

Fièvre catarrhale chez les ongulés sauvages : Bilan de l'enquête 2008-2010

Sophie Rossi (sophie.rossi@oncfs.gouv.fr) (1), Emmanuel Breard (2), Maryline Pioz (3), Benoit Durand (2), Dominique Gauthier (4), Philippe Gibert (5), François Klein (6), Daniel Maillard (5), Christine Saint-Andrieux (6), Pierre Mathevet (7), Jean Hars (1)

(1) Office national de la chasse et de la faune sauvage, Unité sanitaire de la faune, St Benoist, France.

(2) Anses, - Laboratoire de santé animale, Maisons-Alfort, France.

(3) CIRAD, UMR CMAEE, Montpellier, France.

(4) ADILVA, Laboratoire vétérinaire départemental des Hautes Alpes, Gap, France.

(5) Office national de la chasse et de la faune sauvage, Direction études et recherches, CNERA faune de montagne, Montpellier, France.

(6) Office national de la chasse et de la faune sauvage, Direction études et recherches, CNERA cervidés sanglier, Bar-le-Duc, France.

(7) Merial France, Lyon, France.

Résumé

La fièvre catarrhale ovine (FCO) a été surveillée en France chez les ongulés sauvages durant le pic d'incidence domestique (2008) puis durant une période de plus faible incidence domestique (2009). Au cours des deux années d'étude, 2 798 ongulés sauvages ont été échantillonnés dont 837 cerfs (*Cervus elaphus*). Une recherche d'anticorps à l'aide d'un test ELISA et une recherche de génome viral par RT-PCR ont été réalisées. Une importante proportion des cerfs étaient séropositifs en 2008 (47,1 %) et 2009 (24,3 %) tandis que les autres espèces ont très peu séroconverti (séroprévalence < 3 %). Des résultats positifs en RT-PCR (BTV-1 et BTV-8) ont été observés chez le Cerf durant les deux années d'étude, suggérant une circulation de la FCO également en 2009 dans cette espèce, après le pic épizootique domestique. A grande échelle nous observons que la souche BTV1 ne s'est pas propagée en dehors des zones de forte incidence domestique, ce qui suggère un faible pouvoir intrinsèque de propagation de la FCO dans la faune sauvage. Une analyse des facteurs de risque conduite chez le Cerf à l'échelle individuelle confirme le lien avec l'incidence des foyers domestiques. Nous confirmons aussi l'influence attendue de facteurs environnementaux comme l'altitude et la lisière forêt/pâture, qui conditionnent l'abondance et la nature des vecteurs. Nous discutons l'intérêt de prolonger la surveillance du cerf pour étudier la persistance de la FCO dans cette espèce.

Mots clés

fièvre catarrhale ovine, arbovirose, cerf élaphe, facteurs de risque, surveillance active

Abstract

Bluetongue in wild ungulates in France: Results of the 2008-2010 survey

Bluetongue (BT) has been monitored in French wildlife during two consecutive years having showed contrasting incidence among the domestic flocks: high incidence in 2008 and low incidence in 2009. During this two-year study, 2,798 animals were sampled among which 837 red deer (Cervus elaphus). Elisa and real time RT-PCR were used for performing serological and virological analyses. A large proportion of red deer was found seropositive both in 2008 (47.1 %) and 2009 (24.3 %). On the contrary, the other species exhibited a much lower seroprevalence (3%). RT-PCR positive red deer were still observed in 2009, suggesting that BT was still circulating in this species, during a period of low incidence in the domestic livestock. BTV-1 or BTV-8 strains were identified in RT-PCR positive animals in areas where each strain has also been observed in domestic flocks. These results suggest a low capacity of BT spread among wild animals only. A risk factor analysis performed in red deer confirms the correlation between BT incidence in red deer and domestic livestock. We also evidenced the effect of environmental factors, potentially influencing vectors' abundance, such as elevation and edge density between forest and pasture. We finally discuss the perspectives of BT monitoring in wildlife focusing our attention on red deer.

