

EPIDEMIOLOGIE DE LA FIEVRE CATARRHALE OVINE EN EUROPE : SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES *

**Claude Saegerman¹, Dirk Berkvens², Mellor Philip³, Fabiana Dal Pozzo¹,
Sarah Porter¹, Ludovic Martinelle¹ et Stéphan Zientara⁴**

RESUME

En raison de son fort impact socio-économique et de son importance majeure pour le commerce international d'animaux et de produits animaux, la fièvre catarrhale ovine (FCO) est une maladie notifiable à l'Organisation mondiale de la Santé animale (OIE). Avant 1998, la FCO était considérée comme une maladie exotique en Europe. Entre 1998 et 2005, au moins 6 souches virales (*bluetongue Virus*, BTV) appartenant à cinq sérotypes (BTV 1, 2, 4, 9 et 16) ont été continuellement présentes dans le bassin méditerranéen. Depuis le mois d'août 2006, l'émergence inattendue du sérotipe 8 (BTV-8) en Europe du Nord a été la cause d'une épizootie de FCO sans précédent, qui a affecté davantage les bovins qu'auparavant (virulence exacerbée s'exprimant par l'apparition de signes cliniques sévères et de troubles reproducteurs) et a fait intervenir des vecteurs très inféodés à nos régions (notamment le complexe *Culicoides obsoletus*, *Culicoides dewulfi* et *Culicoides chiopterus*). La recrudescence et l'extension de l'infection à BTV-8 en Europe durant l'année 2007 et l'année 2008 suggèrent que les critères pour l'établissement à l'état enzootique de la FCO semblent maintenant rencontrés dans cette région. En outre, l'extension radiale inexorable du BTV-8 à travers l'Europe, couplée à la récente progression du BTV-1 dans le sud-ouest de la France, augmente le risque de rencontre entre ces deux sérotypes mais également entre ces sérotypes et d'autres, en particulier ceux qui sévissent dans le bassin méditerranéen. Cette progression augmente aussi le risque que le BTV arrive dans une zone géographique où le vecteur *Culicoides imicola* est présent et actif plus longtemps dans l'année. Ces conditions augmentent le risque de réassortiment de différents segments génomiques individuels. Une possible émergence d'un réassortant pourrait s'accompagner d'une modification de la virulence de la souche virale incriminée. Face à une situation où la FCO devient enzootique, deux mesures sont à privilégier : la vaccination stratégique (basée sur les acquis scientifiques) à l'aide d'un vaccin à virus inactivé et la réduction du nombre de contacts entre les vecteurs et les animaux sensibles et/ou réceptifs. L'épidémiologie de la FCO est intimement liée à la compréhension détaillée de la virologie, de la pathogénie et de l'immunologie.

.../..

* Texte de la communication affichée présentée au cours des journées scientifiques de l'AEEMA, les 22 et 23 mai 2008

¹ Département des maladies infectieuses et parasitaires, Epidémiologie et analyse de risques appliquées aux sciences vétérinaires, Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Liège (ULg), Boulevard de Colonster 20, B42, B-4000 Liège, Belgique

² Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine, Nationalestraat 155, B-2000, Antwerp, Belgium

³ Department of Arbovirology, Institute for Animal Health, Ash Road, Pirbright, Woking, Surrey, GU24 0NF, UK

⁴ UMR 1161 Afssa/INRA/ENVA, 23 Avenue du Général de Gaulle, 94703 Maisons-Alfort, France

Adresse de correspondance : C. Saegerman, Département des maladies infectieuses et parasitaires, Epidémiologie et analyse de risques appliquées aux sciences vétérinaires, Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Liège (ULg), Boulevard de Colonster 20, B42, B-4000 Liège, Belgique ; tél. : 32 4 366 45 79 ; fax : 32 4 366 42 61 ; e-mail : claude.saegerman@ulg.ac.be

.../..

Une veille scientifique est indispensable. En plus de la transmission vectorielle prédominante, des modes de transmission additionnels ont été récemment documentés chez les bovins pour le sérotype 8 tels qu'une transmission transplacentaire en l'absence d'activité vectorielle et, avec une moindre importance, une transmission horizontale (orale). Ces modes sont aussi à prendre en compte dans la stratégie de lutte à plus long terme, car ils favorisent l'endémicité de la maladie en Europe.

Mots-clés : Fièvre catarrhale ovine, virus de la fièvre catarrhale ovine, infection naturelle, bovins, ovins, Europe du Nord.

SUMMARY

Bluetongue epidemiology in the European Union: current status and perspectives Bluetongue (BT) is a World Organization for Animal Health notifiable disease and is of considerable socioeconomic concern and of major importance for the international trade of animals and their products. Before 1998, BT was considered an exotic disease in Europe. Between 1998 and 2005, at least 6 viral strains of bluetongue virus (BTV) belonging to 5 distinct serotypes (1, 2, 4, 9 and 16) have been constantly present in the Mediterranean Basin. Since August 2006, BTV serotype 8 emerged and caused a severe epizootic in northern Europe. BTV-8 showed a higher tropism for bovines and an increased virulence characterized by the development of severe clinical signs and reproductive disorders. Endogenous vectors have been involved and in particular the *Culicoides obsoletus*, *C. dewulfi* and *C. chiopterus* complexes. During 2007 the re-emergence and the recrudescence of BTV-8 created the conditions for the establishment of an endemic infection in this region. Furthermore, the radial extension of BTV-8 throughout Europe and the progression of BTV-1 to the South-West of France, increases the risk of an encounter between these serotypes and others, particularly those occurring in the Mediterranean Basin. During its southern progression, BTV might encounter *C. imicola*, a vector with a longer activity throughout the year. These conditions increase the risks of reassortment events between the genome segments of the different BTV serotypes. A new reassortant virus may be characterized by differences in the virulence compared to its parental viruses. Two prophylactic measures can be applied to face an endemic situation: vaccination with inactivated vaccines and use of insecticides to reduce the contacts between vectors and susceptible animals. Understanding the BT epidemiology depends in the first place on a full understanding of the virology, pathogenesis and immunology involved. This necessitates continued scientific research and vigilance. In addition to the preponderant vector transmission, other transmission routes have been observed and documented in cattle with serotype 8, such as transplacental infection during vector-free period and of lesser importance horizontal (oral) transmission. These aspects promote the maintenance of the disease in Europe and need to be also considered in the development of control strategies.

Keywords : Bluetongue, Bluetongue virus, Natural infection, Cattle, Sheep, Northern Europe.



