

# Première étude sérologique de la prévalence d'*Anaplasma phagocytophilum* chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*) en Tunisie

## First serological study of the prevalence of *Anaplasma phagocytophilum* in dromedary (*Camelus dromedarius*) in Tunisia

M. Ben Said · H. Belkahia · L. Sayahi · M. Aloui · M.H. Jemli · B. Hadj Mohamed · L. Sassi · M.A. Darghouth · A.A. Djaïem · M. Bayouhd · L. Messadi

Reçu le 11 juillet 2013 ; accepté le 15 octobre 2013  
© Société de pathologie exotique et Springer-Verlag France 2013

**Résumé** L'objectif de cette étude a été de déterminer la séroprévalence d'*Anaplasma phagocytophilum* chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*). Les sérums de 226 dromadaires sains provenant de 3 régions de la Tunisie (Sidi Bouzid, Bouficha et Douz) ont été testés par immunofluorescence indirecte (IFI). Le taux global de séropositivité a été estimé à 29,2 %. L'étude des facteurs de risque a montré que la région, l'âge, le sexe, la présence de tiques et le type d'élevage n'ont pas d'influence sur le taux de séroprévalence d'*A. phagocytophilum*. La présente étude indique, pour la première fois en Tunisie, que le dromadaire peut être impliqué dans le cycle naturel d'*A. phagocytophilum*.

**Mots clés** *Anaplasma phagocytophilum* · Dromadaire (*Camelus dromedarius*) · Séroprévalence · Immunofluorescence indirecte (IFI) · Sidi Bouzid · Bouficha · Douz · Tunisie · Maghreb-Afrique du Nord

**Abstract** The aim of the study was to evaluate the seroprevalence of *Anaplasma phagocytophilum* in dromedary (*Camelus dromedarius*). Sera of 226 healthy dromedaries from three regions of Tunisia (Sidi Bouzid, Bouficha and Douz) were tested by indirect immunofluorescence (IFA). The overall infection rate was estimated at 29.2%. The study

of risk factors showed that region, age, gender, presence of ticks and types of breeding had no influence on the seroprevalence of *A. phagocytophilum*. This study indicates for the first time in Tunisia that dromedary may be involved in the natural cycle of *A. phagocytophilum*.

**Keywords** *Anaplasma phagocytophilum* · Dromedary (*Camelus dromedarius*) · Seroprevalence · Immunofluorescence assay (IFA) · Sidi Bouzid · Bouficha · Douz · Tunisia · Maghreb-Northern Africa

## Introduction

Les bactéries de la famille des *Anaplasmataceae* sont des bactéries à Gram négatif intracellulaires obligatoires [9,10,32]. L'anaplasmose granulocytaire, due à *Anaplasma phagocytophilum*, est une infection bactérienne à transmission vectorielle, non contagieuse, qui infecte les animaux domestiques ou sauvages et a pour cible principale les granulocytes neutrophiles [8,16,28]. Les principaux vecteurs sont les tiques, principalement *Ixodes ricinus* en Europe, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, *I. scapularis* en Amérique du Nord et centrale, *I. pacificus* en Amérique du sud-ouest, *I. persulcatus* au Japon ainsi que plusieurs autres espèces de tiques [24,27,33]. Diverses espèces animales sont réceptives à l'infection, notamment les ruminants, le chien, le cheval, de nombreux mammifères sauvages tels que les cervidés ainsi que les lézards [7,31] et les reptiles [25]. Il s'agit également d'une zoonose, puisque *A. phagocytophilum* est l'agent de l'anaplasmose granulocytaire humaine, anciennement connue sous le nom d'ehrlichiose granulocytaire humaine [11].