Keywords

Bluetongue, arbovirus, red deer, risk factor, active monitoring

Introduction

La France a été particulièrement touchée par la fièvre catarrhale bovine (FCO) entre 2006 et 2011. Le pic d'incidence domestique a été enregistré en 2007-2008 pour la souche BTV8 (42 283 foyers) et en 2008 pour la souche BTV1 (4 945 foyers); l'incidence est devenue faible à partir de 2009 (100 foyers), après une circulation virale intense et sans doute aussi en raison d'une stratégie de vaccination obligatoire des bovins et ovins (Languille *et al.*, 2010). Plusieurs travaux menés sur la faune sauvage en Europe ont mis en évidence de fortes prévalences sérologiques dans les populations naturelles de cerfs élaphe (*Cervus elaphus*), de mouflons (*Ovis gmelini musimon x Ovis sp.*) et de daims (*Dama dama*) (Ruiz-Fons *et al.*, 2008, Linden *et al.*, 2010, Garcia-Bocanegra *et al.*, 2011). Des travaux expérimentaux menés chez le Cerf ont montré la persistance de résultats PCR positifs deux mois après infection et l'absence d'expression clinique⁽¹⁾ dans cette espèce. Plusieurs auteurs ayant observé dans le sud de l'Espagne des résultats positifs en sérologie et PCR dans des communes sans cas domestiques ont défendu l'hypothèse que la FCO aurait pu se

propager et persister chez le Cerf élaphe indépendamment de la faune domestique et pourrait constituer un réservoir sauvage (Falconi *et al.*, 2011). En France, parallèlement au dispositif de surveillance des troupeaux domestiques mis en œuvre par la DGAL, une enquête a été menée par l'ONCFS⁽²⁾ pour décrire et étudier les facteurs de risque de la circulation de la FCO chez les ongulés sauvages (Rossi *et al.*, 2010, Rossi *et al.*, 2011). Nous en décrivons ici les principaux résultats et discutons les facteurs ayant eu le plus d'effet sur la diffusion, l'incidence et la persistance locale de la FCO en milieu sauvage.

Matériels et méthodes

Dispositif de surveillance

Un dispositif de surveillance active a été mis en place au sein de plusieurs populations sauvages de cerfs, mouflons, chevreuils (*Capreolus capreolus*), chamois (*Rupicapra rupicapra*), isards (*Rupicapra pyreneica*) et bouquetins (*Capra ibex*) (Rossi *et al.*, 2010) (Figure 1). Les limites géographiques de

(1) L'expression clinique chez le mouflon et le bouquetin ibérique a également été décrite et est assez semblable aux ovins et caprins domestiques respectivement. Aucune donnée expérimentale n'a été rapportée chez le chamois ou le chevreuil mais l'ensemble des études menées en Europe suggère un faible impact clinique également dans ces espèces en milieu sauvage.

(2) Programme de recherche co-financé par Merial, Anses, Cirad, l'ONCFS, l'EID et l'IPPTS.