I - INTRODUCTION

La fièvre catarrhale ovine (FCO) est une maladie qui affecte les ruminants domestiques et sauvages. L'agent causal est un ribovirus segmenté du genre *Orbivirus* appartenant à la famille des *Reoviridae*. Il existe dans le monde

24 sérotypes connus de ce virus. La FCO est une maladie à déclaration obligatoire. Elle figure sur la liste des 93 maladies notifiables à l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) car elle induit de lourdes pertes socio-

économiques et perturbe considérablement le commerce international d'animaux et de produits d'origine animale. En plus du sang, d'autres matériaux biologiques, tels que la semence et les embryons peuvent être considérés à risque en ce qui concerne la dispersion du virus de la FCO. Cependant, lorsque les embryons sont manipulés correctement entre la collecte et la transplantation comme indiqué dans le Manuel de la Société Internationale de Transfert d'Embryons (IETS; <http://www.iets.org/>), ce risque de transmission est négligeable.

En outre, un animal infecté peut excréter le virus de la FCO dans son sperme, mais uniquement durant la période de virémie [Osburn, 1994]. Lors d'importation de semence ou d'embryons/ovules de ruminants provenant de régions suspectes d'être infectées, les donneurs/donneuses doivent, soit être mis en quarantaine et protégés des vecteurs potentiels pendant une période d'au moins 60

jours avant la collecte, soit être testés selon le protocole spécifié dans le *Code zoosanitaire des animaux terrestres de l'OIE*.

L'objectif de cette synthèse est de donner un bilan de la situation épidémiologique de la FCO dans l'Union européenne depuis son introduction en 1998 jusqu'à ce jour et d'en dégager quelques perspectives. Pour atteindre cet objectif, une courte description de la situation en Europe sera suivie par une description des espèces sensibles, une discussion concernant la compétence et la capacité vectorielles et concernant les modes d'introduction du virus dans une région ainsi que des mécanismes d'amplification virale [Saegerman *et al.*, 2008].

L'étude de l'épidémiologie de la FCO est intimement liée à la compréhension de la virologie, de la pathogénie et de l'immunologie du BTV [Schartz-Cornil *et al.*, 2008].

II - BILAN DE LA SITUATION EN EUROPE

1. LE VIRUS DE LA FIEVRE CATARRHALE OVINE DANS L'UNION EUROPEENNE AVANT 1998

Avant 1998, la FCO était considérée comme une maladie exotique en Europe puisque seules des incursions sporadiques y étaient décrites (par exemple, l'incursion en Espagne et au Portugal de 1956 à 1960) [e.g. Silva, 1956].

2. LE VIRUS DE LA FIEVRE CATARRHALE OVINE DANS L'UNION EUROPEENNE DURANT LA PERIODE 1998-2005

Entre 1998 et 2005, au moins six souches provenant de cinq sérotypes différents du virus de la FCO (*bluetongue virus*, BTV 1, 2, 4, 9 et 16) étaient présentes en permanence dans différents pays du bassin méditerranéen incluant des Etats membres de l'Union Européenne (tableau 1). Cette émergence de la FCO dans cette partie de l'Europe qui n'avait jamais été affectée au préalable a été attribuée essentiellement au changement climatique et a été liée à la fois à l'expansion mondiale du principal et plus ancien vecteur, *Culicoides imicola* (Kieffer) dont l'origine est Africano-Asiatique [Purse *et al.*, 2005] et à la participation, décrite pour la première fois,

d'espèces de vecteurs indigènes de *Culicoides* appartenant aux complexes *Obsoletus* et *Pulicaris*.

Dans le bassin méditerranéen, deux systèmes épidémiologiques coexistent en fonction essentiellement de la prédominance du ou des types de vecteurs impliqués et de l'origine des souches de BTV. Le premier est localisé dans la partie Est du bassin où les sérotypes 1, 4, 9 et 16 ont été identifiés. Dans ce système, les souches de BTV proviennent du proche, moyen ou extrême orient. Les vecteurs impliqués incluent *C. imicola*, mais également d'autres espèces de *Culicoides*. Ceci a d'abord été déduit parce que la maladie a envahi des zones où *C. imicola* n'était pas présent (les Balkans et au-delà) [Gerbier *et al.*, 2006]. L'apparition de nouveaux vecteurs a été confirmée par la suite, lorsque le virus en cause a été isolé d'un pool de deux espèces, *C. obsoletus* (Meigen) et *C. scoticus* (Downes et Kettle), collectées dans le Centre de l'Italie et également de *C. pulicaris* (Linnaeus) en Sicile [Caracappa *et al.*, 2003 ; Savini *et al.*, 2005]. Le second système épidémiologique concerne la partie Ouest du bassin méditerranéen où les sérotypes 1, 2, 4 et 16 ont été identifiés et où le principal vecteur est *C. imicola* [Mellor, 2004 ; Sailleau *et al.*, 2004 ; Mertens *et al.*, 2008]. Dans ce système, les

souches de BTV proviennent essentiellement d'Afrique. Toutefois, l'apparition du BTV-16 est le résultat d'une extension vers l'Ouest de ce sérotype à travers l'Europe au départ de l'autre système [Mellor, 2004]. Ce sérotype revêt un intérêt particulier du fait d'une possible réversion vers la virulence au départ d'un

vaccin à virus atténué. En effet, en 2004, les souches de BTV-16 isolées du terrain, en Corse et en Sardaigne, étaient identiques à celle du vaccin à virus atténué utilisé dans les mêmes régions [Sailleau *et al.*, 2004 ; Mertens *et al.*, 2008].

Tableau 1

Foyers de FCO en Europe durant la période 1998-2005.

[Purse *et al.*, 2005 ; Mellor, 2004 ; Saegerman *et al.*, 2007a ; Baros *et al.*, 2007 ; Bréard *et al.*, 2007]

Légende : N.D.: non déterminé ; * Il s'agit d'une souche vaccinale insuffisamment atténuée;
Cette souche était indistinguable de la souche vaccinale atténuée BTV-2 de Onderstepoort.

Pays	Première apparition	Sérotypes viraux (BTV)	Principaux vecteurs suspects ou identifiés
Albanie	2002	9	<i>C. obsoletus</i> , <i>C. pulicaris</i>
Ancienne République de Yougoslavie et Macédoine	2001	9	N.D.
Bosnie – Herzégovine	2002	9	N.D.
Bulgarie	1999	9	<i>C. obsoletus</i> , <i>C. pulicaris</i>
Chypre	2003	16	<i>C. imicola</i> , <i>C. obsoletus</i> ,
Croatie	2001	9, 16	<i>C. obsoletus</i> , <i>C. scoticus</i>
Espagne	2000	2	<i>C. imicola</i> , <i>C. obsoletus</i> , <i>C. pulicaris</i>
France (Corse)	2000	2, 4, 16*	<i>C. imicola</i> , <i>C. pulicaris</i> , <i>C. obsoletus</i>
Grèce	1998	1, 4, 9, 16	<i>C. imicola</i> , <i>C. obsoletus</i>
Italie	2000	1, 2, 4, 9, 16	<i>C. imicola</i> , <i>C. obsoletus</i> , <i>C. pulicaris</i>
Kosovo	2001	9	N.D.
Montenegro	2001	9	N.D.
Portugal	2004	2 [#] , 4	<i>C. imicola</i> , <i>C. obsoletus</i> , <i>C. pulicaris</i>
Serbie	2001	9	N.D.
Turquie	1998	4, 9, 16	<i>C. imicola</i> , <i>C. obsoletus</i> , <i>C. pulicaris</i>

