



**42<sup>ème</sup> Journée de la Recherche Équine**  
**Jeudi 17 mars 2016**

## **Parasitisme et réseau social : lien entre la charge parasitaire et le statut social du cheval vivant en troupeau**

L. Briard<sup>1,2</sup>, C. Pasquaretta, J. Brunet<sup>3</sup>, E. Candolfi<sup>3</sup>, O. Petit<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Université de Strasbourg, IPHC, 23 rue Becquerel, 67087 Strasbourg cedex, France

<sup>2</sup> CNRS, UMR7178 DEPE, 23 rue Becquerel, 67087 Strasbourg cedex, France

<sup>3</sup> Institut de Parasitologie et de Pathologie Tropicale, Université de Strasbourg, EA 4438, 3 rue Koeberlé, 67000 Strasbourg, France

[lea.briard@iphc.cnrs.fr](mailto:lea.briard@iphc.cnrs.fr)

### **Résumé**

Malgré l'attention constante qu'on lui porte, le contrôle du parasitisme helminthique reste toujours problématique. En conséquence, des méthodes plus raisonnées d'administration des vermifuges se développent. Le traitement ciblé sélectif sous-entend de cibler la période de l'année la plus favorable et de sélectionner les animaux à traiter. De nombreux facteurs individuels peuvent affecter le parasitisme. Qu'en est-il du statut social de l'animal vivant en troupeau ? L'objectif de cette étude est d'explorer le lien entre le comportement social et la charge parasitaire chez le cheval. Pour ce faire un groupe de 13 chevaux non vermifugés a été étudié de juin à août 2013. Nous avons mis en évidence un lien positif et significatif du rang hiérarchique et de la centralité du réseau de proximité avec la charge parasitaire. Plus les individus sont dominés et/ou plus ils sont fréquemment à proximité d'autres individus, plus ils sont parasités. Nous avons également mis en évidence un lien négatif et significatif entre la charge parasitaire et le nombre de partenaires d'interactions positives. Plus les individus ont de partenaires, moins ils ont de parasites. Il s'agit de la première étude explorant le lien entre parasitisme et statut social chez le cheval. Cette étude permet d'ouvrir de nouvelles perspectives pour le développement de stratégies de traitement ciblé sélectif.

**Mots clés : Toilettage, hiérarchie, interactions, charge parasitaire, *Equus ferus caballus***

### **Summary**

Internal parasite control remains challenging, particularly in recent times due to the rise in drug-resistant organisms. Targeted selective treatment implies to target the period of the year that is most favourable and to select the individuals that will be treated. Many individual factors can affect parasitism such as sex, age or breed. What about the social status of animals living in group? The aim of this study is to explore the relationship between social status and parasitic load in horses. We studied from June to August 2013 a group of 13 horses that has never been treated with anthelmintic drugs. Statistical analysis revealed a positive and significant link between hierarchical rank, centrality and the degree of infestation. Individuals that were seen more often in proximities and/or that were dominated, had a higher parasitic load. On the contrary, we found a negative and significant relationship between the number of partners for positive interactions and parasitism. Individuals that had more partners had a lower parasitic load. Our study is the first one to look for a link between parasitism and social status in horses and open new perspectives for the development of targeted selective treatments.

