié des animaux sont indemnes et ne nécessitent pas d'intervention. La détection de ces animaux très infestés serait nécessaire mais nécessite encore un travail approfondi.

**Mots clés : strongle, cheval, poney, œufs de strongles, agrégation, loi de Taylor, anthelmintiques**

### Summary: Aggregated distribution of internal parasitism by nematodes in horses: implications for the diagnostic and the control.

The distribution of horse parasites (here the small strongyles) can be evaluated by means of faecal egg counts. The Taylor's law assess that decimal logarithm of variance is related to the decimal logarithm of the mean and the coefficients of the regression provide information on the aggregation of the distribution of parasites. Some aspects of the distribution are of direct interest for the control: the percent of non-infected and the percent of horses infected above a particular value of EPG (nematode egg per gramme of faeces). A large set of data (over 25000 faecal egg counts) from Mexico, Poland and France was used. Factors such as age, sex, breed, treatment were incorporated in the analysis. The mean was the only factor of importance to determine variance and the data followed strictly a Taylor law. The proportion of uninfected horses is strongly related to mean up to 1000 EPG. This latter value is a key value: when mean EPG are over 1000 then all horses are infected, but when EPG are below this value, up to 50% of animals may remain uninfected and then do not need any treatment. In this situation the identification of the most infected horses is needed but remains a challenge.-

**Key-words : strongyle, horse, poney, faecal egg counts, aggregation, Taylor power law, anthelmintic**

## Introduction

La distribution des parasites internes et l'excrétion de leurs œufs dans les matières fécales est agrégée, c'est-à-dire que quelques individus dans un groupe concentrent la majorité de l'infestation. Bien que cela n'ait pas été étudié en tant que tel, il est attendu que les parasites des équins suivent la même règle. Cette agrégation peut être étudiée par ajustement à des lois de distribution (Gaba *et al.*, 2005) ou bien en appréciant quelle relation lie la variabilité (variance) et la valeur moyenne de la mesure. La relation variance-moyenne a été conceptualisée dans la loi de Taylor (1961) et employée pour les parasites (Morand et Krasnov, 2008). Son calcul est simple à partir des données empiriques et c'est la méthode que nous nous retiendrons. L'existence d'une forte agrégation, et donc d'une variabilité forte entre les individus hôtes quant au parasitisme amène à tenter un repérage des individus indemnes (qui n'ont pas besoin de traitement) et ceux qui sont sensiblement infestés qui nécessitent un traitement. Nous tenterons d'estimer l'importance de ces deux fractions dans un groupe d'équins en relation avec l'infestation moyenne estimée par des prélèvements individuels ou composites (Guerrero *et al.* 2009). L'objectif final est d'arriver à une stratégie de traitement en fonction de l'infestation moyenne déterminée par un examen de laboratoire simple (le comptage des œufs de parasites dans les matières fécales). Notre étude ne concernera que les strongles digestifs, et particulièrement les petits strongles qui constituent actuellement les principaux parasites internes des chevaux (Cabaret, 2007).

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Matériels

Les chevaux ou poneys étudiés sont issus de régions diverses afin de vérifier la généralité de nos études. Les pays concernés sont : la France (Perpignan-Pagnon, 2005, Nouzilly et Chamberet), la Pologne (avec des données sur 11 ans et distribuées dans le sud de la Pologne, Kornas *et al.*, 2010), le Mexique avec des animaux dans quatre régions climatiques différentes. Ainsi les régions froides, tempérées et chaudes sont représentées. Divers génotypes équins le sont également : des pur-sang arabes (Pologne, Chamberet), des pur sang anglais (Chamberet), les Huculs proche des Tarpan, les Quarter Horses (Mexique), des chevaux de selles assez divers (Club équestre Perpignan) et des poneys Welsh (Nouzilly). Près de 25000 analyses parasitologiques de matières fécales sont incorporées dans cette étude. Les données pour l'établissement de la relation variance moyenne sont par sites mais regroupent des mesures réalisées à des moments différents de l'année. Dans l'évaluation des relations OPG moyen (œuf de strongle par gramme de fèces) et pourcentage d'animaux indemnes ou pourcentage d'animaux ayant un OPG supérieur à 200, seules des données sur un site et à un moment précis sont retenues afin de se positionner dans le cas d'un troupeau à un moment donné.