3. LA FIEVRE CATARRHALE OVINE AU CENTRE ET AU NORD⁵ DE L'EUROPE APRES LA MI-AOUT 2006

La FCO a été identifiée pour la première fois au Nord de l'Europe en août 2006 après une vague de chaleur et de fortes pluies [Enserink, 2006]. Elle peut être définie comme une maladie émergente dans cette zone. Entre la première déclaration (17 Août 2006) et le 1^{er} février 2007, 2 122 cas de FCO ont été enregistrés dans le système de notification des maladies animales de la Commission européenne (*Animal Disease Notification System, ADNS*). Dans cette zone, en 2006, de nouveaux vecteurs ont été identifiés en l'absence de *C. imicola*. Ainsi, un pool de 50 femelles non gorgées de *C. dewulfi* (Goetghebuer) a été trouvé positif en PCR

détequant l'ARN viral aux Pays-Bas et plusieurs pools du complexe *C. obsoletus* (c'est-à-dire non identifiés quant à l'espèce) ont été trouvés positifs par PCR détequant l'ARN viral en Allemagne. Plus récemment, il a été établi que *C. chiopterus* était également un vecteur compétent [Dijkstra *et al.*, 2008]. Bien que l'isolement du virus n'ait pas été réalisé dans ces études, ce travail concerne toutefois des régions où *C. imicola* n'est pas présent, ce qui confirme les précédentes observations réalisées par Mellor et Pitzolis [1979] qui ont isolé, à Chypre, le virus infectieux de la FCO chez des femelles non gorgées de *C. obsoletus*, montrant ainsi qu'une espèce européenne indigène de *Culicoides* peut être vectrice d'une épizootie de FCO.

⁵ L'Europe du Nord comprend l'ensemble des pays s'ouvrant sur la mer du Nord et la mer Baltique.

Comme les moucheron du complexe *C. obsoletus* et *C. dewulfi* sont présents partout en Europe Centrale et du Nord, c'est maintenant toute cette région qui doit être considérée à risque pour la FCO.

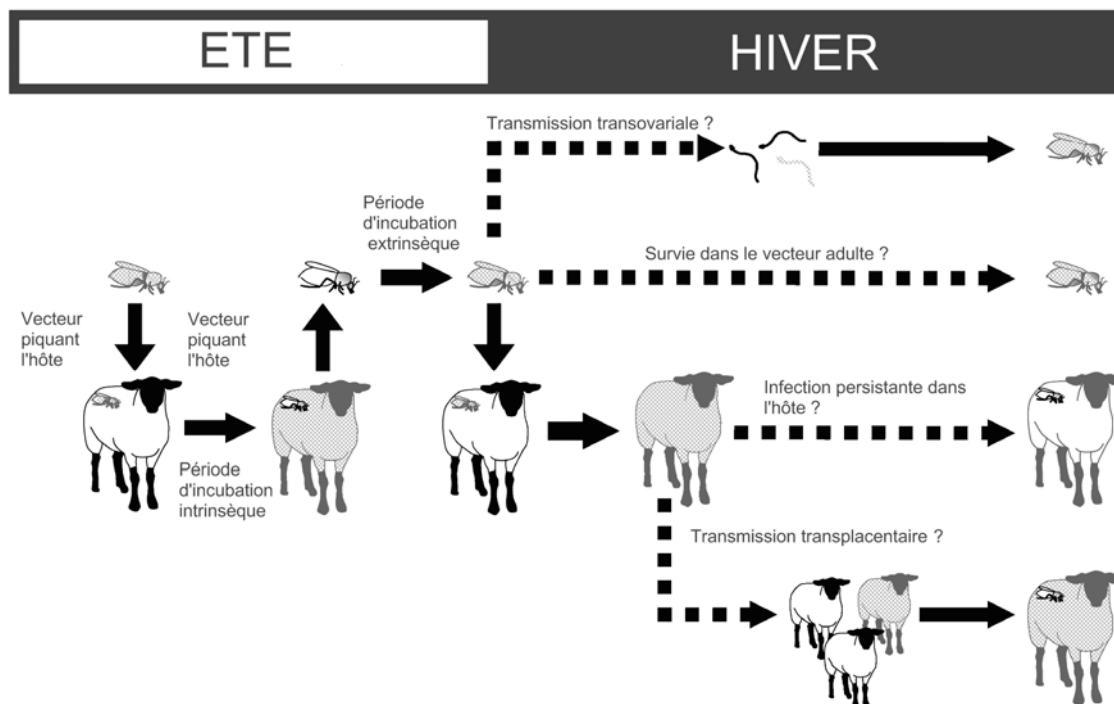
Par ailleurs, les conditions climatiques de ces hivers ont été particulièrement clémentes, laissant présager une recrudescence de la FCO.

L'attention doit être portée à présent sur le fait de savoir si le virus de la FCO est capable de survivre régulièrement entre deux saisons d'activité vectorielle en Europe du Nord et en Europe centrale et ainsi devenir enzootique. La persistance du virus d'une saison d'activité vectorielle à la suivante (durant la période dite

d'inactivité vectorielle) est communément appelée phénomène d'*overwintering*. Plusieurs hypothèses ont été suggérées : (i) la persistance du virus dans des vecteurs adultes qui survivent au cours de l'hiver ; (ii) la persistance du virus par transmission transovarienne des vecteurs à leur progéniture et (iii) la persistance du virus chez des animaux hôtes virémiques ou non virémiques. Le passage transplacentaire peut également jouer un rôle [e.g. Menzies *et al.*, 2008] (figure 1) et c'est la raison pour laquelle des garanties sanitaires sont demandées avant d'échanger ou exporter des génisses ou vaches gestantes (Règlement européen (CE) N° 384/2008).

Figure 1

Mécanismes de transmission du BTV-8 en fonction de la saison
[d'après Wilson *et al.*, 2008]



La recrudescence de la FCO (BTV-8) en Belgique, en Allemagne, aux Pays-Bas, dans le Nord de la France et dans le Grand-Duché de Luxembourg en 2007 ainsi que son extension continue à d'autres pays (Danemark,

République Tchèque, Suisse, Italie,...), son incursion au Royaume-Uni et sa recrudescence en 2008, en particulier en France (tableau 2), suggèrent que le passage à l'état d'enzootie de la FCO est possible.

Tableau 2

Foyers de FCO enregistrés dans le système de notification des maladies animales de la Commission européenne (Animal Disease Notification System, ADNS).