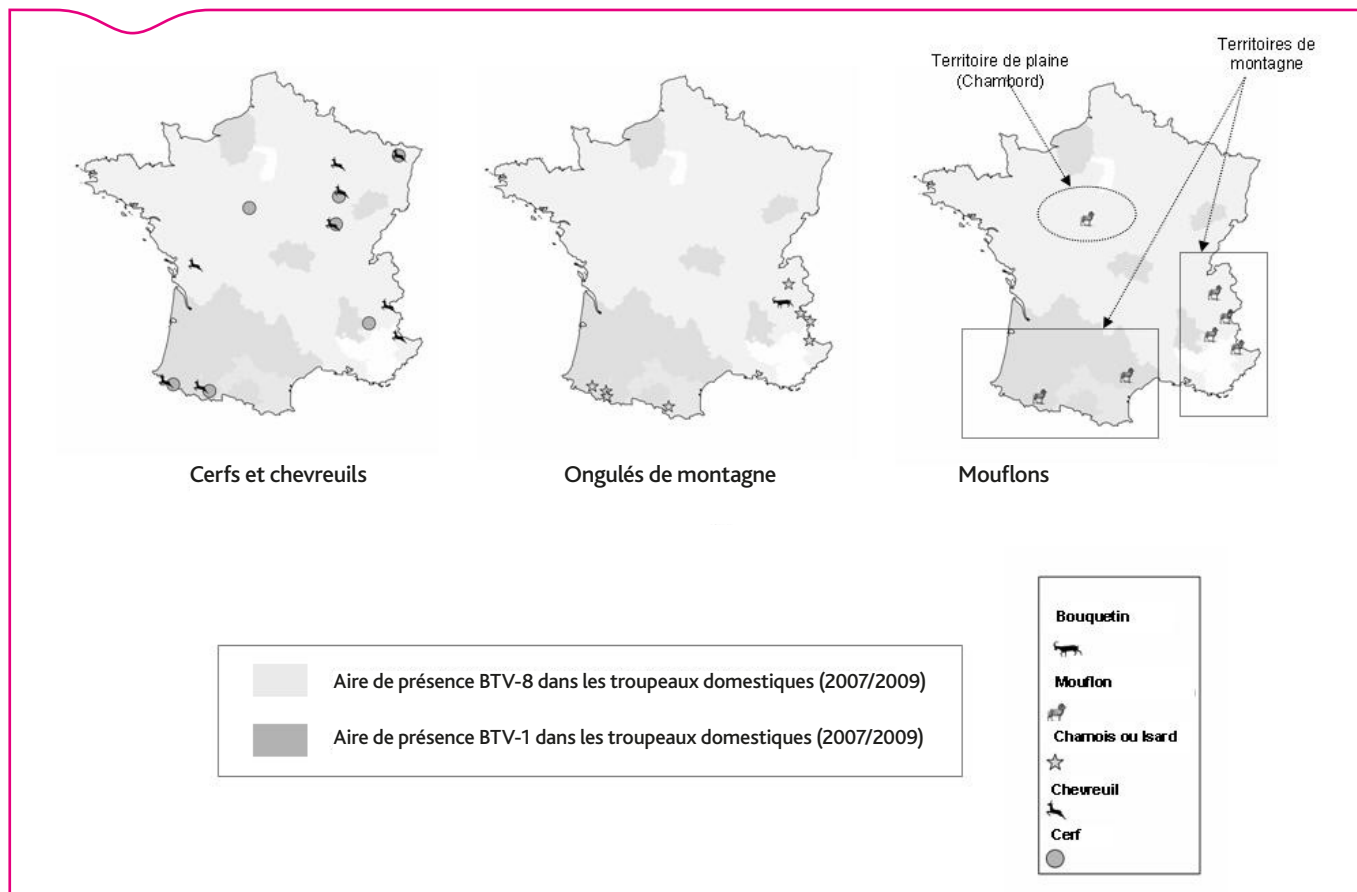


Figure 1. Populations de ruminants sauvages échantillonnées en 2008 et 2009

ces populations ont été définies à partir des données d'une enquête (2005) du « réseau ongulés sauvages », réalisée conjointement par l'ONCFS et les Fédérations départementales et nationale de chasseurs. Cette stratégie d'échantillonnage avait pour but de détecter une seroprévalence d'au moins 10 % au sein de chaque population sauvage en ciblant des populations sauvages (toutes espèces) réparties sur l'ensemble du territoire national.

À l'occasion d'actions de chasse ou de captures, des prélèvements de sang et/ou de rate ont été effectués pour la réalisation d'examen sérologiques et virologiques. Chaque individu a été testé sérologiquement à l'aide d'un test ELISAc (kits LSI® ou Id-Vet®) pour la recherche d'anticorps. Les animaux positifs ou douteux en sérologie ont ensuite fait l'objet d'un test RT-PCR⁽³⁾ sur rate ou sang total (kit LSI® ou Adiagene®) pour la recherche et le typage de génome viral (Toussain *et al.*, 2007). Les tests sérologiques et PCR ont été réalisés par des laboratoires départementaux agréés. Une pré-enquête non détaillée ici a permis de montrer la répétabilité des résultats ELISA et RT-PCR obtenus sur organes avant et après congélation de 6 à 18 semaines à -20 °C (Novella et Gueneau, com. personnelle). Lorsque les résultats RT-PCR étaient fortement positifs (CT < 32) une recherche en isolement viral a été réalisée par le laboratoire de référence de l'ANSES (Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort).

Indicateurs de FCO

Pour ces deux années d'étude, les proportions de séropositifs et de RT-PCR positifs ont été estimées pour chaque unité de population. Une étude a ensuite été plus particulièrement menée chez le Cerf à l'échelle individuelle, cette espèce ayant montré un important niveau de séroconversion en 2008 et 2009 (Rossi *et al.*, 2010). Dans cette espèce, la proportion de séropositifs en 2008 a été considérée comme un indicateur

de prévalence au pic d'incidence domestique, tandis que la proportion de résultats RT-PCR en 2009 (chez les animaux positifs ou douteux en sérologie) a été considérée comme un indicateur de circulation virale dans une période de très faible incidence domestique. Néanmoins, la proportion de RT-PCR positifs ayant été estimée sur les seuls animaux séropositifs, il convient de la différencier d'une classique estimation d'incidence.