### 1.2. Méthodes

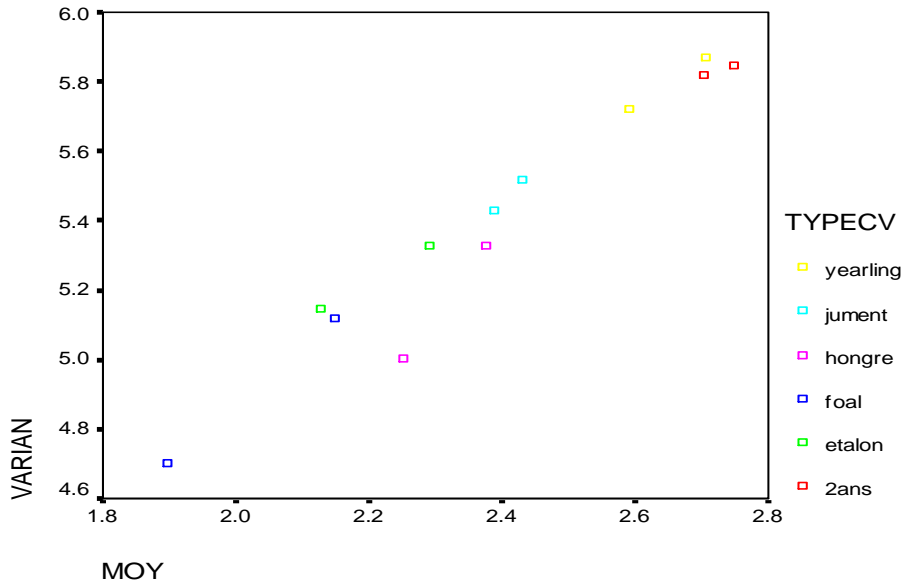
Les méthodes de régression habituelles ont été utilisées pour construire l'ajustement à la loi de Taylor. Nous avons également réalisé des ajustements à des fonctions diversifiées (linéaire, d'ordre 2, d'ordre 3, exponentielle, inverse, logistique, etc.). Les coefficients de corrélation non paramétriques de Spearman ont été également utilisés. Tous les calculs ont été réalisés avec le logiciel SPSS version 11.5.

## 2. Résultats

### 2.1. Les coproscopies des strongles suivent une loi de Taylor

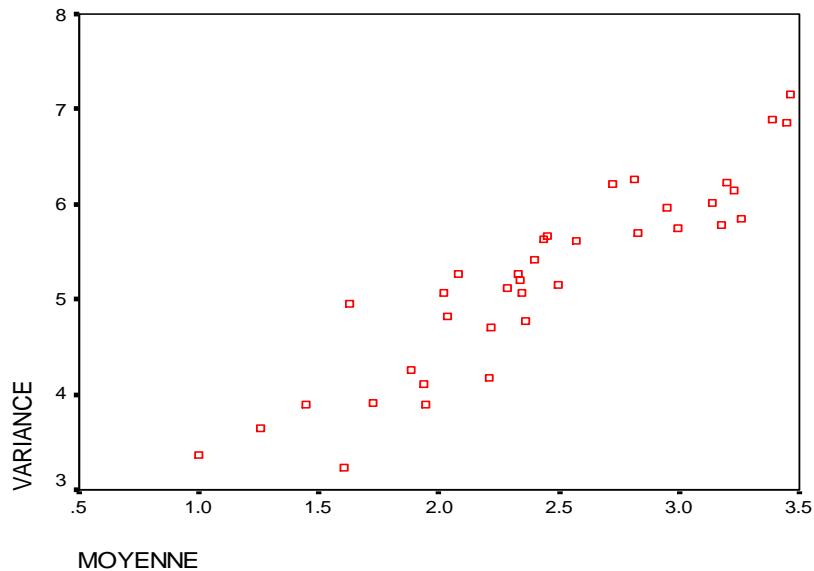
La relation moyenne-variance est peu influencée directement par le type de cheval, c'est seulement la valeur moyenne qui intervient et elle est souvent plus élevée chez les yearling et les animaux de deux ans comme le montre la figure I portant sur les données polonaises dans 7 sites et sur 11 ans, qui nous permettent de comparer sur des effectifs importants les diverses catégories de chevaux. Nous avons également testé les influences du site et de l'année qui ne sont pas significatives en elle-mêmes, mais sont seulement en relation avec la valeur moyenne des OPG, quelle qu'en soit la cause.