**Keywords: Grooming, hierarchy, interactions, parasitic load, *Equus ferus caballus***



## Introduction

Les problèmes de santé des animaux d'élevage (de rente ou de loisir) et de compagnie représentent un véritable coût pour leur propriétaire. Le parasitisme helminthique est considéré comme un des problèmes essentiels dans la gestion de la santé de ces animaux. Cependant, et ce malgré l'attention constante qu'on lui porte, son contrôle reste toujours problématique du fait de l'augmentation de la résistance des parasites aux différents vermifuges (Jackson et Miller 2006). En effet, depuis des dizaines d'années la pratique la plus répandue consiste à vermifuger à l'aide des molécules de synthèse tous les animaux d'un cheptel en même temps et à intervalles réguliers. Cette administration régulière d'antihelminthique a eu pour conséquence une réduction significative des problèmes sanitaires liés aux grands strongles (e.g. *Strongylus vulgaris*), mais a largement contribué au développement d'une résistance chez les cyathostomes (petits strongles). Chez les espèces parasites du cheval (plus de 50), une résistance à 2 des 3 classes de vermifuges est d'ores et déjà largement constatée et une efficacité réduite de la 3<sup>ème</sup> classe (lactones macrocycliques) commence à émerger à travers le monde (Molento *et al.* 2012 ; Canever *et al.* 2013 ; Rossano *et al.* 2010). Enfin, les vermifuges actuels ne sont pas sans conséquence pour la santé de l'animal (i.e. altération de la flore intestinale) et l'environnement (Beynon 2012, Lumaret et Errouissi 2002). En conséquence, des méthodes plus raisonnées d'administration des vermifuges se développent : alternance des molécules, traitement ciblé sélectif, pâturages communs ou alternés avec d'autres espèces semblent être la clef pour limiter le développement d'une résistance aux antihelminthiques (Cabaret 2011).

Les stratégies de traitements ciblés sélectifs consistent tout d'abord à cibler la meilleure période de l'année pour traiter les animaux. Par exemple, chez les vaches laitières un traitement vermifuge à l'automne (i.e. entrée en stabulation) semble avoir plus d'impact sur la production de lait qu'un traitement au printemps (i.e. sortie au pré ; Ravinet *et al.* 2015). Ensuite le traitement ciblé sélectif consiste à sélectionner les animaux qui recevront le traitement. En effet, certains individus du troupeau peuvent concentrer la majorité des parasites, un phénomène appelé agrégation parasitaire (Döpfer *et al.* 2014). De nombreux facteurs peuvent affecter la capacité d'un individu à se défendre contre les parasites tels que l'âge, la race et le sexe. De nouveau chez les vaches laitières, il semblerait que ce soit les jeunes individus qu'il faille traiter (Ravinet *et al.* 2015). En effet, il est classique de trouver que les jeunes individus d'un groupe sont plus infectés que les adultes. Une hypothèse est que l'investissement énergétique que représente la croissance ne leur permet pas de lutter efficacement contre l'infection parasitaire.

Qu'en est-il du statut social de l'animal vivant en troupeau ? En effet, peu ou pas d'études s'intéressent à l'impact du statut social sur la charge parasitaire. Or, la dominance mais aussi les préférences sociales influencent la répartition des animaux dans la pâture et au sein du groupe (i.e. périphérie ou centre). La répartition des animaux pourrait donc avoir un impact sur la probabilité de rencontrer une zone infestée. De plus, le rang hiérarchique peut aussi affecter l'accès à certaines ressources et donc générer des carences qui peuvent influencer la charge parasitaire. L'objectif de notre étude est d'examiner le lien entre statut social et charge parasitaire chez le cheval domestique. Pour ce faire nous avons étudié le comportement social d'un groupe de chevaux non vermifugés grâce à la méthode d'analyse des réseaux sociaux. Cette méthode est déjà largement utilisée en épidémiologie pour l'étude de la dynamique de dispersion de maladies, et présente donc un intérêt certain pour l'étude du lien en charge parasitaire et statut social. Notre hypothèse est que les animaux dominés ou fréquemment en contact ou à proximité d'autres individus présenteront une charge parasitaire plus importante que leurs congénères dominants ou périphériques.

## 1 Matériel et Méthodes

### 1.1 Groupe et site d'étude

Le groupe étudié était constitué de 13 chevaux de races variées (voir tableau 1 pour le détail) appartenant à l'élevage du Pré Prince (46°45'44"N, 5°14'7"E, 190m) situé en Saône-et-Loire (France). Le groupe était composé d'un étalon et de 12 juments dont 8 suitées au moment de l'étude et qui vivaient à l'année dans un pré d'environ 17 hectares. Les chevaux avaient un accès *ad libitum* à de l'eau et à une pierre à sel. Chaque année les poulains étaient séparés de leur mère aux alentours de 1 an et aucun traitement antihelminthique n'avait été administré aux individus reproducteurs depuis de nombreuses années.