L'infection à *A. phagocytophilum* se traduit chez les ruminants par un syndrome fébrile accompagné par une apathie, une baisse de l'appétit, des arthrites, un œdème

M. Ben Said · H. Belkahia · L. Sayahi · M. Aloui · M.H. Jemli · L. Sassi · M.A. Darghouth · L. Messadi (✉)  
École nationale de médecine vétérinaire,  
Université de La Manouba, Institution de la recherche  
et de l'enseignement agricoles, 2020 Sidi Thabet, Tunisie  
e-mail : lilia\_messadi@yahoo.fr

A.A. Djaïem · M. Bayouhd  
Parc animalier de Friguia, Bouficha, Tunisie

B. Hadj Mohamed  
Centre régional de veille zoonitaire, Kébili, Tunisie.

des extrémités distales des membres, un amaigrissement important surtout chez les agneaux [14,18,37], parfois des hémorragies au niveau des muqueuses ou de la peau [13,14], des avortements [12] et une immunodépression [41].

La recherche des IgG anti-*A. phagocytophilum* constitue une excellente méthode de détection sérologique de l'infection et fait le plus souvent appel à l'immunofluorescence indirecte [29]. La mise en évidence d'une augmentation du titre des anticorps entre la phase aiguë et la phase de convalescence de la maladie peut être utile pour l'établissement d'un diagnostic d'anaplasmose en l'absence de tests microscopiques et moléculaires [29].

Le dromadaire (*Camelus dromedarius*) est un mammifère domestique appartenant à la famille des *Camelidae* et au genre *Camelus*. Dans le centre et le sud de la Tunisie, les dromadaires, malgré des effectifs en nette diminution, représentent une source de revenus importante, en produisant du lait et de la viande, et en valorisant les grands parcours, en plus de leur intérêt dans le secteur du tourisme [4,23].

En Tunisie, les travaux concernant *A. phagocytophilum* restent très limités et ont concerné essentiellement le chien et le cheval [20,21]. Les études publiées sur l'anaplasmose chez le dromadaire sont très peu nombreuses, la seule espèce du genre *Anaplasma* formellement identifiée chez les dromadaires étant *A. marginale* [2,22,30], tandis qu'une récente étude a montré une séropositivité vis-à-vis du genre *Anaplasma* chez des dromadaires des Iles Canaries (Espagne) [19].

La présente étude a été menée afin d'étudier, pour la première fois en Tunisie, la séroprévalence d'*A. phagocytophilum* chez des dromadaires situés dans trois différentes régions par la technique d'immunofluorescence indirecte (IFI) et d'essayer d'identifier les principaux facteurs de risque éventuels liés à l'infection.

## Matériel et méthodes

### Dromadaires et régions d'étude

De mai à octobre 2009, un sondage a été effectué sur 226 dromadaires cliniquement sains. Les sujets sont répartis comme suit : 155 dromadaires de la région de Sidi Bouzid (Gouvernorat de Sidi Bouzid, latitude 35°0''N, longitude 9°29''E, altitude 355 m) appartenant à 27 élevages, 39 individus de la région de Douz (Gouvernorat de Kébili, latitude 33°27''N, longitude 9°01''E, altitude 64 m) appartenant à 16 élevages et 32 du parc animalier de Friguia à Bouficha (Gouvernorat de Sousse, latitude 36°18''N, longitude 10°27''E, altitude 13 m) constituant un effectif unique. Pour chaque animal, l'âge approximatif, le sexe, la présence éventuelle de tiques et le système d'élevage pratiqué ont été notés (Tableau 1).

**Tableau 1** Répartition des dromadaires selon le sexe, l'âge, la présence de tiques et le type d'élevage / *Distribution of camels by gender, age, presence of ticks and type of farming.*

	Site			Nombre
	Bouficha	Sidi Bouzid	Douz	
Sexe				
Mâle	02	51	39	92
Femelle	30	104	0	134
Age				
≤ 2 ans	0	44	0	44
[2-7 ans]	22	68	18	108
> 7 ans	10	43	21	74
Infestation par les tiques				
Infesté	03	76	06	85
Non infesté	29	79	33	141
Type d'élevage				
Traditionnel	0	47	0	47
Productif	32	108	39	179
Total	32	155	39	226

Les espèces de tiques ont été identifiées en utilisant les clefs de diagnose de Walker et al [39].

### Échantillons de sang

Les prises de sang ont été effectuées à partir de la veine jugulaire, dans des tubes secs (Becton Dickinson). Les tubes ont été centrifugés à 3000 tours par minute pendant 10 minutes et les sérums recueillis ont été stockés à -20°C jusqu'à utilisation.