Figure I : Relation entre la moyenne et la variance sur 12500 coproscopies en Pologne chez différentes catégories de chevaux  
 Figure II: Relationship between mean and variance on 12500 faecal egg counts in Poland among different categories of horses.



L'ajustement à une loi de Taylor est le suivant pour les différents sites (Mexique, France et Pologne) et types de chevaux ou poneys dans 37 études :  $\text{Log}(\text{variance}) = 1,76 + 1,43 \cdot \text{log}(\text{moyenne})$  ;  $P=0,000$  ;  $R^2=0,84$ . Ces résultats sont présentés dans la figure II (variance moyenne en log 10).

Figure II : Relation entre la moyenne et la variance des œufs de strongles comptés dans les matières fécales (OPG) dans 37 sites.  
 Figure II: Relationship between mean and variance of EPG (egg per gramme of faeces) in 37 sites.



## 2.2. L'absence d'infestation est reliée à la valeur moyenne de l'infestation

Sur un ensemble de 27 mesures (Tableau 1), on note une corrélation négative de Spearman ( $r_s = -0,98$  ;  $p = 0,00$ ) entre la moyenne et l'absence d'infestation.

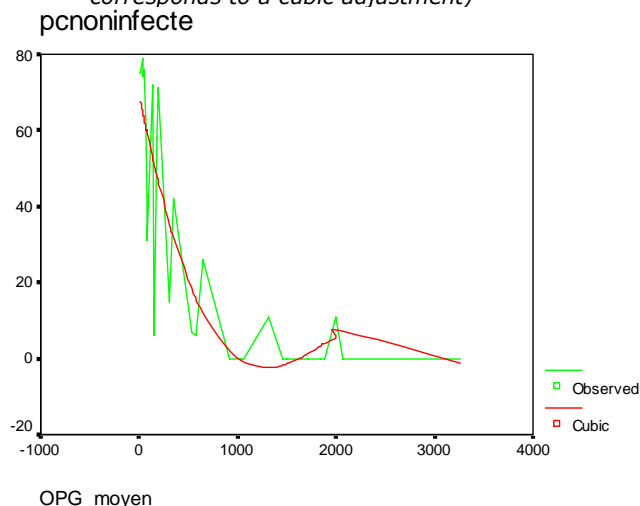
Tableau 1 : Relation entre les valeurs moyennes des coproscopies de 27 sites (OPG : œufs de strongles dans les fèces) et le pourcentage d'individus indemnes ou ayant des OPG supérieurs à 500.(abréviations :F France, M Mexique),  
 Table 1: Relationship in 27 sites between average faecal egg counts of strongyle eggs and percentage of uninfected animals or presenting EPG higher than 200.