**Tableau 1** : Caractéristiques des individus  
**Table 1**: Characteristics of individuals

Nom	Sexe	Race	Age (ans)
Ap*	F	Appaloosa x poney galicien	4
Ga	F	poney galicien	20
Gl*	F	poney galicien	20
Gw	F	poney galicien	20
La*	F	Appaloosa	15
Meh	M	Asturcon x Arabe/Selle-Français	14
Mi	F	Trotteur Français x poney galicien	14
Nu*	F	Welsh/Arabe x poney galicien	13
Pr*	F	Anglo-Arabe x poney galicien	11
Qo*	F	Welsh/Arabe x poney galicien	27
Se*	F	Welsh/Arabe x poney galicien	8
Su*	F	Welsh/Arabe x poney galicien	8
Tr	F	Anglo-Arabe x Appaloosa	7

Nom\* = juments suitées

## 1.2 Collecte des données

Les données comportementales et de charge parasitaire ont été collectées de juin à août 2013. Les individus étaient étudiés par deux observateurs 6 jours par semaine et au minimum 6 heures par jour. Au total, 148 heures d'observations ont été réalisées.

### 1.2.1 Comportements sociaux

Un premier observateur effectuait des relevés instantanés toutes les quinze minutes afin de relever la position de chaque individu. Cette dernière était obtenue en mesurant la distance entre l'observateur et l'individu considéré ( $d_i$ ) à l'aide d'une paire de jumelles télémétriques (Bushnell, précision 1 mètre), et en mesurant l'angle ( $\alpha_i$ ) formé entre cet individu et l'observateur par rapport au nord géographique avec une boussole (précision 1 degré). A partir de ces angles et de ces distances, il était possible de calculer les coordonnées xy de chaque individu :  $X_i = \cos(\alpha_i) \times d_i$  and  $Y_i = \sin(\alpha_i) \times d_i$ . Il est ensuite possible de calculer les distances interindividuelles selon la formule suivante  $D_{ij} = \sqrt{[(X_i - X_{bc})^2 + (Y_i - Y_{bc})^2]}$  avec  $D_{ij}$  la distance entre l'individu  $i$  et l'individu  $j$ . Au total 1 514 relevés instantanés ont été effectués et ont été utilisés pour construire une matrice d'association récapitulant la fréquence à laquelle deux individus ont été observés à proximité, c'est-à-dire à moins de 2 mètres.

Le second observateur notait en continu les comportements positifs et négatifs en spécifiant les identités du donneur et du receveur. Les comportements positifs comprenaient les toilettages mutuels, les frottements de tête et la pose de la tête sur un autre individu (i.e. sans réaction d'évitement du receveur). Au total 234 comportements positifs entre 11 des 13 individus du groupe ont été observés. Les comportements négatifs comprenaient les approches suivies d'évitement, les menaces, les morsures et les ruades ainsi que les charges. Pour chaque interaction négative l'observateur notait également la réaction du receveur (i.e. évitement ou pas). Au total 5 000 interactions négatives suivies d'un évitement ont été enregistrées.

### 1.2.2 Rang hiérarchique

Les interactions négatives suivies par un évitement du receveur de l'agression ont été utilisées pour calculer le rang hiérarchique de chaque individu. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode Elo rating (Neumann et Kulik 2014) et assigné un rang à chaque individu (i.e. de 1 pour l'individu le plus dominant à 13 pour le plus dominé).