Légende : BE=Belgique ; BG=Bulgarie ; CH=Suisse ; CS=République Tchèque ; DE=Allemagne ; DK=Danemark ; ES=Espagne ; FR=France ; HU=Hongrie ; IT=Italie ; LU=Luxembourg ; NL=Pays-Bas ; PT=Portugal ; SE=Suède ; UK=Royaume-Uni.

Pays (code ISO)	2006	2007	2008 (19 septembre)
BE	695	6661	3
BG	13		
CH		5	10
CS		1	2
DE	885	11487	1
DK		1	4
ES		6095	75
FR	6	9343	6012
HU			1
IT	236	2	5
LU	5	1315	12
NL	456	5798	36
PT	1	158	10
SE			4
UK		65	78
Total	2 297	40 931	6 253

A la différence du Sud où les populations vectrices de *C. imicola* culminent à la fin de l'été et en automne (moments où le nombre de cas de FCO est à l'apogée), les populations de vecteurs indigènes culminent plus tôt dans l'année. Une extension du BTV-8 vers le Sud (extension radiale) pourrait modifier l'occurrence temporelle des cas de FCO.

L'évolution temporelle des foyers de FCO dans les Etats membres de l'Union européenne peut être visualisée chaque semaine grâce aux enregistrements du système ADNS (tableau 2). L'évolution spatiale peut être visualisée chaque semaine également grâce au système EU-BTNET (figure 2). Ce dernier système est étroitement lié au premier pour les Etats membres de l'Union européenne et aux informations sanitaires de l'OIE pour les pays tiers. La véracité des informations est toutefois dépendante de la vitesse avec laquelle chaque Etat membre transmet des informations sanitaires validées concernant la FCO. L'état de la situation de la FCO, tous sérotypes confondus, est présenté à la figure 2. L'extension radiale de la FCO en Europe du Nord est surtout liée au BTV-8.

En France, l'apparition récente de foyers de BTV-1, attribuable à une circulation virale en

2008 et l'extension de la maladie vers le nord et vers l'est des foyers initiaux, ont conduit l'Autorité compétente à prendre des mesures d'urgence destinées à prévenir une évolution rapide de ce sérotype (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2008a). Au 17 octobre 2008, le nombre de foyers de FCO « attribuables à une circulation virale en 2008 » s'élevait à 23 916, répartis en : 20 551 foyers de FCO à BTV-8 ; 3 299 foyers de FCO à BTV-1 et 66 foyers « mixtes » BTV-1/BTV-8 [AFSSA, 2008].

Par ailleurs, la fin du mois d'octobre 2008 aura été marquée par une surprenante découverte, dans l'est des Pays-Bas, de quatre foyers de FCO (notifiés le 27 octobre 2008) causés par le BTV-6, sérotype tout à fait inédit en Europe. Une caractérisation plus fine du virus a permis de le mettre en rapport avec une souche de BTV-6 présente dans un vaccin à virus atténué polyvalent produit en Afrique du Sud [WAHID, 2008]. Les risques de l'usage de ce type de vaccin sont consignés dans le tableau 3 [Saegerman *et al.*, 2007a].

Les zones de restriction dues à la FCO sont mises en ligne régulièrement sur le site de la Commission européenne (figure 3).

Figure 2
Circulation du BTV (tous les sérotypes) en Europe durant la période
du 1 mai 2005 au 21 octobre 2008
 (EU-BTNET system; available from <http://eubtnet.izs.it/btnet/>)

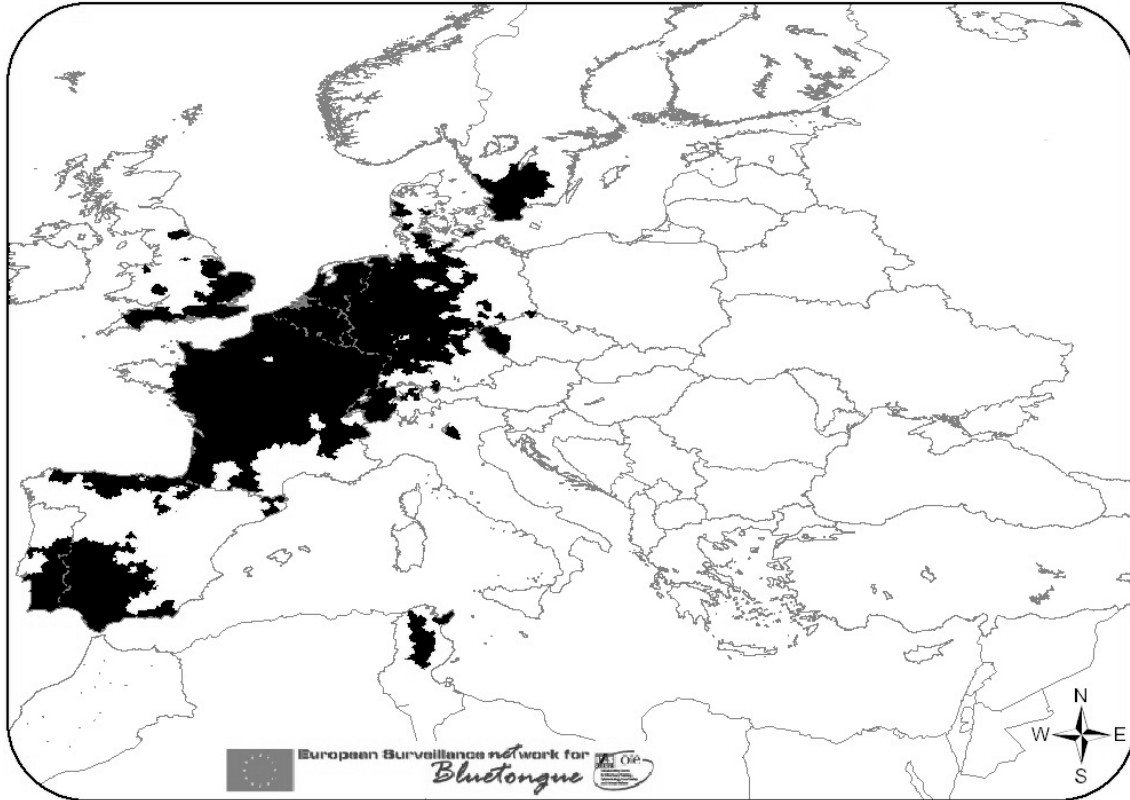


Tableau 3
Avantages et inconvénients de l'utilisation de vaccins à virus atténué
dans une stratégie vaccinale contre la FCO.
 [Saegerman *et al.*, 2007a]

Légende : Plusieurs éléments ne sont pas spécifiques aux vaccins à agent atténué, sauf ceux concernant les risques liés aux souches virales.