| Site         | Type animal      | OPG Moyen (n chevaux) | % avec OPG= 0 | % avec OPG>200 |
|--------------|------------------|-----------------------|---------------|----------------|
| Nouzilly-F   | Juments          | 180 (50)              | 58            | 20             |
| Nouzilly-F   | Juments          | 47 (46)               | 76            | 7              |
| Nouzilly-F   | Juments          | 40 (38)               | 74            | 8              |
| Nouzilly-F   | Juments          | 72 (40)               | 63            | 13             |
| Nouzilly-F   | Juments          | 31 (39)               | 79            | 5              |
| Nouzilly-F   | Yearling         | 575 (18)              | 6             | 61             |
| Nouzilly-F   | Yearling         | 150 (18)              | 6             | 17             |
| Perpignan-F  | Hongres/ Juments | 312 (27)              | 15            | 30             |
| Perpignan-F  | Hongres/ Juments | 80 (16)               | 31            | 13             |
| Perpignan-F  | Hongres/ Juments | 648 (23)              | 26            | 39             |
| Perpignan-F  | Hongres/Juments  | 530 (28)              | 7             | 46             |
| Veracruz-M   | Etalons/Juments  | 1884 (32)             | 0             | 84             |
| NuevoLeon-M  | Etalons/Juments  | 913 (40)              | 0             | 78             |
| Tamaulipas-M | Etalons/Juments  | 2000 (36)             | 11            | 81             |
| Tamaulipas-M | 2ans             | 3257 (19)             | 0             | 89             |
| Tamaulipas-M | 2ans             | 1313 (19)             | 11            | 89             |
| Tamaulipas-M | 2ans             | 350 (19)              | 42            | 37             |
| Edo Mexico-M | Etalons/Juments  | 1461 (57)             | 0             | 88             |
| Edo Mexico-M | Yearling         | 1497 (24)             | 0             | 100            |
| Edo Mexico-M | Yearling         | 2070 (24)             | 0             | 100            |
| Edo Mexico-M | Yearling         | 1037 (24)             | 0             | 96             |
| Edo Mexico-M | Yearling         | 198 (24)              | 71            | 29             |
| Edo Mexico-M | 2ans             | 1719 (18)             | 0             | 71             |
| Edo Mexico-M | 2ans             | 1844 (18)             | 0             | 100            |
| Edo Mexico-M | 2ans             | 1058 (18)             | 0             | 94             |
| Edo Mexico-M | 2ans             | 142 (18)              | 72            | 28             |
| Chamberet-F  | 2ans             | 1636 (21)             | 0             | 100            |
| Chamberet-F  | Yearling         | 75 (14)               | 43            | 14             |
| Chamberet-F  | Juments          | 14 (28)               | 75            | 0              |

La figure III montre que le meilleur ajustement est une puissance trois ( $R^2=0,77$  ;  $p=0,00$ ). Une diminution forte existe entre les valeurs des OPG faibles jusqu'à 1000, puis ensuite pratiquement tous les chevaux sont infestés, quel que soit leur stade. Ainsi pour 250 OPG, plus de 30% des chevaux sont indemnes et pour 500 seulement moins de 20%. Les différences qui peuvent exister entre les types de chevaux sont uniquement liées à la valeur moyenne des OPG.

Figure III : Relation entre les OPG moyens et le pourcentage d'individus indemnes (la courbe lisse correspond à un ajustement cubique)

Figure III: Relationship between average EPG and the percentage of uninfected animals (the smooth curve corresponds to a cubic adjustment)