### Immunofluorescence indirecte (IFI)

En l'absence de kits spécifiques aux camélidés, la mise en évidence des anticorps anti-*Anaplasma phagocytophilum* a été réalisée à l'aide du kit d'immunofluorescence indirecte *Anaplasma phagocytophilum* IFA Bovine IgG Antibody, commercialisé par les laboratoires Fuller (Fullerton, California, États-Unis). Afin d'adapter le test aux sérums de dromadaires, un conjugué caprin anti-IgG de lama (VMRD, Pullman, États-Unis) a été utilisé. Ce test comporte comme antigène des cellules HL-60 en culture infectées par *A. phagocytophilum* et permet la détection et la détermination semi-quantitative des IgG sériques anti-*A. phagocytophilum*. Un témoin négatif et un témoin positif fournis dans le kit ont été ajoutés à chaque essai. Selon les recommandations du fabricant, les sérums sont considérés positifs en présence d'une fluorescence détectée à une dilution supérieure ou égale à 1/80.

## Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel Epi Info 6 et le test  $\chi^2$  au seuil de 5 % et ce, afin d'étudier l'influence éventuelle de l'âge, de la race, du sexe, de la présence de tiques et du type d'activité. Une différence est considérée statistiquement significative lorsque le degré de signification  $p$  est inférieur ou égal à 0,05.

## Résultats et discussion

Ce sondage sérologique descriptif et ponctuel a permis de constater la présence d'anticorps anti-*A. phagocytophilum* chez 66 dromadaires sur un total de 226 sujets testés (29,2 %). Ce résultat témoigne de la sensibilité de cette espèce animale à l'infection par *A. phagocytophilum*, même si aucun signe clinique particulier n'a été mis en évidence. Les travaux concernant l'anaplasmose chez le dromadaire sont peu nombreux et aucun n'a encore précisé la prévalence d'*A. phagocytophilum* chez les camélidés. Récemment, Mentaberre et al [19] ont estimé la séroprévalence des bactéries du genre *Anaplasma* avec une technique ELISA compétitive utilisant l'antigène MSP-5 spécifique au genre chez 100 dromadaires situés dans les Iles Canaries (Espagne). La séropositivité estimée à 3 % est nettement inférieure à la séroprévalence d'*A. phagocytophilum* (29,2 %) notée dans la présente étude. Actuellement, le titrage des anticorps anti-*A. phagocytophilum* se fait exclusivement par un test IFI spécifique à cette espèce bactérienne, à l'exception d'un kit ELISA multiplex destiné au chien, qui cible quatre pathogènes (*A. phagocytophilum*, *Ehrlichia canis*, *Borrelia burgdorferi* et *Dirofilaria immitis*). En revanche, le kit c-ELISA est spécifique à toutes les espèces du genre *Anaplasma*. Le choix de la technique IFI utilisée pour ce sondage sérologique en Tunisie est justifié par l'objectif d'évaluation de la séroprévalence de l'infection par *A. phagocytophilum* précisément. Cette technique a été adaptée au dromadaire en utilisant un conjugué caprin anti-IgG de lama, spécifique aux IgG de camélidés. La séroprévalence plus faible observée dans l'étude réalisée dans les Iles Canaries pourrait être due à plusieurs facteurs tels que les conditions bioclimatiques, l'intensité d'infestation des dromadaires par les tiques, les espèces de tiques infestantes, l'immunité des animaux et les pratiques de lutte contre les tiques.

Les autres publications consacrées aux camélidés se sont intéressées à l'anaplasmose à *Anaplasma marginale*, espèce infectant les hématies, qui a été détectée au Nigéria, où le taux d'infection révélé grâce à l'observation microscopique de frottis sanguins était de 3,8 % [3], 4,65 % [22] et 16,5 % [30], tandis que le taux de séroprévalence estimé par immunofluorescence indirecte était de 10,7 % [1]. Par contre, en Iran, l'examen microscopique de frottis sanguins

réalisés à partir de 262 dromadaires prélevés à l'abattoir n'a pas pu détecter *A. marginale* [5]. L'infection du dromadaire par *A. marginale* semble rester subclinique, selon des observations faites en Somalie, alors que le chameau pourrait exprimer la maladie [40].