Analyse des facteurs de risque chez le Cerf

Nous avons considéré que les différences de prévalence sérologique pouvaient être liées, à l'échelle individuelle, à la classe d'âge et au sexe des cerfs qui déterminent la durée d'exposition des animaux et des différences d'utilisation de l'espace entre groupes matriarcaux et mâles adultes. Quatre classes ont ainsi été considérées: faon (1 an), yearling (mâle ou femelle de 1 à 2 ans), biche (femelle 2 ans) et cerf mâle (mâle > 2ans). La période d'activité vectorielle⁽⁴⁾ a été définie pour chaque unité de population à partir des données de la surveillance entomologique mise en œuvre par le Cirad et la DGAL à l'échelle nationale (Balenghien *et al.*, 2010). Ainsi, chaque prélèvement a pu être classé en période d'activité ou d'inactivité vectorielle. De façon logique, nous attendions que le risque de positivité à la RT-PCR baisse en période d'inactivité vectorielle.

À l'échelle des populations de cerfs échantillonnées nous avons pris en compte l'effet de l'altitude et de la densité de lisière entre différents milieux: forêt/pâturage et forêt/terre arable. Ces facteurs environnementaux ont été inclus dans l'analyse car ils influencent l'abondance de *C. obsoletus/scotticus*, espèces considérées comme les principaux vecteurs de la FCO chez les animaux domestiques (Conte *et al.*, 2007), et la prévalence de la FCO dans les troupeaux domestiques (Durand *et al.*, 2010). Nous avons également estimé la densité de bovins (conformément aux travaux de

(3) Les animaux séronégatifs n'ont pas été analysés pour des raisons budgétaires. Dans la mesure où la plupart des prélèvements ont été effectués en période d'inactivité vectorielle (période de chasse), nous avons supposé que peu d'animaux étaient positifs en RT-PCR et encore négatifs en sérologie (1res semaines après infection). Néanmoins on ne peut exclure la présence d'animaux séronégatifs et positifs en PCR dans notre échantillon. Les contraintes d'interprétation de la proportion d'animaux PCR positifs chez les seuls animaux séropositifs ont donc été prises en compte dans l'analyse de données.

(4) Une enquête entomologique a également été menée en milieu naturel dont les résultats sont détaillés dans le rapport du programme (Rossi *et al.*, 2011).

Durand *et al.*, 2010) et l'incidence de cas cliniques domestiques dans les communes incluses dans le périmètre de chaque unité de population de cerfs. Ces facteurs « domestiques » étaient attendus comme des facteurs pouvant augmenter la prévalence dans la faune sauvage. L'ensemble de ces facteurs ont été testés à l'aide d'une démarche statistique multivariée prenant en compte la ressemblance des cerfs au sein d'une même population (modèles linéaires généralisés mixtes).

Résultats

Prévalences observées dans les différentes espèces

Au cours des deux années d'étude, 2 798 ruminants sauvages ont été échantillonnés incluant 837 cerfs. Un total de 283 individus a pu être testé en RT-PCR dont 183 étaient positifs. Pour autant aucun isolement viral n'a été concluant. Les unités de population présentant des séropositifs sont indiquées dans la **Figure 2** et les proportions observées de positifs en sérologie et RT-PCR sont détaillées dans le **Tableau 1**.

Les cerfs présentaient une forte séroprévalence en 2008 (47,1 %; intervalle de confiance à 95 % [41,9 %; 52,3 %]) et en 2009 (24,3 %; intervalle de confiance à 95 % [20,5 %; 28,1 %]). La séroprévalence moyenne était significativement différente entre les populations de cerfs (Chi^2 , $p < 0.001$), de 8 % à 68 %, voir analyse détaillée chez le cerf ci-après. Des animaux positifs en RT-PCR ont été observés durant les deux années dans cette espèce. Au cours des deux années d'étude, le sérotype 1 n'a été identifié chez le Cerf que dans le Sud-Ouest de la France tandis que le sérotype 8 a été mis en évidence dans les autres territoires (**Figure 2**).

Dans les autres espèces, nous n'avons observé que de très faibles niveaux de séroporévalence en 2008 (3 %) et 2009 (1 %), et la séroporévalence n'était pas significativement différente entre les populations (Chi^2 , $p > 0.1$). Chez le Chevreuil quelques rares séropositifs ont été observés dans des forêts où ni le Cerf ni le Mouflon n'étaient présents. Chez le Mouflon, supposé aussi sensible que les moutons domestiques, des individus échantillonnés dans la population de Chambord ont séroconverti mais les populations d'altitude n'ont pas montré de conversion sérologique (**Figure 2**). Il est intéressant de préciser que les mouflons et cerfs de Chambord étaient contenus par un mur d'enceinte et n'avaient donc aucun contact avec les troupeaux domestiques. Les quelques PCR positives observées chez le Chevreuil (BTV1 en 2008) et chez le Mouflon (BTV8 en 2008 et 2009) étaient circonscrites respectivement au Sud-Ouest et au centre de la France (**Figure 2**).