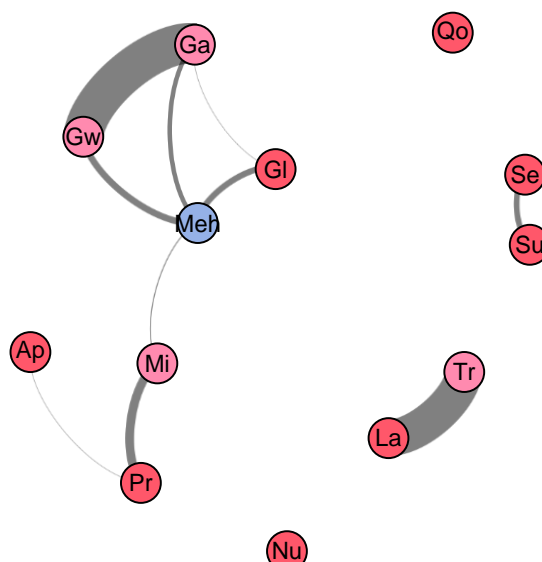
### 1.2.3 Réseau social d'interactions et d'associations

La méthode d'analyse des réseaux sociaux est un outil puissant d'études des associations des individus à l'échelle du groupe. Cette méthode repose sur la représentation graphique du réseau d'associations et d'interactions (Figure I). Elle permet également de calculer plusieurs indices sur la base des associations et

des interactions relevées, permettant ainsi de rendre compte de la position occupée par chaque membre du groupe. Parmi les indices existant voici ceux qui ont été utilisés (Whitehead 2008) :

- **Degré** : Nombre d'individus avec lequel l'individu a été observé en association ou en interaction. L'individu Meh, par exemple, est connecté à 6 individus donc le degré de ce nœud est égal à 6. L'individu Qo en revanche n'a jamais été observé en interactions positives avec un autre individu, le degré de ce nœud est égal à 0.
- **Force** : L'intensité de la relation, c'est-à-dire le nombre de fois que la dyade a été observée associée (e.g. à proximité) ou en interaction (e.g. en toilettage mutuel). Plus des individus sont observés ensemble, plus la force de leur relation est grande. Sur la figure I, l'épaisseur des liens représente la force des relations positives.
- **Centralité** : Cet indice permet de mesurer l'importance d'un individu au sein d'un groupe. Il prend en compte non seulement les relations directes, mais également les relations indirectes. Ainsi un individu connecté à des individus eux-mêmes bien connectés aura une centralité plus élevée qu'un individu avec le même nombre de connections directes, mais avec des individus moins bien connectés. Par exemple, dans la figure I, les individus Ap ou Qo possèdent une très faible centralité contrairement à Meh qui est fortement connecté.

**Figure I** : Représentation du réseau d'interactions positives du groupe étudié  
*Figure I*: Representation of the positive interactions network of the studied group



Les nœuds représentent les individus et les lignes les relations entre ces individus. L'épaisseur des lignes représente la force de la relation. La couleur représente le sexe des individus (i.e. rouge pour les juments, bleu pour l'étalon). Les juments suitées sont en rouge foncé.

#### 1.2.4 Charge parasitaire

##### • Récolte des échantillons

Les échantillons fécaux étaient prélevés deux fois par semaine et à intervalle fixe. Les jours de prélèvements d'échantillons étaient les mêmes pour tous les individus. Afin de ne pas perturber le comportement social des animaux, les échantillons fécaux étaient prélevés une fois que l'individu s'était suffisamment éloigné du crottin qu'il venait d'émettre. L'échantillon était collecté à l'aide d'un sachet à ziplock sur lequel était inscrit l'identité de l'individu, la date et l'heure de prélèvement ainsi que la consistance et la présence de vers. Une fois les observations terminées et l'ensemble des échantillons récoltés, 10g de crottin était conservés dans 80ml de formol sur lequel les informations de l'échantillon étaient reportées.