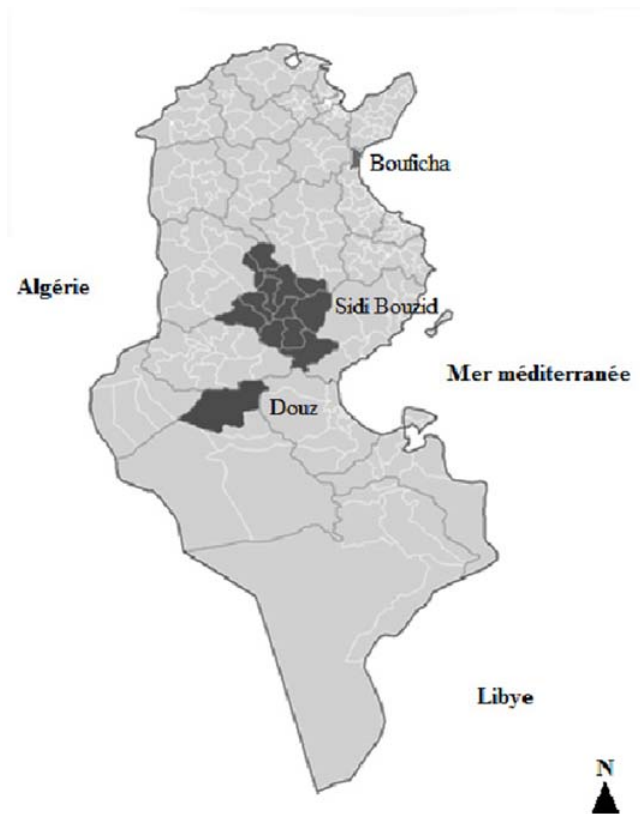
Les seules études consacrées à *A. phagocytophilum* en Tunisie ont intéressé le chien, le cheval, le mouton, ainsi que les tiques. Une investigation sérologique (IFI) réalisée sur 286 chiens a révélé un taux de séropositivité de 25,2 % parmi lesquels deux sujets seulement ont permis la détection moléculaire d'*A. phagocytophilum* par le test d'hybridation RLB (*reverse line blot*) [20]. L'analyse de 60 chevaux par IFI a révélé un taux de séroprévalence de 67 %, tandis que la PCR nichée ciblant le gène *ARNr 16S* a indiqué un taux de 13 % de positivité et a permis de détecter la bactérie chez les tiques *Hyalomma marginatum* (2,3 %) collectées sur les chevaux étudiés [21].

La présente étude a concerné trois différentes régions de la Tunisie, Bouficha, Sidi Bouzid et Douz appartenant respectivement au Nord, au Centre et au Sud du pays. Les élevages de chaque région ont été sélectionnés de façon aléatoire à part l'effectif unique de Bouficha (Friguia), alors que les régions ont été choisies sur la base des caractéristiques bioclimatiques spécifiques à chaque zone. La région du Nord qui appartient à l'étage bioclimatique humide est caractérisée par un couvert végétal formant la continuation d'une chaîne forestière alors que les deux autres régions du Centre et du Sud appartiennent respectivement aux étages bioclimatiques semi-aride et aride. Il aurait été intéressant de disposer d'un nombre équivalent de sujets en provenance des trois zones géographiques étudiées ; ceci n'a pas été possible à cause du nombre limité de dromadaires situés dans la région de Bouficha (nord) et de l'accès plus difficile aux dromadaires de la région de Douz (sud). La prévalence d'infection est de 28,1 % dans la région de Bouficha (nord), 29,0 % dans la région de Sidi Bouzid (centre) et 30,8 % dans la région de Douz (sud) (Tableau 2). Malgré des différences importantes dans les caractéristiques bioclimatiques de ces régions, les taux de prévalence observés dans ces trois zones sont similaires, les différences étant statistiquement non significatives. Ceci pourrait être dû, en partie, au transfert fréquent de dromadaires entre ces trois zones, ainsi qu'à une similitude des populations de vecteurs présents. La prévalence observée n'est probablement pas représentative du statut infectieux à l'échelle du pays, mais ce sondage sérologique a permis d'obtenir des informations sur cette infection et de plus, les effectifs de dromadaires ne sont pas répartis de façon équitable entre les différentes régions. D'autres études sont donc nécessaires à une meilleure connaissance de l'épidémiologie de l'infection du dromadaire par *A. phagocytophilum*.