Analyse des facteurs de risque chez le Cerf

Prévalence en 2008

L'analyse a été conduite sur 287 cerfs échantillonnés à la chasse entre octobre 2008 et février 2009, et ayant eu un résultat interprétable en sérologie. Nous avons mis en évidence une plus forte proportion de séropositifs chez les cerfs âgés (yearlings ou adultes) par rapport aux faons ($\text{OR}_{\text{faon/biche}} = 0,22$; IC à 95 % [0,15; 0,33]) et chez les mâles adultes par rapport aux biches ($\text{OR}_{\text{cerf/biche}} = 4,33$; IC à 95 % [2,50; 7,52]). La probabilité de séroconversion était également négativement influencée par l'altitude ($\text{OR}_{100\text{mètre}} = 0,89$; IC à 95 % [0,76; 0,88]) et positivement par la densité de lisière entre forêt et pâture ($\text{OR}_{\text{pourcent-de-lisière}} = 4,86$; IC à 95 % [2,98; 7,93]). La probabilité de séroconversion était positivement corrélée à la densité de cas cliniques domestiques ($\text{OR}_{\text{pour-100-foyers}} = 1,49$; IC à 95 % [1,27; 1,75]), mais était négativement corrélée à la densité des bovins ($\text{OR}_{\text{pour-10-bovins}} = 0,21$; IC à 95 % [0,12; 0,38]).

Incidence en 2009

L'analyse a été conduite sur 118 cerfs échantillonnés à la chasse entre octobre 2009 et février 2010, et ayant eu un résultat interprétable en RT-PCR chez des animaux par ailleurs positifs ou douteux en sérologie. Comme attendu, nous avons observé une plus forte proportion de résultats RT-PCR-positifs en période d'activité vectorielle par comparaison à la période d'inactivité vectorielle ($\text{OR}_{\text{inactivité/activité}} = 0,28$; IC à 95 % [0,16; 0,49]). La probabilité d'observer un résultat RT-PCR-positifs parmi les séropositifs était positivement corrélée à la densité de lisière forêt/pâture ($\text{OR}_{\text{pourcent-de-lisière}} = 22,29$; IC à 95 % [8,80; 56,43]) et négativement à l'altitude ($\text{OR}_{100\text{mètre}} = 0,50$; IC à 95 % [0,42; 0,59]) et à la densité de lisière forêt/terre arable ($\text{OR}_{\text{pourcent-de-lisière}} = 0,23$; IC à 95 % [0,16; 0,49]). La densité de cas cliniques domestiques n'avait pas d'effet mais la densité des bovins avait un effet négatif ($\text{OR}_{\text{pour-10-bovins}} = 0,21$; IC à 95 % [0,13; 0,33]).

Tableau 1. Proportions de positifs observées en sérologie ou RT-PCR (chez positifs ou douteux en sérologie) par espèce.

Espèce	Année	Echantillon	Populations	Proportion de séropositifs en %	Proportion de positifs en RT-PCR	Souches (RT - PCR)
Cerf	2008	352	7	47,1	77,8 %	BTV-1, BTV-8
	2009	485	7	24,3	37,8 %	BTV-1, BTV-8
Chevreuil	2008	431	9	1,1	1/3	BTV-1
	2009	206	9	0,0		
Mouflon	2008	173	6	2,1	3/3	BTV-8
	2009	133	6	0,8	1/1	BTV-8
Chamois	2008	299	4	0,0		
	2009	298	4	0,4	0/1	
Isard	2008	108	4	0,9	0/1	
	2009	117	4	0,0		
Bouquetin	2008	83	1	0,0		
	2009	45	1	0,0		