##### • Analyse des échantillons

Les échantillons ont été analysés selon la méthode Ritchie à l'Institut de Parasitologie et de Pathologie Tropicale à Strasbourg. Cette méthode est basée sur une technique de concentration diphasique par utilisation de la solution aqueuse de formol. Une fois l'échantillon passé à la passoire pour enlever les plus gros débris, 3 ml sont prélevés et mélangés à 10ml de solution de NaCl à 9‰ puis centrifugés pendant 2 minutes à 1 500 tours/min. Le surnageant est rejeté et l'opération répétée jusqu'à ce que ce dernier soit clair. A ce moment-là, le culot est mélangé à 10mL de solution de formol à 10% pendant 5 minutes avant d'être



émulsionné avec 4mL d'acétate d'éthyle. Une dernière centrifugation (1 500 tours/min) est effectuée avant de récupérer le culot d'enrichissement qui contient les parasites. La totalité du culot est alors mise entre lame et lamelle puis lu au microscope en balayant toute la lame. Les œufs d'helminthes ont été identifiés grâce à des clés d'identification. Chaque échantillon a été dupliqué afin de calculer un nombre moyen d'œufs par gramme de fèces.

### 1.3 Analyse statistique

L'objectif de cette étude est de tester le lien entre le statut social des individus (position dans le réseau d'interactions négatives et positives) et leur charge parasitaire. Du fait de la distribution des toilettages mutuels (i.e. restreints à quelques dyades), nous avons décidé d'utiliser le degré et non la force pour le toilettage mutuel afin de prendre en compte le nombre de partenaires. Pour les proximités, nous avons pris en compte la centralité car les individus possèdent tous la même valeur de degré (i.e. 13). Pour le réseau d'interactions négatives, nous avons pris, en plus du rang hiérarchique, la force des relations négatives en plus du rang hiérarchique pour prendre en compte la fréquence d'implication dans des interactions négatives. (i.e. reçues ou données). Pour ce faire, nous avons utilisé un modèle mixte linéaire généralisé avec une transformation logarithmique de la variable dépendante. L'identité des individus a été utilisée comme facteur aléatoire pour contrôler les mesures répétées. En plus des variables citées ci-dessus le mois a été utilisé comme variable indépendante. Pour déterminer quel modèle explique mieux la charge parasitaire, nous avons utilisé la procédure MuMIn (multimodel inference, v.1.10.0; Barton 2014). Les modèles sont d'abord comparés en fonction de leur critère d'Akaike (AIC) corrigés pour les petits échantillons (AICc) puis hiérarchisés en fonction de leur poids (AIC<sub>w</sub>). Quand l'AICc diffère de moins de 2 unités, on considère que le modèle avec le plus faible AICc est le meilleur modèle. Cette méthode permet également de peser le poids de chaque variable sur l'ensemble des modèles possibles et de donner son importance relative (RVI)

Toutes les analyses ont été réalisées sur R version 3.0.3 (R Core Team 2015). Le seuil de significativité a été fixé à 0,05.

## 2 Résultats

L'analyse coprologique a révélé une infestation majoritairement par les strongles. Des œufs de *Parascaris equorum* ont été trouvés chez certains individus. Etant donné que la morphologie des œufs de strongles ne peut pas être utilisée pour identifier les différentes espèces de strongles, nous nous en sommes tenus à un nombre moyen d'œufs global par gramme de fèces par jour de prélèvement.

L'inférence multimodèle montre que le meilleur modèle est le modèle complet (Tableau 2). Un important effet de la date de prélèvement a été mis en évidence (LMM : Estimate = -0,048±0,08 ; z-value = 5,739 ;  $p < 0,001$  ; RVI = 1). Ainsi de juin à août 2013, la charge parasitaire moyenne a baissé pour l'ensemble des individus. L'ajout de la variable « mois » dans le modèle permet de peser pour son effet et d'estimer l'influence des autres variables.

Le modèle complet révèle un lien positif et significatif entre le rang hiérarchique et la charge parasitaire (LMM : Estimate = 0,087±0,05 ; z-value = 1,832 ;  $p = 0,05$  ; RVI = 0,69). Plus les individus sont dominés, plus ils ont un nombre d'œufs importants.

De la même manière, une relation positive et significative a été mis en évidence entre la centralité dans le réseau de proximité et la charge parasitaire (LMM : Estimate = 1,09±0,52 ; z-value = 2,075 ;  $p = 0,038$  ; RVI = 0,77). Plus les individus occupent une position centrale, c'est-à-dire qu'ils sont fréquemment à proximité de beaucoup d'individus eux-même centraux, plus ils ont de parasites.