Avantages	Inconvénients
Réponse à une politique d'abattage peu populaire Diminution : <ul style="list-style-type: none"> • de l'intensité et de la durée de virémie • des pertes économiques directes • des pertes économiques indirectes 	Effets du vaccin sur l'animal : <ul style="list-style-type: none"> • apparition de signes cliniques de la maladie • malformations fœtales • protection inappropriée Risques liés aux souches virales utilisées : <ul style="list-style-type: none"> • réversion vers la virulence • réassortiment entre segments génomiques provenant du vaccin et du virus sauvage • introduction de sérotypes exotiques Coûts du programme de vaccination

L'augmentation du taux de morbidité (pourcentage d'animaux malades par rapport aux animaux présents dans les troupeaux affectés) et du taux de mortalité (pourcentage d'animaux morts par rapport aux animaux présents dans les troupeaux affectés) constatée en 2007 par rapport à 2006 laisse supposer que la sévérité clinique de la FCO a été plus importante en 2007 [Saegerman, données non publiées]. Celle-ci étant

corroborée par l'augmentation drastique des enlèvements des cadavres de petits ruminants dans les exploitations par les services du clos d'équarrissage (figure 4). Toutefois, ces observations pourraient être expliquées, en tout ou partie, par une augmentation de l'activité vectorielle, sans nécessairement être en présence d'une souche virale plus pathogène.

Figure 3

Zones de restriction dues à la FCO au 27 octobre 2008.

(http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/controlmeasures/bluetongue_restrictedzonesmap.jpg)

Légende : L'inexorable extension radiale de la FCO entraîne deux risques majeurs. Il y a un risque de rencontre du sérotype 8 avec d'autres, notamment avec ceux identifiés dans le bassin méditerranéen (sérotypes 1, 2, 4, 9 et 16). La coexistence de nouveaux sérotypes pourrait augmenter la probabilité de réassortiment entre segments génomiques des différentes souches virales. Ces réassortiments peuvent être accompagnés d'une modification de la virulence. Par ailleurs, si le sérotype 8 descend vers le Sud de l'Europe, il pourrait rencontrer le vecteur *Culicoides imicola*. Or ce vecteur a une activité vectorielle plus intense et il est actif plus longtemps. Le virus pourrait donc se transmettre pendant une période de l'année beaucoup plus importante.



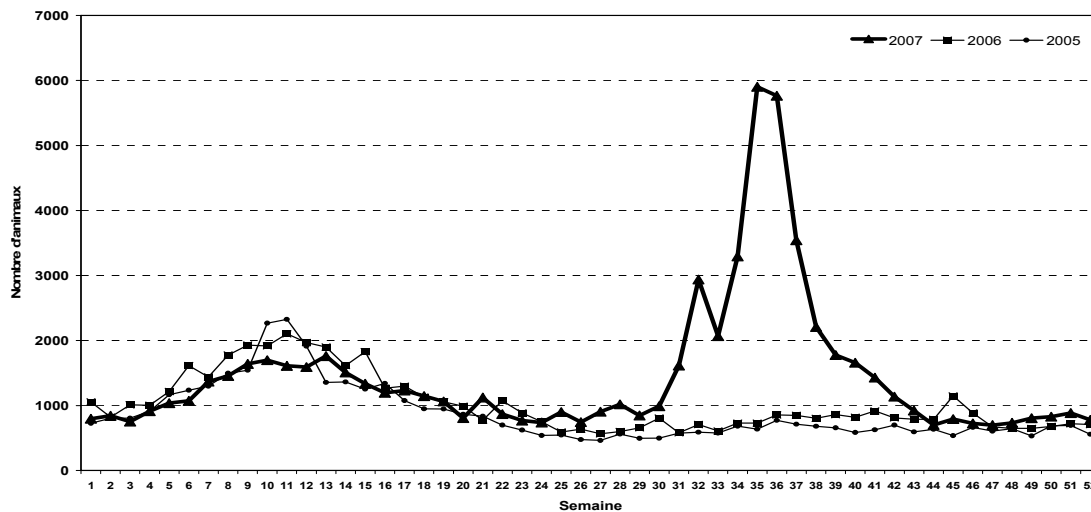
Bien que difficiles à évaluer, les pertes économiques de la FCO sont importantes pour les filières [Saegerman *et al.*, 2008]. En France, le rapport n° 460 (2007-2008) de la Commission des finances du Sénat mentionne des conséquences économiques de la FCO importantes : 65 000 bovins et 32 000 petits

ruminants morts depuis le début de l'épizootie de FCO à BTV-8, auxquels s'ajoutent des pertes indirectes (diminution de la production laitière, problèmes de fertilité et d'avortement, pertes économiques liées aux restrictions de circulation et d'échanges d'animaux) [Bricq, 2008].

Figure 4

Evolution des relevés hebdomadaires des enlèvements du clos d'équarrissage de petits ruminants en Belgique (Source : AFSCA).

Légende : L'évolution de base est celle de l'année 2005 ; l'évolution de l'année 2006 montre une petite augmentation des enlèvements à la semaine 45 (correspondant au pic de foyers) et l'évolution de l'année 2007 montre une nette augmentation des enlèvements à partir de la semaine 29 correspondant au début du pic des foyers (arrivé plus tôt dans l'année comparativement à 2006).



III - HOTES SENSIBLES

Le virus de la FCO peut infecter un large spectre de ruminants domestiques et sauvages [Mauroy *et al.*, 2008]. Toutefois, des signes cliniques sévères ont seulement été observés chez certaines races de moutons (races améliorées) et un faible nombre de cervidés. Les bovins et les chèvres souffrent habituellement d'infections sub-cliniques et peuvent servir de réservoirs viraux insidieux pour les moutons [Lefèvre *et al.*, 2008]. Toutefois le virus de la FCO (BTV-8) a

récemment exhibé une action pathogène chez les bovins en Europe [Saegerman *et al.*, 2007b ; Guyot *et al.*, 2007 et 2008 ; Elbers *et al.*, 2008].

En outre, durant cet épisode de FCO, un lynx ayant consommé des fœtus de ruminants et des animaux mort-nés a été trouvé infecté par le BTV-8. Une contamination orale a été fortement suspectée [Jauniaux *et al.*, 2008].

IV - VECTEURS, COMPETENCE ET CAPACITE VECTORIELLES

1. VECTEURS

La plupart du temps, le virus de la FCO est transmis entre des hôtes ruminants exclusivement par des piqûres de mouches appartenant aux espèces vectrices de *Culicoides*. Par conséquent, la distribution globale de la FCO est réduite aux régions où ces espèces vectrices de *Culicoides* sont présentes et la période de transmission virale

est limitée à la période d'activité des vecteurs adultes. En fonction de l'espèce, l'activité vectorielle des adultes débute généralement au printemps. Cette activité est positivement corrélée avec la température. Elle atteint un maximum entre 28 et 30°C, décroît lorsque la température diminue et, pour *C. imicola*, est probablement inexistante en dessous de 10°C [Lefèvre *et al.*, 2008].