Discussion

Nos résultats révèlent une forte prévalence de la FCO chez le Cerf par opposition aux autres espèces de ruminants sauvages. La faible séroconversion du chevreuil n'est pas surprenante au vu des études menées en Europe qui montrent également une faible séroprévalence dans cette espèce (Linden *et al.*, 2010, Falconi *et al.*, 2011). La faible séroconversion des mouflons en zone de montagne suggère un effet protecteur de l'altitude sur la faune de montagne, que confirme aussi l'analyse de risque chez le cerf. La baisse de séroprévalence entre 2008 et 2009 n'est pas liée à un biais d'échantillonnage, elle s'explique en partie par le renouvellement de la population, mais aussi et surtout par la disparition des anticorps (observé chez quelques animaux recapturés en 2009-2010). Les résultats obtenus chez le Cerf suggèrent une importante diffusion de la maladie en milieu forestier, favorisée par la densité de lisière entre forêt et pâture. Il n'est cependant pas possible de déterminer si le risque d'être infecté et la compétence vectorielle ont été strictement circonscrits en lisière de forêt, compte tenu du fait que les cerfs ont un grand domaine vital qui s'étend à la fois en lisière et en cœur de forêt⁽⁵⁾. La prévalence de la FCO et l'incidence des cas domestiques étaient corrélées, suggérant la possibilité d'inter-transmissions entre les populations domestiques et sauvages. Nous n'avons pas observé de progression géographique de la souche BTV1 en 2009, ni de présence de la souche BTV8 dans le Sud-Ouest de la France en 2008 ou 2009. En l'absence de mesures prophylactiques

dans la faune sauvage, et compte tenu de la distribution continue des populations de cerfs en France, ces résultats suggèrent une capacité limitée de propagation de ces deux souches de FCO au sein des seules populations de cerfs. À l'échelle individuelle nous notons une plus forte probabilité de séroconversion chez les cerfs âgés (yearlings ou adultes) par rapport aux faons et des mâles par rapport aux biches. Ces résultats pourraient être liés à une différence de durée d'exposition entre les classes d'âge, une utilisation de l'espace différente entre les cerfs mâles (moins « forestiers » en été) et les groupes matriarcaux (Klein *et al.* 1999, Godvik *et al.*, 2009) mais aussi à une préférence vectorielle pour les hôtes de plus forte masse corporelle (Viennet 2011). L'effet négatif (non attendu) de la densité bovine que nous observons ici sur les indicateurs de la FCO chez le cerf, également rapporté par Durand *et al.*, (2010) pour les ruminants domestiques, est difficile à interpréter. Durand *et al.*, (2010) ont proposé un effet de dilution du risque chez les bovins. Chez le Cerf, on peut supposer à la fois une préférence des vecteurs pour les bovins (effet protecteur), mais aussi un effet plus complexe de la composition du paysage (indirectement corrélé à la densité des bovins).

Dans l'ensemble, ces résultats confirment nos hypothèses de départ, mais une étude basée sur un plus grand nombre de populations est requise pour confirmer ces résultats et explorer les mécanismes d'interface entre les vecteurs et leurs hôtes sauvages ou domestiques.