Enfin une relation négative et significative entre la charge parasitaire et le degré des individus dans le réseau d'interactions positives a été mis en évidence (LMM : Estimate = -0,28±0,12 ; z-value = 2,051 ;  $p = 0,04$  ; RVI = 0,81). Plus les individus ont des partenaires pour leurs interactions positives, moins ils ont de parasites.



**Tableau 2** : Sélection sur la base du critère d'Akaike pour les petits échantillons (AICc) des modèles utilisés pour examiner l'effet du statut social sur la charge parasitaire

**Table 2:** Model selections with Akaike's information criterion corrected for small sample size (AICc) for the models used to examine the influence of social status on parasitic load

Modèle	df	AICc	ΔAICc	wi	E/R
Cent_prox + deg_groom + mois + rang + force_neg (modèle complet)	8	792,1	0	0,376	1
Cent_prox + deg_groom + mois + rang	7	793,2	1,13	0,214	1,76
Cent_prox + deg_groom + mois	6	795	2,94	0,086	4,37
mois	5	796,2	4,13	0,048	7,83
Modèle nul (intercept)	F	821	28,94	0	>10 <sup>3</sup>

Cent\_prox : indice de centralité pour le réseau de proximité ; deg\_groom : degré pour le réseau de toilettage ; rang : rang hiérarchique ; force\_neg : force pour le réseau des interactions négatives

### 3 Discussion

L'objectif de cette étude était d'examiner le lien entre la charge parasitaire et le statut social chez le cheval domestique. Nous souhaitons également présenter la méthode d'analyse des réseaux sociaux comme étant une méthode pouvant apporter de nombreuses informations sur la dynamique d'interactions au sein d'un groupe social d'animaux domestiques. Nos résultats permettent également d'apporter de nouvelles informations pour la gestion du parasitisme chez le cheval domestique, et d'ouvrir des perspectives de recherche quant aux facteurs pouvant intervenir dans les stratégies de traitement ciblé sélectif.

Tout d'abord, nos résultats montrent qu'il existe un lien entre le rang hiérarchique d'un individu et sa charge parasitaire. Plus les individus sont dominants, plus leur charge parasitaire est faible. Différentes hypothèses peuvent être évoquées. Tout d'abord, plusieurs études ont mis en évidence que le stress lié au rang hiérarchique diminue l'efficacité du système immunitaire et rend donc certains individus plus susceptibles d'être fortement infestés (Gillespie, 2006 ; Woolhouse 1998). Cependant, une étude récente chez le cheval domestique a montré l'absence de lien entre le rang hiérarchique et le niveau de stress physiologique (York & Schulte, 2014). Une autre hypothèse est que les individus dominants ont un meilleur accès aux ressources alimentaires, ce qui améliore leur condition physique et donc leur immunocompétence. Lors de l'étude, les animaux n'étaient pas complémentés en foin ou en grain, il n'y avait donc pas de site limité de nourriture pouvant être monopolisé. En revanche, durant l'hiver, un râtelier à foin avait été mis à disposition. Cet accès limité à de la nourriture avant l'étude a pu exacerber l'influence du rang hiérarchique en donnant la possibilité aux dominants de monopoliser une nourriture de meilleure qualité, augmentant ainsi leur apport énergétique et leur immunocompétence. Il est à noter cependant que les animaux dominés ne présentaient pas visuellement un moins bon état que les animaux dominants. Enfin la dernière hypothèse est que les individus de rang hiérarchique faible sont obligés d'utiliser des zones de l'environnement de moindre qualité, par exemple, présentant une charge parasitaire plus élevée. Le cheval présente naturellement un comportement d'évitement des zones contaminées (Fleurance *et al.* 2007). Il serait cependant intéressant d'étudier comment le rang hiérarchique et les interactions négatives répétées peuvent influencer le choix d'un patch de nourriture chez le cheval domestique.