Le risque d'infection de FCO est étroitement lié à la présence de femelles adultes des espèces vectrices de *Culicoides*. Jusque récemment, *C. imicola* avait été identifié comme le seul vecteur important de la FCO en Europe du Sud mais il est maintenant reconnu que plusieurs nouvelles espèces vectrices jouent également un rôle (e.g. complexe *C. obsoletus*, *C. dewulfi*, *C. chiopterus*) et d'autres restent à découvrir [Meiswinkel *et al.*, 2007 ; Mehlhorn *et al.*, 2007 ; Dijkstra *et al.*, 2008].

Par ailleurs, l'activité en période hivernale d'adultes d'espèces vectrices potentielles a été observée dans les étables en 2006-2007 [Losson *et al.*, 2007 ; Baldet *et al.*, 2008] et 2007-2008 [Zimmer *et al.*, 2008b]. De plus, des captures ponctuelles réalisées tôt dans l'année ont démontré que la période indemne (dite d'inactivité vectorielle) peut être très courte lors d'hivers doux [Zimmer *et al.*, 2008b]. La recherche des gîtes larvaires aux abords des exploitations agricoles a permis la mise en évidence des micro-habitats des principaux vecteurs (potentiels), à savoir les milieux anthropiques et liés à l'élevage (vieilles bouses en prairie, résidus d'ensilage de maïs) ou les milieux édaphiques semi-aquatiques (limon en bords de mare) [Zimmer *et al.*, 2008a]. La présence prépondérante dans la ferme et ses alentours immédiats des espèces vectrices – plutôt que dans les prairies pâturées – suggère de promouvoir, au niveau de l'exploitation agricole, l'élimination des déchets organiques qui constituent des milieux de reproduction privilégiés des vecteurs [Zimmer *et al.*, 2008a].

2. COMPETENCE VECTORIELLE

La compétence vectorielle est la capacité (innée) d'un vecteur à acquérir un pathogène, à le maintenir et à le transmettre avec succès à une espèce hôte sensible [Gerbier *et al.*, 2007]. La compétence vectorielle peut être déterminée expérimentalement en nourrissant des insectes d'une espèce donnée, avec du sang contenant des doses connues de virus, puis en évaluant ultérieurement, après

digestion du repas sanguin, les taux d'infection des insectes et de transmission à des hôtes réceptifs lors de nouveaux repas sanguins [Saegerman *et al.*, 2008]. La compétence vectorielle est définie comme étant la proportion d'insectes nourris qui supporte la réplication virale et chez lesquels le virus est transmis après une période d'incubation adéquate. Quand la transmission est difficile à démontrer à cause des problèmes de réalimentation d'insectes tels que les *Culicoides*, on admet la compétence vectorielle si le virus peut être retrouvé dans les glandes salivaires.

3. CAPACITE VECTORIELLE

La capacité vectorielle est le potentiel de transmission virale d'une population d'insectes. Elle tient compte non seulement des populations de vecteurs mais également des populations d'hôtes et des variables environnementales incluant l'abondance et la survie des vecteurs, le taux de piqûres et de transmission, les préférences des vecteurs pour certains hôtes, l'abondance des hôtes et ce, sous une série de conditions externes (bioclimatiques, etc.). La capacité vectorielle peut être définie comme le nombre de piqûres infectieuses qu'un vecteur infecté peut effectuer pendant sa durée de vie (2 à 4 semaines pour les culicoïdes) [Tran *et al.*, 2005; Gerbier *et al.*, 2007; Saegerman *et al.*, 2008].

La détermination de la compétence et de la capacité vectorielles sont essentielles pour une estimation précise du taux de transmission vectorielle et établir des prédictions d'établissement du virus de la FCO dans une région donnée, puis évaluer les chances de réussite de plans de lutte. De telles études demandent inévitablement des ressources financières et scientifiques et nécessitent de développer une approche interdisciplinaire [Saegerman *et al.*, 2008].

V - MODES D'INTRODUCTION ET MECANISMES D'AMPLIFICATION VIRALE

L'introduction du virus de la FCO d'une région dans une autre peut se réaliser par quatre voies différentes : par des mouvements d'animaux (ruminants domestiques ou sauvages) ou le transport de produits animaux

(semences, embryons); par des *Culicoides* vecteurs infectés transportés par des moyens vivants (plantes, animaux) ou inanimés (avions, bateaux) ; par un vol actif de *Culicoides* vecteurs infectés (propagation

locale de quelques centaines de mètres) ou encore par un vol passif de *Culicoides* vecteurs infectés, *via* le vent (responsable de la dissémination à longue distance pouvant aller jusqu'à quelques centaines de kilomètres) [Hendrickx *et al.*, 2006 ; Saegerman *et al.*, 2008]. Aucune voie préférentielle n'a été documentée dans le cadre de l'actuelle émergence de la FCO en Europe du Nord [Mintiens *et al.*, 2008].

Le nombre et la distribution des hôtes sensibles, la durée et le titre de la virémie dans les hôtes, la capacité vectorielle d'une population locale d'insectes et la température ambiante déterminent si le virus s'établira dans une nouvelle région. Par essence, l'établissement de la FCO dépend de la présence d'un nombre suffisant de *Culicoides* vecteurs, infectés par des repas de sang provenant d'hôtes virémiques, survivant suffisamment longtemps pour permettre l'achèvement de la période d'incubation (4 à 20 jours en fonction de la température ambiante) et la transmission du virus par piqûre à de nouveaux hôtes. La période

extrinsèque d'incubation est l'intervalle entre le moment d'infection d'un vecteur et le moment auquel celui-ci devient capable de transmettre le virus de la FCO à un nouvel hôte (figure 1). Ces conditions pour l'établissement de la FCO ont clairement été remplies en Europe du Sud où le BTV a bien survécu dans beaucoup d'endroits depuis la fin des années 90.

La recrudescence généralisée des infections à BTV-8 en 2007 affectant la Belgique, l'Allemagne, les Pays-Bas, le Luxembourg et la France et la contamination de nouveaux pays (Danemark, Suisse, République Tchèque, Italie,...), son incursion au Royaume-Uni et sa recrudescence en 2008 suggèrent que, au moment des changements climatiques, les conditions pour l'établissement du virus de la FCO peuvent maintenant aussi être remplies dans beaucoup de pays de l'Europe du Nord et du Centre. Les autorités vétérinaires et législatives à travers l'Europe du Nord devront tenir compte de ce fait dans la stratégie de lutte.