Les dromadaires porteurs de tiques sont au nombre de 84 (37,16 %) tandis que 142 sujets (62,84 %) n'hébergent pas

de tiques. La présence de tiques est plus fréquente chez les dromadaires de Sidi Bouzid (48,39 %), par rapport aux animaux de Douz (15,38 %) et de Bouficha (9,38 %). L'examen des tiques collectées sur les dromadaires étudiés n'a permis d'identifier que *Hyalomma dromedarii*, *H. excavatum* et *H. impeltatum*. L'espèce *Ixodes ricinus*, vecteur le plus incriminé en Europe et en Amérique dans la transmission d'*A. phagocytophilum* [34], n'a été décrite dans aucune des trois régions étudiées (Fig. 1). Ceci pourrait expliquer, en partie, la similitude des taux de prévalence entre les trois zones. La séroprévalence d'*A. phagocytophilum* chez les animaux porteurs de tiques est de 26,2 % versus 31,0 % chez les non-porteurs de tiques. Cette différence est statistiquement non significative (Tableau 2). Ce résultat pourrait être expliqué, en partie, par le fait que l'absence de tiques lors de la prise de sang ne signifie pas que les animaux n'ont pas été infestés par des tiques, sachant que l'IFI détecte des anticorps qui peuvent être les témoins d'infections antérieures, surtout si on prend en considération la persistance relativement prolongée des anticorps anti-*A. phagocytophilum*, jusqu'à 24 mois post-infection [35].

La séropositivité vis-à-vis d'*A. phagocytophilum* est de 25 % chez les sujets jeunes (d'âge inférieur ou égal à 2 ans), 29,4 % chez les dromadaires d'âge compris entre



**Fig. 1** Carte géographique de la Tunisie montrant les trois régions étudiées / Map of Tunisia showing the three regions studied

**Tableau 2** Séroprévalence d'*Anaplasma phagocytophilum* et valeur de *p* selon la zone d'étude, l'âge, le sexe, l'infestation par les tiques et le type d'élevage / *Seroprevalence of Anaplasma phagocytophilum and p value according to the study area, age, gender, tick infestation and type of farming.*

	Séroprévalence	Valeur de <i>p</i>
Région		0,96
Friguia	09/32 (28,12 %)	
Sidi Bouzid	45/155 (29,03 %)	
Douz	12/39 (30,76 %)	
Age		0,75
≤ 2 ans	11/44 (25 %)	
[2-7 ans]	32/109 (29,35 %)	
> 7 ans	23/73 (31,50 %)	
Sexe		0,37
Mâle	32/120 (26,66 %)	
Femelle	34/106 (32,07 %)	
Infestation par les tiques		0,44
Infesté	22/84 (26,19 %)	
Non infesté	44/142 (30,98 %)	
Type d'élevage		0,92
Traditionnel	14/47 (29,78 %)	
Productif	52/179 (29,05 %)	
Total	66/226 (29,20 %)	-

2 et 7 ans, et 31,5 % chez les dromadaires âgés de plus de 7 ans (Tableau 2). Malgré un taux de séroprévalence qui augmente avec l'âge de l'animal, l'étude statistique n'a pas montré de différence significative (Tableau 2). Pour la région de Sidi Bouzid, le taux de prévalence augmente avec l'âge, tandis que pour les animaux de Friguia et ceux de la région de Douz, la classe d'âge comprise entre 2 et 7 ans présente le taux le plus élevé, mais ces différences restent statistiquement non significatives. Ces résultats ne concordent pas avec ceux de Butler et al [6] et Hansen et al [15] concernant l'anaplasmose granulocytaire ovine et équine, qui ont montré que l'infection à *A. phagocytophilum* était plus importante chez les sujets âgés que chez les sujets jeunes, ce qui s'expliquerait par davantage de contacts avec les vecteurs, alors que Ogden et al [26] ont constaté que chez les moutons, le taux d'infection diminuait avec l'âge. Par contre et en accord avec nos résultats, d'autres études ne montrent pas d'effet apparent de l'âge sur l'incidence de l'infection [34,17].