Nous avons également mis en évidence un lien entre la centralité dans le réseau de proximité et la charge parasitaire. Plus les individus sont fréquemment à proximité de nombreux individus, plus ils ont de parasites. Une explication pourrait être que les individus les plus centraux ont une plus grande probabilité de rencontrer des zones contaminées, soit par un phénomène d'encombrement (i.e. individu entouré d'autres individus) soit par une augmentation de la probabilité de rencontrer un crottin fraîchement émis. Le mode de transmission et de contamination étant spécifique de la relation hôte-parasites, il est difficile de s'appuyer sur les résultats chez d'autres espèces. Il n'existe aucune étude à ma connaissance sur ce sujet chez le cheval ou chez une espèce proche. On peut cependant noter que dans une population de gazelles, les espèces les plus grégaires présentent une plus forte intensité d'infection que les autres espèces (Ezenwa 2004). Il est possible que ce phénomène puisse également se retrouver à un niveau inférieur d'organisation, ici le groupe.

Notre hypothèse concernant les interactions positives était que les individus les plus connectés et avec le plus de partenaires seraient plus infestés. En effet, chez différentes espèces sociales il a été montré que les géohelminthes habituellement transmis via la contamination du sol pouvaient être directement transmis via les interactions sociales (Rimbach *et al.* 2015). On peut imaginer que chez le cheval, si les individus mordillent la zone ano-génitale pendant un toilettage mutuel, le risque de transmission directe est élevé (Figure II). Cependant nos résultats vont à l'encontre de cette hypothèse puisque les individus avec le plus grand nombre de partenaires, sont ceux ayant la plus faible charge parasitaire. Ne possédant aucune

information sur les modes de transmission directe des géohelminthes chez le cheval ou des espèces proches, il est difficile de discuter ce résultat.

**Figure II** : Cas de toilettage mutuel où l'un des individus mordille la zone ano-génitale de son partenaire  
**Figure II:** Case of mutual grooming were one individual scratch the ano-genital area of its partner



Il est possible d'évoquer une autre hypothèse, en s'appuyant sur certaines études étudiant l'effet de l'allo-toilettage sur le système immunitaire. On sait que chez des espèces sociales comme le cheval, le toilettage mutuel a un effet sur le rythme cardiaque (Feh & de Mazières 1993), la production de beta-endorphines (Keverne *et al.* 1989), et le système immunitaire (Gust *et al.* 1996). On peut alors envisager que les individus qui présentent un grand nombre de partenaires et donc de possibilités de contacts sociaux positifs, pourraient avoir une production d'endorphines plus élevée, et donc une immunité stimulée.

Nous sommes conscients que notre étude se base sur un seul groupe et qu'il est nécessaire d'étudier plus de groupes avant de pouvoir conclure sur l'effet du statut social sur la charge parasitaire. Notre objectif principal était d'ouvrir de nouvelles perspectives pour l'élaboration de stratégies de traitement ciblé sélectif, ainsi que de présenter la méthode d'analyse des réseaux sociaux comme méthode d'étude de la dynamique sociale. Nos résultats permettent d'apporter des premiers éléments de réponse tout en incitant à approfondir les recherches sur le sujet.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Alain Palanchon pour nous avoir laissé accès à ses chevaux. Nous sommes aussi reconnaissants du travail fourni par les stagiaires Gaïme, Sébastien Kirrcher, Noémie Capelle, Léna Lapique, Virginie Nierat, Margot Faveuw, Sandrine Chapelle. Ce travail a été financé par la fondation des Treilles