VI - LA VACCINATION : UN MOYEN DE LUTTE EFFICACE

Dans les régions où la FCO sévit à l'état enzootique, le contrôle des vecteurs est d'habitude considéré comme illusoire (réduction transitoire de leur nombre) et les moyens principaux pour contrôler les foyers cliniques de FCO sont la vaccination des espèces sensibles et la limitation du contact entre les espèces sensibles et les insectes vecteurs [Lefèvre *et al.*, 2008]. Les vaccins à virus atténué ont été utilisés depuis plusieurs années, les vaccins à virus inactivé plus récemment et les vaccins recombinants sont en développement. L'utilisation de vaccins à virus atténué comporte des inconvénients (tableau 3) tels qu'actuellement, on leur préfère l'utilisation de vaccins à virus inactivé [Saegerman *et al.*, 2007a].

Des vaccins à virus inactivé contre différents sérotypes de BTV sont actuellement commercialisés par différentes firmes productrices et largement utilisés.

Concernant les objectifs de la vaccination, deux options doivent être envisagées : l'éradication de la FCO à sérotype 8 en Europe, ou une limitation de la maladie en

termes d'étendue géographique, d'incidence et/ou d'impact économique.

La première option nécessite une vaccination obligatoire, destinée à l'ensemble des animaux des espèces réceptives. Cette option est tributaire d'un approvisionnement suffisant en vaccins [AFSSA, 2007].

En dépit d'une politique communautaire de lutte contre la FCO, il n'y a pas de plan de vaccination européen. La raison principale est que l'organisation des campagnes de vaccination relève de la seule compétence des Etats membres. Dès lors, en fonction des Etats membres, la vaccination se pratique actuellement sur une base soit obligatoire (e.g. Ecosse) soit volontaire (e.g. Pays-Bas). Cette vaccination est réalisée par des vétérinaires. En outre, les programmes de vaccination sont actuellement, pour la plupart, cofinancés par la Communauté européenne.

A titre d'exemple, la France a opté pour une vaccination volontaire (départements où sévit uniquement le BTV-8) ou obligatoire (départements du Sud-Ouest où sévit le BTV-1) des espèces sensibles. La situation au 16 septembre 2008 est la suivante : (i) pour la

vaccination contre le BTV-8, 29,4 et 10,6 millions de doses livrées depuis mars 2008 respectivement pour les bovins et petits ruminants et (ii) pour la vaccination contre le BTV-1, 4,5 et 6,7 millions de doses livrées respectivement pour les bovins et petits ruminants [Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2008b]. La Belgique quant à elle a opté pour une vaccination obligatoire pour les ovins et les bovins (sauf les veaux d'engraissement)

et facultative, mais fortement encouragée, pour les caprins, les cervidés et les veaux d'engraissement. Chez les bovins, les jeunes animaux sont (seront) vaccinés en priorité.

Des expériences italiennes indiquent qu'il faut vacciner au moins 80% de la population d'animaux sensibles pour obtenir un effet sur la diminution de la circulation virale [Giovannini *et al.*, 2004].

VI - MAINTENIR UNE BONNE INFORMATION EST INDISPENSABLE

Lors de l'émergence et de la persistance d'une maladie dans une population animale, une bonne information concernant tous les aspects liés à la maladie est indispensable.

1. COMMUNICATION INTERNE

Des réunions d'informations doivent être adaptées au public cible et concerner tous les acteurs des filières impliquées.

Par exemple, une réunion pourrait avoir comme objectifs d'apporter aux éleveurs des informations sur l'évolution de la FCO qui touche de nombreuses exploitations, de dresser un état des lieux de la situation, d'évaluer les perspectives en matière de FCO et d'évoquer les aspects économiques et leurs conséquences sur la rentabilité de l'exploitation. Ces réunions d'information et de sensibilisation ont un impact positif sur l'épidémiosurveillance des maladies en facilitant la compréhension de la maladie.

Les modifications d'hôte préférentiel et de forme clinique de la FCO en Europe du Nord ont soulevé d'importantes questions concernant la pathogénie, le tableau clinique, la dynamique d'infection au sein des troupeaux affectés (émergence, résurgence et diffusion) et le développement d'un système efficace de détection précoce des maladies vectorielles émergentes. Dans ce cadre, la rédaction d'une brochure scientifique ayant pour objectif la description de l'épisode de FCO chez les ruminants domestiques est d'une grande utilité pour les médecins vétérinaires et les professionnels de la santé dans le cadre de la

détection précoce de la FCO et plus globalement des maladies émergentes. Citons deux exemples à destination des vétérinaires : un vademecum FCO à l'usage des vétérinaires sanitaires (<http://blue-tongue.cirad.fr/Vademecum/IndexVademecum.php>) et une brochure scientifique sur la FCO (http://www.oie.int/fr/publicat/ouvrages/F_Bluetongue.htm).

2. COMMUNICATION EXTERNE

La communication d'informations sanitaires validées, en temps réel, envers les Autorités supranationales est très importante afin d'éviter la propagation des maladies émergentes. Des efforts ont été réalisés à cette fin comme en témoignent les trois principaux systèmes interconnectés mis à disposition :

- système WAHIS⁶/WAHID⁷ de l'OIE (<http://www.oie.int/wahid-prod/public.php>)
- système de notification des maladies animales de la Commission européenne (http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/ads/index_en.htm)
- système EU-BTNET (<http://eubtnet.izs.it/btnet/>)

En complément de ces sites officiels, un autre est d'intérêt majeur dans le cadre des maladies émergentes. Il s'agit du site de l'*International Society for Infectious Diseases* (<http://www.promedmail.org/>).

⁶ WAHIS: World Animal Health Information System.

⁷ WAHID : World Animal Health Information Data base. Il s'agit d'une interface de WAHIS.

VII - CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les maladies animales émergentes ont pris une importance particulière ces dernières années comme en témoigne, par exemple, l'apparition de l'influenza aviaire, de la maladie du Nil occidental (West Nile) ou de la FCO. Certaines d'entre elles sont d'origine vectorielle et étaient jugées exotiques.

En l'absence de détection clinique précoce, l'émergence d'une maladie peut échapper à l'attention jusqu'au moment où la multiplication et la transmission de l'agent pathogène en cause sont telles qu'elle ne peut plus passer inaperçue rendant, de la sorte, sa maîtrise beaucoup plus difficile. Il est donc crucial d'activer des systèmes d'information rapide concernant ces maladies et de maintenir une sensibilisation constante (et non ponctuelle) des vétérinaires praticiens. Ceux-ci ont en effet un rôle majeur dans la détection clinique précoce des maladies émergentes (rôle de sentinelles).

L'étude de l'épidémiologie de la FCO est intimement liée à la compréhension de l'infectiologie, de la pathogénie et de l'immunologie des maladies animales. A ce titre, les maladies émergentes constituent aussi des opportunités pour développer davantage l'enseignement dans ces matières et créer de nouveaux moyens de diffusion des informations.