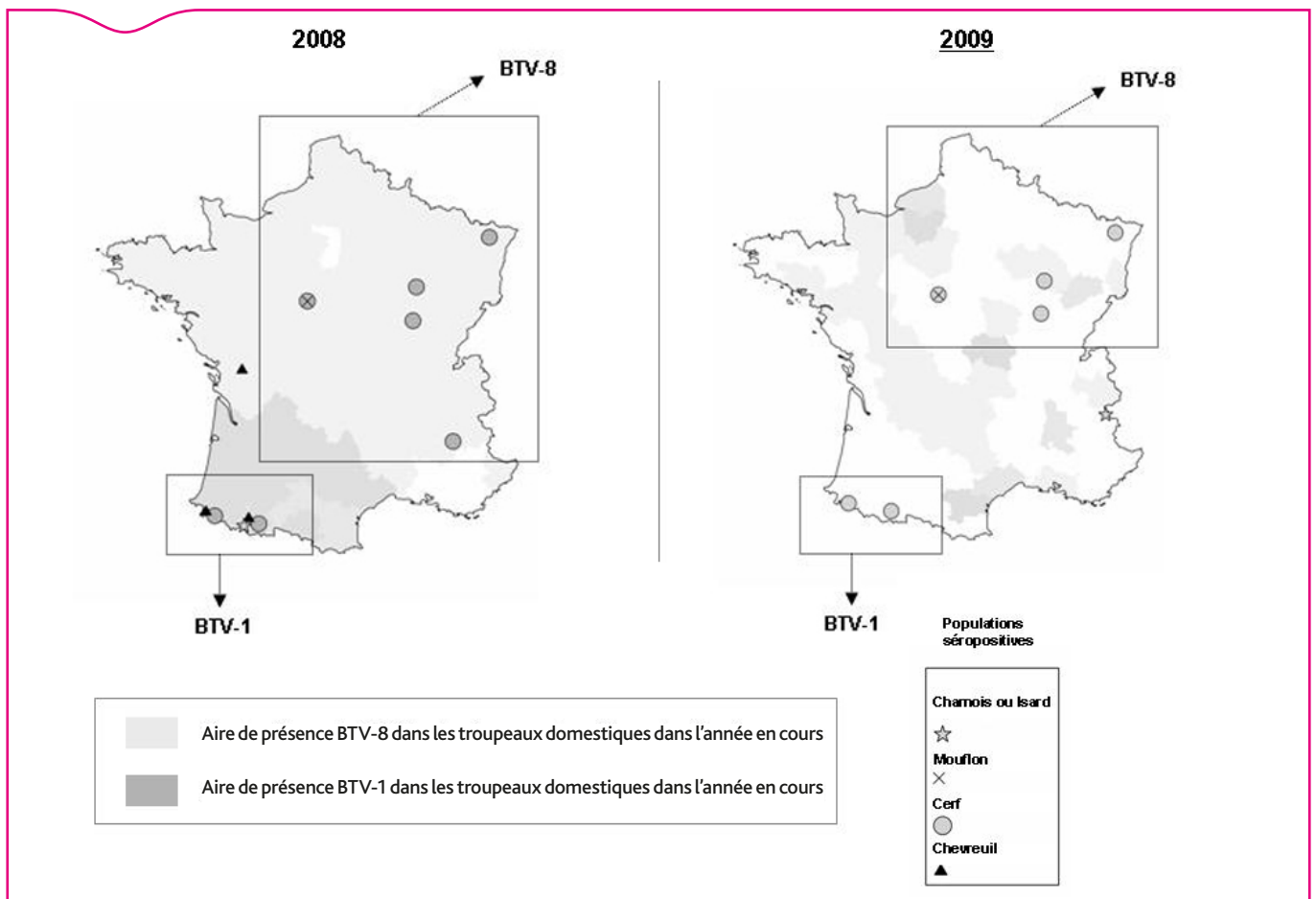


Figure 2. Localisation des populations de ruminants sauvages présentant des résultats séropositifs en 2008 et 2009 et zones de typage des souches chez le Cerf

(5) Des travaux menés sur l'entomofaune sylvestre en collaboration avec le Cirad, l'ITPS et l'EID-Méditerranées permettront de pousser plus avant ce pan de la discussion.

Conclusion

Notre enquête montre, comme observé dans les autres pays européens, une forte prévalence de la FCO chez le Cerf. Par opposition, les autres espèces de ruminants sauvages n'ont été que marginalement infectées. Les facteurs environnementaux connus pour influencer l'abondance des vecteurs *C. obsoletus/scotticus* comme l'attitude et la densité de lisière entre forêt et pâture ont joué sur la dynamique locale de l'infection chez le Cerf. L'incidence domestique locale pourrait avoir influencé la propagation initiale de la FCO chez le Cerf dans la mesure où les prévalences domestiques et sauvages sont corrélées et où la diffusion intrinsèque de la FCO semble avoir été limitée au sein des seules populations sauvages. La présence de résultats PCR positifs en 2009 suggère la possibilité de persistance locale de l'infection en milieu sauvage alors que l'incidence domestique était faible à nulle. Un suivi sur le plus long terme serait nécessaire pour confirmer la capacité de persistance de la FCO chez le Cerf sur le long terme et son éventuel rôle de réservoir sauvage en France. Une étude financée par le Réseau français de santé animale (RFSA) est actuellement conduite dans ce but (2011-2013) ainsi que pour surveiller la potentielle émergence d'autres arboviroses dans la faune sauvage (virus de Schmallenberg et EHDV).

Remerciements

Les auteurs veulent remercier Merial, le Conseil général de Côte d'Or, la Fédération des chasseurs des Hautes Alpes, la Direction départementale de l'Office national des forêts des Hautes-Alpes et les directions scientifiques de l'ONCFS et de l'Anses qui ont financé ce projet. Nous remercions plus particulièrement les chasseurs et fédérations de chasse des Pyrénées-Atlantiques, des Hautes-Pyrénées, des Hautes-Alpes, de Côte d'Or, et les responsables des territoires de Chambord, du camp militaire de Bitche et du GIEC du Caroux Espinouse. Nous remercions les agents de l'ONCFS et de l'ONF qui ont activement participé à la récolte des prélèvements sur animaux capturés et chassés. Nous remercions également les laboratoires départementaux qui ont participé à ces travaux et en particulier Corinne Novella et Eric Guéneau pour leur expertise diagnostique.