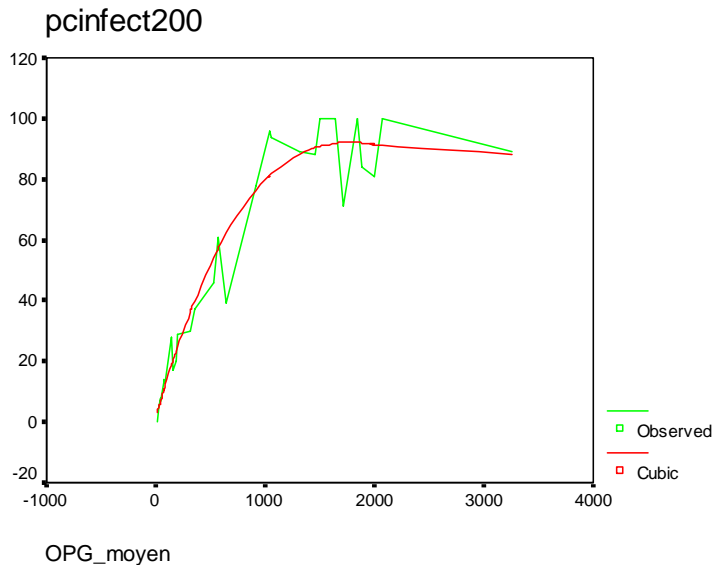


### 2.3. Les animaux susceptibles de nécessiter un traitement sont prédictibles selon la valeur moyenne de l'infestation

Nous avons choisi une valeur de 200 OPG comme seuil nécessaire pour envisager un traitement anthelminthique. Cette valeur est reliée significativement à la valeur moyenne. La figure IV permet de s'en faire une idée. La régression a de nouveau comme meilleur ajustement une puissance 3 ( $R^2=0,94$  ;  $p=0,000$ ). De nouveau, la valeur d'OPG de 1000 est aussi l'occasion d'une rupture.

Figure IV : Relation entre les OPG moyens et le pourcentage d'individus ayant des OPG supérieurs à 200 (la courbe lisse correspond à un ajustement cubique)

Figure IV: Relationship between average EPG and the percentage of animals with EPG higher than 200 (the smooth curve corresponds to a cubic adjustment)



### 3. Discussion

La distribution du parasitisme par les petits strongles (fondée sur les OPG) suit la loi de Taylor. La pente de la régression est de 1,43. Une valeur de 1 serait indicative d'une distribution au hasard (Poisson) et 2 serait le signe d'une binomiale négative. Cela peut éclairer également sur les processus qui génèrent les valeurs de la pente (Eisler *et al*, 2008). Une valeur de 1 correspond à deux processus différents : les infestations successives sont indépendantes ou bien plusieurs infestations ne peuvent pas se produire à l'échelle de temps utilisée. La répercussion des infestations sur les OPG est lente (près de 3 mois pour les petits strongles : Kilani *et al*, 2003) et l'échelle de temps est parfois inférieure entre deux mesures. Les infestations successives peuvent être considérées comme indépendantes à une échelle de temps courte (les ingestions de larves au pâturage sont indépendantes) mais par contre ne seraient plus indépendantes à une échelle de temps plus longue (les animaux régulant partiellement l'infestation au cours de leur maturation de foals à deux ans et plus). Les faibles valeurs moyennes d'OPG pourraient donc correspondre à des variabilités faibles (donc des pentes faibles dans la loi de Taylor) induites par ces deux processus. Une valeur de 2 de la pente pour cette loi résulterait d'infestations identiques et synchrones dans notre échelle d'étude ou bien serait liée à l'existence d'une distribution universelle au sein des hôtes et qui varierait selon des facteurs multiplicatifs (sensibilité génétique ou traitement par exemple). Les fortes infestations (OPG élevés) rentreraient dans ce cadre.

La valeur que nous avons observée (1,43) est légèrement inférieure à celles recensées par Boag *et al* (1992) de l'ordre de 2 ou par l'un d'entre nous (J.C. : 1,68) pour des nématodes parasites d'ovins. Cela signifie probablement que les processus qui réduisent l'hétérogénéité sont moindre chez les chevaux que chez les ovins. Une des explications serait que les cycles de vie sont plus longs chez les petits strongles, ce qui pourrait avoir un effet régulateur sur les fluctuations d'excrétions des œufs de parasites.

Il n'en demeure pas moins que la majorité des nématodes parasites est concentrée dans un nombre réduit d'individus.

Les facteurs de risques évalués pour le cheval (Kornas *et al*, 2010) sont assez clairs : l'âge est l'un des facteurs essentiels, les yearling et les 2 ans sont les plus infectés. C'est ainsi le niveau d'excrétion des œufs de parasites qui détermine la variabilité, lequel niveau est sous le contrôle de l'âge ou des traitements anthelminthiques. La valeur moyenne ne nous renseigne que sur le troupeau et nous avons