Les dromadaires étudiés comportent 120 mâles dont 32 séropositifs, soit un taux de prévalence de 26,7 %, et 106 femelles, dont 34 séropositives (32,1 %). Le sexe n'a pas d'effet significatif sur le taux d'infection, ce qui pourrait être expliqué par une susceptibilité identique des deux sexes à la bactérie ou à ses vecteurs. Ce résultat coïncide avec ceux de Leblond et al [17] ainsi que Hansen et al [15] qui ont montré

que le taux d'infection à *A. phagocytophilum* chez les chevaux était similaire chez les mâles et les femelles.

La prévalence de l'infection par *A. phagocytophilum* est de 29,8 % dans les élevages traditionnels où le suivi et le contrôle sanitaire des élevages sont minimes, et de 29 % dans les élevages productifs, à meilleure gestion sanitaire. Cette similitude des prévalences entre les deux types d'élevages montre que le type d'activité ne semble pas influencer sur le taux d'infection et que le contrôle sanitaire des élevages productifs reste insuffisant et nécessite d'être renforcé davantage. Ces résultats concordent avec ceux de Leblond et al [17] ainsi que Hansen et al [15] concernant l'anaplasmose granulocytaire équine, qui ont montré que l'infection par *A. phagocytophilum* n'était pas corrélée avec le type d'élevage.

## Conclusion

Cette étude descriptive permet de conclure à la présence d'anticorps anti-*Anaplasma phagocytophilum* chez le dromadaire, ce qui révèle, pour la première fois en Tunisie, la susceptibilité de cette espèce animale à l'agent de l'anaplasmose granulocytaire. Les facteurs de risque étudiés n'ont pas d'effet significatif sur la séroprévalence d'*A. phagocytophilum*. Il serait utile de déterminer les éventuels signes cliniques associés à l'infection et de rechercher l'ADN d'*A. phagocytophilum* chez ces dromadaires, ainsi que dans les tiques collectées sur ces derniers, afin d'identifier les vecteurs potentiels susceptibles de transmettre cette bactérie aux dromadaires.

**Remerciements** Le présent travail a été mené dans le cadre des activités de recherche du Laboratoire de recherche « Épidémiologie d'infections enzootiques des herbivores en Tunisie » (LR02AGRO3) de l'École nationale de médecine vétérinaire de Sidi Thabet (Tunisie), financées par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Nous remercions les éleveurs qui ont autorisé les prélèvements sur ces animaux.