Références

Balenghien, T., Delécolle, J.-C., Setier-Rio, M.L., Rakotoarivony, I., Allène, X., Venail, R., Delécolle, D., Lhoir, J., Gardès, L., Chavernac, D., Mathieu, B., Languille, J., Baldet, T., Garros, C., 2010. Fièvre catarrhale ovine: bilan de la surveillance entomologique en 2010 en France. Bulletin Epidémiol. Santé Anim. Alim. Anses-DGAL, 46, 26-31.

Conte, A., Goffredo, M., Ippoliti, C., Meiswinkel, R., 2007. Influence of biotic and abiotic factors on the distribution and abundance of *Culicoides imicola* and the *Obsoletus* Complex in Italy. Vet. Parasitol. 150, 333-344.

Durand, B., Zanella, G., Biteau-Coroller, F., Locatelli, C., Baurier, F., Simon, C., Le Dréan, E., Delaval, J., Prengère, E., Beauté, V., Hélène, G., 2010. Anatomy of Bluetongue Virus Serotype 8 Epizootic Wave, France, 2007 – 2008. Emerg. Infectious Dis. 16, 1861-1868.

Falconi, C., Lopez-olvera, J., Gortazar, C., 2011. BTV infection in wild ruminants, with emphasis on red deer: a review. Vet. Microbiol. 151, 209-219.

García-Bocanegra, I., Arenas-Montes, A., Lorca-Oró C., Pujols, J., González, M.A., Napp, S., Gómez-Guillamón, F., Zorrilla, I., San Miguel, E., Arenas, A., 2011. Role of wild ruminants in the epidemiology of bluetongue virus serotypes 1, 4 and 8 in Spain. Vet. Research 42, 88.

Godvik, I.M.R., Loe, L.E., Vik, J.O., Veiberg, V., Langvatn R., Myrsetrud A., 2009. Temporal scales, trade-offs, and functional responses in red deer habitat selection. Ecology 90, 699-710.

Klein, F., Hamann, J.-L., 1999. Diurnal home ranges and movements of red deer (*Cervus elaphus*) stags in the area of 'La Petite Pierre' (Bas Rhin). Gibier Faune Sauvage Game Wildl., 16, 251-271.

Languille, J., Sailleau, C., Bréard, E., Zientara, S., 2010. Bilan de la surveillance de la fièvre catarrhale ovine en France continentale en 2010: vers une maîtrise clinique de la maladie. Bulletin Epidémiol. Santé Anim. Anses-DGAL, 46, 24-25.

Linden, A., Grégoire, F., Nahayo, A., Hanrez, D., Mousset, B., Massart, L., De Leeuw, I., Vandemeulebroucke, E., Vandenbussche, F., De Clerc, K., 2010.

Bluetongue Virus in Wild Deer, Belgium, 2005 –2008. Emerg. Infectious Dis. 16, 833-836.

Pioz, M., Guis, H., Calavas, D., Durand, B., Abrial, D., Ducrot, C., 2011. Estimating front-wave velocity of infectious diseases: a simple, efficient method applied to bluetongue. Vet. Research 42, 60-73.

Rossi, S., Gibert, P., Bréard, E., Moinet, M., Hars, J., Maillard, D., 2010. Circulation et impact des virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) chez les ruminants sauvages en France. Bulletin Epidémiol. Afssa-DGAL 35, 28-32.

Rossi, S., Gibert, P., Hars, J., Maillard, D., Wanner, M., Klein, F., Bréard, E., Novella, C., Guéneau, E., Gauthier, D., Chenoufi, N., Game, Y., Keck, N., Moinet, M., Thion, N., Beitia, R., Delafosse, R., Jean N., Bruneteau, G., Balenghien, T., Delécolle, J.-C., Mathevet, P., Bost, F., Mastain, O. Circulation et impact de la fièvre catarrhale ovine (FCO) chez les ruminants sauvages en France. Rapport, ONCFS, St Benoist, 34pp.

Ruiz-Fons, F., Reyes-García, A.R., Alcaide, V., Gortázar C., 2008. Spatial and Temporal Evolution of Bluetongue Virus in Wild Ruminants, Spain. Emerg. Infectious Dis. 14, 951-953.

Toussaint, J.-F., Sailleau, C., Breard, E., Zientara, S., De Clerc, K., 2007. Bluetongue virus detection by two real-time RT-qPCRs targeting two different genomic segments. J. Virol. Methods 140, 115-123.

15. Viennet E., 2011. Insectes et maladies émergentes: Contacts hôte/Culicoides en région paléarctique et leurs implications dans la transmission de la fièvre catarrhale ovine. PHD, Montpellier, 184pp.