vu que la distribution de l'infestation est essentielle. La loi de Taylor peut se décliner de manière plus pratique en pourcentage d'animaux non-infestés (Morand et Krasnov, 2008), et en animaux infestés dont l'excrétion dépasse 200 OPG. Lorsque les OPG sont en moyenne supérieurs à 1000, la prévalence est de 100% et le choix des animaux à traiter ne se pose pas vraiment. Par contre pour des valeurs moyennes inférieures à 1000 OPG le choix des animaux à traiter est une question importante, puisque les traitements pourraient ne concerner que 50% de l'effectif dans certains cas. Ces valeurs moyennes sont faciles à établir sur un ou quelques échantillons composites de fèces (Guerrero et al, 2010). L'absence d'infestation conduit à l'absence de traitement, de manière consensuelle. La valeur de 200 pour considérer qu'un traitement est nécessaire est par contre à soumettre à l'évaluation et constitue une limite sans doute trop sécuritaire, mais qui semble raisonnable en première instance. La difficulté est de repérer les chevaux à traiter, car nous ne disposons pas, comme pour les ovins, de marqueurs simples pour les identifier (Cabaret, 2008). Des index d'anémie, de diarrhée, de gains de poids pour les plus jeunes, le recours limité à la coproscopie en raison de son coût, sont des possibilités à évaluer pour tenter de construire une gestion raisonnée du parasitisme par les petits strongles, en raison de la résistance de ces nématodes aux antiparasitaires qui est devenue fréquente dans de nombreux pays (Kaplan, 2002).

## Remerciements

Ce travail a été financé en partie par le COST 2010, l'Université autonome de Mexico au Mexique, et la Faculté d'Agriculture de Cracovie en Pologne. Nous remercions le Professeur Dorchies et le Dr Pagnon pour les données concernant le club équestre de Perpignan. L'aide technique de J. Cortet (INRA IASP) pour l'analyse d'une partie des prélèvements et celle de F. Reigner (INRA, UEPAO-PRC) pour la gestion des prélèvements sont appréciées.

## Références

- BOAG, B., HACKETT, C.A., TOPHAM, P.B. (1992). The use of Taylor's Power Law to describe the aggregated distribution of gastro-intestinal nematodes of sheep. *International Journal for Parasitology*, 22, 267-270.
- CABARET J. (2007). Parasitisme interne du cheval au pâturage: évaluation et maîtrise. Les Haras Nationaux- Direction des connaissances. 33<sup>ème</sup> Journée de la recherche équine, Paris.
- CABARET J. (2008). Pro and cons of targeted selective treatment against digestive-tract strongyles of ruminants. *Parasite*. 15, 506-509
- EISLER Z., BARTOS I., KERTESZ J. (2008) Fluctuation scaling in complex systems: Taylor's law and beyond. *Advances in Physics*, 57, 89-142.
- GABA, S., GINOT, V., CABARET, J. (2005) Modelling macroparasite aggregation using a nematode-sheep system: the Weibull distribution as an alternative to the Negative Binomial distribution? *Parasitology*, 131, 393-401.
- GUERRERO MC., DUCHAMP G., REIGNER F., CABARET J. (2009) La résistance des strongles aux anthelminthiques chez les équins : mesure simplifiée par des échantillons composites. 36<sup>ème</sup> Journée de la recherche équine, Paris.
- KAPLAN, R.M. (2002). Anthelmintic resistance in nematodes of horses. *Veterinary Research*, 33, 491-508.
- KILANI M., GUILLOT J., POLACK B., CHERMETTE R. (2003). Helminthoses digestives. p. 1309-1410. In : Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail. Europe et régions chaudes. 2. Eds Lefèvre P.C., Blancou J., Chermette R. Editions Lavoisier Tec & Doc, Paris.
- KORNAS, S; CABARET, J; SKALSKA, M; NOWOSAD, B. (2010). Horse infection with intestinal helminths in relation to age, sex, access to grass and farm system. *Veterinary Parasitology*, 174, 285-291.
- MORAND, S., KRASNOV, B. (2008) Why apply ecological laws to epidemiology? *Trends in Parasitology*, 24, 304-309.
- TAYLOR, L.R. (1961) Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189, 732-735.
- PAGNON R. 2005. Résistance aux anthelminthiques des strongles chez les équidés: enquête dans un centre équestre du sud de la France. Thèse Doctorat Vétérinaire, Toulouse, 121 p.