**Conflit d'intérêt** : les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

## Références

- Ajayi SA, Onyali IO, Oluigbo FO, Ajayi ST (1984) Serological evidence of exposure to *Anaplasma marginale* in Nigerian one-humped camels. *Vet Rec* 114(19):478
- Alsaad KM (2009) Clinical, hematological and biochemical studies of anaplasmosis in Arabian one-humped camels (*Camelus dromedarius*). *J Animal Vet Adv* 8(11):2106–2109
- Bamaïyi PH, Kalu AU, Ali M (2011) Haemoparasites of the trade Camel (*Camelus dromedarius*) arriving for slaughter at Maiduguri, Borno State, Nigeria. *Continental J Veterinary Sciences* 5(1):18–21
- Ben Dhia M, Smiti N, Gadour T (1999) Situation actuelle et perspective de développement de l'élevage du dromadaire en Tunisie au cours du VIIIème Plan. *Options Médit* 9:15.
- Borji H, Gholam Reza R, Parandeh S (2009) Epidemiological study on haemoparasites of dromedary (*Camelus dromedarius*) in Iran. *Journal of Camel Practice and Research* 16(2):217–9
- Butler CM, Nijhof AM, Jongejan F, van der Kolk JH (2008) *Anaplasma phagocytophilum* infection in horses in the Netherlands. *Vet Rec* 162(7):216–7
- De Sousa R, Lopes de Carvalho I, Santos AS, et al (2012) Role of the lizard *Teira dugesii* as a potential host for *Ixodes ricinus* tick-borne pathogens. *Appl Environ Microbiol* 78(10):3767–9
- Dumler JS (2005) *Anaplasma* and *Ehrlichia* Infection. *Ann N Y Acad Sci* 1063:361–73
- Dumler JS, Barbet AF, Bekker CP, et al (2001) Reorganization of genera in the families Rickettsiaceae and Anaplasmataceae in the order Rickettsiales: unification of some species of *Ehrlichia* with *Anaplasma*, *Cowdria* with *Ehrlichia* and *Ehrlichia* with *Neorickettsia*, descriptions of six new species combinations and designation of *Ehrlichia equi* and “HGE agent” as subjective synonyms of *Ehrlichia phagocytophila*. *Int J Syst Evol Microbiol* 51(6):2145–65
- Dumler JS, Rikihisa Y, Dasch GA (2005) *Anaplasmataceae*. Family II. In: Garrity GM (ed) *Bergey's manual of systematic bacteriology*. 2<sup>nd</sup> ed Vol 2. Springer: New York, pp. 117–143
- Foley J, Nieto NC, Madigan J, Sykes J (2008) Possible differential host tropism in *Anaplasma phagocytophilum* strains in the western United States. *Ann N Y Acad Sci* 1149:94–9
- Garcia-Perez AL, Barandika J, Oporto B, et al (2003) *Anaplasma phagocytophila* as an abortifacient agent in sheep farms from northern Spain. *Ann N Y Acad Sci* 990:429–32
- Giadinis ND, Chochlakis D, Ioannou I, et al (2011) Haemorrhagic diathesis in a ram with *Anaplasma phagocytophilum* infection. *J Comp Pathol* 144(1):82–5
- Grøva L, Olesen I, Steinshamn H, Stuen S (2011) Prevalence of *Anaplasma phagocytophilum* infection and effect on lamb growth. *Acta Vet Scand* 53:30
- Hansen MG, Christoffersen M, Thuesen LR, et al (2010) Sero-prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato and *Anaplasma phagocytophilum* in Danish horses. *Acta Vet Scand* 52:3–9
- Kohn B, Galke D, Beelitz P, Pfister K (2008) Clinical features of canine granulocytic anaplasmosis in 18 naturally infected dogs. *J Vet Intern Med* 22(6):1289–95
- Leblond A, Pradier S, Pitel PH, et al (2005) Enquête épidémiologique sur l'anaplasmose équine (*Anaplasma phagocytophilum*) dans le Sud de la France. *Rev Sci Tech* 24(3):899–908
- Lewis SR, Zimmerman K, Dascanio JJ, et al (2009) Equine granulocytic anaplasmosis: A case report and review. *J Equine Vet Sci* 29(3):160–6
- Mentaberre G, Gutiérrez C, Rodríguez NF, et al (2013) A transversal study on antibodies against selected pathogens in dromedary camels in the Canary Islands, Spain. *Vet Microbiol*, in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.07.029>.
- M'Ghirbi Y, Ghorbel A, Amouri M, et al (2009) Clinical, serological, and molecular evidence of ehrlichiosis and anaplasmosis in dogs in Tunisia. *Parasitol Res* 104(4):767–74
- M'Ghirbi Y, Yaïch H, Ghorbel A, Bouattour A (2012) *Anaplasma phagocytophilum* in horses and ticks in Tunisia. *Parasit Vectors* 5:180
- Mohammed AK, Sackey AKB, Tekdek LB, Gefu JO (2007) Common Health Problems of the One Humped Camel (*Camelus*