## Références

- Barton, K. 2015. MuMIn: Multi-Model Inference. R Package version 1.13.4, (<http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>).
- Beynon, S. A. 2012. Potential environmental consequences of administration of anthelmintics to sheep. *Veterinary parasitology*, (189), 113–124.
- Cabaret, J., Guerrero, M.C., Duchamp, G., Wimel, L., Kornas, S. 2011. Distribution agrégée du parasitisme interne par les nématodes chez les équins : intérêt pour le diagnostic et la gestion antiparasitaire. In : 37<sup>ème</sup> journée de la Recherche Équine, Institut Français du Cheval et de l'Équitation, 49-54.
- Canever, R.J., Braga, P.R., Boeckh, A., Grycajuck, M., Bier, D. and Molento, M.B. 2013. Lack of cyathostomin sp. reduction after anthelmintic treatment in horses in Brazil. *Vet. Parasitol.* 194, 35-39
- Döpfer, D., Kerssens, C.M., Meijer, Y.G.M., Boersema, J.H., Eysker, M. 2004. Shedding consistency of strongyle-type eggs in dutch boarding horses. *Veterinary Parasitology* 124, 249–258.
- Ezenwa, V. O. 2004. Host social behavior and parasitic infection: a multifactorial approach. *Behavioral ecology*. 15 :446-454



- Feh, C., & de Mazières, J. 1993. Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Animal Behaviour*. doi:10.1006/anbe.1993.1309
- Fleurance, G., Duncan, P., Fritz, H., Cabaret, J., Cortet, J., & Gordon, I. J. 2007. Selection of feeding sites by horses at pasture: Testing the anti-parasite theory. *Applied Animal Behaviour Science*, 108(3-4), 288–301.
- Gillespie, T.R., 2006. Noninvasive Assessment of Gastrointestinal Parasite Infections in FreeRanging Primates. *International Journal of Primatology*, International Journal of Primatology 27, 1129–1143.
- Gust DA, Gordon TP, Wilson, ME, Brodie AR, Ahmed Ansari A, McClure HM. 1996. Group formation of female pigtail macaques (*Macaca nemestrina*). *Am J Primatol* 39(4): 263-273.
- Jackson, F et Miller, J. 2006. Alternative approaches to control – quo vadit? *Vet. Parasitol.* 139, 371–384.
- Molento, M.B., Nielsen, M.K. and Kaplan, R.M. 2012. Resistance to avermectin/milbemycin anthelmintics in equine cyathostomins – current situation. *Vet. Parasitol.* 185, 16-24. 5.
- Neumann, C. & Kulik, L. 2014. EloRating : Animal Dominance Hierarchies by EloRating. <http://CRAN.R-project.org/package=EloRating>
- Keverne E, Martenz N, Tuite B. 1989. Beta-endorphin concentrations in cerebrospinal fluid of monkeys are influenced by grooming relationships. *Psychoneuroendocrinology* 14(1-2): 155-161.
- Lumaret, J. L., & Errouissi, F. E. 2002. Review article Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research*, 33, 547–562.
- Ravinet, N., Lehebel, A., Lopez, C., Madouasse, A., Brisseau, N., Ponnau, A., Chartier, C., Bareille, N., Chauvin, A. 2015. Stratégie de traitement anthelminthique ciblé-sélectif : exemple chez la vache laitière adulte. In: Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (JNGTV) (p. 125-137). Journées Nationales des Groupements Techniques Vétérinaires (JNGTV).
- Rimbach, R., Bisanzio, D., Galvis, N., Link, A., Di Fiore, A., & Gillespie, T. R. 2015. Brown spider monkeys (*Ateles hybridus*): a model for differentiating the role of social networks and physical contact on parasite transmission dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 370(1669), 20140110. doi:10.1098/rstb.2014.0110
- Rossano, M.G., Smith, A.R. and Lyons, E.T. 2010. Shortened strongyle-type egg reappearance periods in naturally infected horse treated with moxidectin and failure of a larvicidal dose of fenbendazole to reduce faecal egg counts. *Vet. Parasitol.* 173, 349-352.
- Whitehead, H. 2008. *Analyzing Animal Societies: Quantitative Methods for Vertebrate Social Analysis* (illustrate.). University of Chicago Press.
- Woolhouse, M.E., 1998. Patterns in parasite epidemiology: the peak shift. *Parasitology today*, *Parasitology today* 14, 428–434.
- York, C. A., & Schulte, B. A. 2014. The relationship of dominance, reproductive state and stress in female horses (*Equus caballus*). *Behavioural Processes*, 107, 15–21.