- dromedarius*) Introduced into Sub-Humid Climate in Zaria, Nigeria. Research Journal Animal Sciences 1(1):1-5
23. Moslam M, Megdiche F (1989) L'élevage camelin en Tunisie. Options Méditerranéennes - Série Séminaires 2:3-36
  24. Murase Y, Konnai S, Hidano A, et al (2011) Molecular detection of *Anaplasma phagocytophilum* in cattle and *Ixodes persulcatus* ticks. Vet Microbiol 149(3-4):504-7
  25. Nieto NC, Foley JE, Bettaso J, Lane RS (2009) Reptile infection with *Anaplasma phagocytophilum*, the causative agent of granulocytic anaplasmosis. J Parasitol 95(5):1165-70
  26. Ogden NH, Casey AN, French NP, Bown KJ, et al (2002) Natural *Ehrlichia phagocytophila* transmission coefficients from sheep 'carriers' to *Ixodes ricinus* ticks vary with the numbers of feeding ticks. Parasitology 124(2):127-36
  27. Ogden NH, Casey AN, Woldehiwet Z, French NP (2003) Transmission of *Anaplasma phagocytophilum* to *Ixodes ricinus* ticks from sheep in the acute and post-acute phases of infection. Infect Immun 71(4):2071-78
  28. Parola P, Davoust B, Raoult D (2005) Tick- and flea-borne rickettsial emerging zoonoses. Vet Res 36(3):469-92
  29. Passamonti F, Veronesi F, Cappelli K, et al (2010) *Anaplasma phagocytophilum* in horses and ticks: a preliminary survey of Central Italy. Comp Immunol Microbiol Infect Dis 33(1):73-83
  30. Rabana JL, Kumshe HA, Kamani J, et al (2011) Effects of parasitic infections on erythrocyte indices of camels in Nigeria. Veterinary Research Forum 2(1):59-63
  31. Rejmanek D, Foley P, Barbet A, Foley J (2012) Evolution of antigen variation in the tick-borne pathogen *Anaplasma phagocytophilum*. Mol Biol Evol 29(1):391-400
  32. Rikihisa Y (2006) New findings on members of the family Anaplasmataceae of veterinary importance. Ann N Y Acad Sci 1078:438-45
  33. Sarih M, M'ghirbi Y, Bouattour A, et al (2005) Detection and identification of *Ehrlichia* spp. in ticks collected in Tunisia and Morocco. J Clin Microbiol 43(3):1127-32
  34. Satta G, Chisu V, Cabras P, et al (2011) Pathogens and symbionts in ticks: a survey on tick species distribution and presence of tick-transmitted micro-organisms in Sardinia, Italy. J Med Microbiol 60(1):63-8
  35. Sellon DC (2007) Miscellaneous parasitic diseases. In: Sellon DC, Long MT (eds) Equine infectious diseases. St. Louis: Saunders Elsevier, pp. 473-80
  36. Stuen S, Bergström K (2001) Persistence of *Ehrlichia phagocytophila* infection in two age groups of lambs. Acta Vet Scand 42:453-8
  37. Stuen S, Grøva L, Granquist EG, et al (2011) A comparative study of clinical manifestations, haematological and serological responses after experimental infection with *Anaplasma phagocytophilum* in two Norwegian sheep breeds. Acta Vet Scand 53:8
  38. Uehlinger FD, Clancey NP, Lofstedt J (2011) Granulocytic anaplasmosis in a horse from Nova Scotia caused by infection with *Anaplasma phagocytophilum*. Can Vet J 52(5):537-40
  39. Walker AR, Bouattour A, Camicas JL, et al (2013) Ticks of domestic animals in Africa: a guide to identification of species. Bioscience reports, Edinburg Scotland, UK. Chapter 4: Species of ticks, pp. 45-221
  40. Wernery U, Kaaden OR (2002) Bacterial diseases and viral diseases. In: Wernery U (ed) Infectious diseases in camelids. 2<sup>nd</sup> ed, Blackwell Science, Berlin, Germany, pp. 19-236
  41. Woldehiwet Z (2008) Immune evasion and immunosuppression by *Anaplasma phagocytophilum*, the causative agent of tick-borne fever of ruminants and human granulocytic anaplasmosis. Vet J 175(1):37-44