L'émergence de la FCO a généré une production importante de communications scientifiques et les acquis engrangés ont un impact direct sur la stratégie de lutte mise en place. La recherche scientifique (mécanisme

de protection et de persistance) et la veille sanitaire restent des défis pour le futur tout comme l'essor des Agences d'évaluation scientifique reposant sur le principe de séparation des fonctions d'évaluation et de gestion du risque.

De nouveaux mécanismes de transmission ont été mis au jour (bien que proposés comme hypothèses auparavant) et ces mécanismes permettent de mieux expliquer la persistance du virus durant l'hiver.

En outre, l'extension radiale inexorable du BTV-8 à travers l'Europe, couplée à la récente progression du BTV-1 dans le Sud-Ouest de la France, augmente le risque de rencontre entre ces deux sérotypes mais également entre ces sérotypes avec d'autres (réassortiment génomique possible), en particulier avec ceux qui sévissent dans le bassin méditerranéen.

Ces réalités impliquent des efforts de recherche afin d'anticiper l'avenir et d'adapter la stratégie de lutte en conséquence, en particulier la stratégie vaccinale. Une évaluation scientifique continue de la vaccination à l'aide de vaccins à virus inactivé, dans le contexte particulier de l'Europe du Nord, constitue une autre priorité. Cette évaluation devrait tenir compte des résultats d'infections expérimentales et d'informations recueillies sur le terrain à la suite de l'application de différents protocoles de vaccination ; ce qui permettrait de les améliorer pour les prochaines campagnes.

BIBLIOGRAPHIE

AFSSA. - Saisine n° 2007-SA-0370 de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur un programme de vaccination contre la fièvre catarrhale ovine (FCO) à BTV 8.

AFSSA. - Point sur la situation de la fièvre catarrhale ovine (FCO) à sérotypes 8 et 1, en France et dans l'Union européenne, au 9 octobre 2008.

Baldet T., Delécolle J.C., Cêtre-Sossah C., Mathieu B., Meiswinkel R., Gerbier G. - Indoor activity of Culicoides associated with livestock in the bluetongue virus (BTV) affected region of northern France during autumn 2006. *Prev. Vet. Med.*, 2008, **87** (1-2), 84-97.

- Baros S.C., Ramos F., Luis T.M., Vaz A., Duarte M., Henriques M., Cruz B., Fevereiro M. - Molecular epidemiology of bluetongue virus in Portugal during 2004-2006 outbreak. *Vet. Microbiol.*, 2007, **124** (1-2), 25-34.
- Breard E., Sailleau C., Nomikou K., Hamblin C., Mertens P.P.C., Mellor P.S., Harrak M.E., Zientara S. - Molecular epidemiology of bluetongue virus serotype 4 isolated in the Mediterranean Basin between 1979 and 2004. *Virus Res.*, 2007, **125**, 191-197.
- Bricq N. - La gestion de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine (FCO) : tirer des enseignements pour l'avenir. République Française, 2008, Rapport du Sénat n° 460.
- Caracappa S., Torina A., Guercio A., Vitale F., Calabrò A., Purpari G., Ferrantelli V., Vitale M., Mellor P.S. - Identification of a novel bluetongue virus vector species of Culicoides in Sicily. *Vet. Rec.*, 2003, **153**, 71-74.
- Dijkstra E., van der Ven I.J., Meiswinkel R., Hölzel D.R., Van Rijn P.A., Meiswinkel R. - Culicoides chiopterus as a potential vector of bluetongue virus in Europe. *Vet. Rec.*, 2008, **162** (13), 422.
- Enserink M. - Emerging infectious diseases. During a hot summer, bluetongue virus invades northern Europe. *Science*, 2006, **313** (5791), 1218-1219.
- Elbers A.R., Backx A., Mintiens K., Gerbier G., Staubach C., Hendrickx G., van der Spek A. - Field observations during the Bluetongue serotype 8 epidemic in 2006. II. Morbidity and mortality rate, case fatality and clinical recovery in sheep and cattle in the Netherlands. *Prev. Vet. Med.*, 2008, **87** (1-2), 31-40.
- Gerbier G., Parodi J., Biteau-Coroller F., Baldet T., Mathieu B., Zientara S., Cetre-sossah C., Roger F. - Surveillance de la fièvre catarrhale ovine (Bluetongue) : bilan et perspectives. *Epidémiol. et santé anim.*, 2006, **49**, 37-44.
- Gerbier G., Biteau-Coroller F., Guis H., Tran A., Ziantara S., Baldet T. - Fièvre catarrhale ovine: le point sur l'épidémiologie en Europe fin 2006. *Bull. Tech. Vét.*, 2007, **39**, 81-86.
- Giovannini A., Calistri P., Nannini D., Paladini C., Santucci U., Patta C., Caporale V. - Bluetongue in Italy: Part II. *Vet. Ital.*, 2004, **40** (3), 252-259.
- Guyot H., Mauroy A., Thiry E., Losson B., Bodmer M., Kirten P., Rollin R., Saegerman C. - *Bulletin des GTV*, 2007, **39**, 89-96.
- Guyot H., Mauroy A., Kirschvink N., Rollin F., Saegerman C. - Clinical aspects of bluetongue in ruminants. Bluetongue in northern Europe. World Organization for Animal Health and University of Liege (ed.), Paris, France, 2008, 34-52.
- Hendrickx G., Gilbert M., Staubach C., Elbers A., Mintiens K., Gerbier G., Ducheyne E. - A wind density model to quantify the airborne spread of Culicoides species during north-western Europe bluetongue epidemic, 2006. *Prev. Vet. Med.*, 2008, **87**, 162-181.
- Jauniaux T.P., De Clercq K., Cassart D., Kennedy S., Vandebussche F.E., Vandemeulebroucke E.L., Vanbinst T.M., Bart I.V., Goris N.E., Coignoul F.L. - Bluetongue in Eurasian lynx. *Emerg. Inf. Dis.*, 2008, **14** (9), 1496-1498.
- Lefèvre P.C., Mellor P.S., Saegerman C. - Chapter 56: Bluetongue. Lavoisier (ed.), Provigny, France, 2008, 659-684
- Losson B., Mignon B., Paternostre J., Madder M., De Deken R., De Deken G., Deblauwe I., Fassotte C., Cors R., Defrance T., Delécolle J.C., Baldet T., Haubruge E., Frédéric F., Bortels J., Simonon G. - Biting midges overwintering in Belgium. *Vet. Rec.*, 2007, **160** (13), 451-452.
- Mauroy A., Guyot H., De Clercq K., Cassart D., Thiry E., Saegerman C. - Bluetongue in captive yaks. *Emerg. Inf. Dis.*, 2008, **14** (4), 675-676.
- Mehlhorn H., Walldorf V., Klimpel S., Hahn B., Jaeger F., Eschweiler J. - First occurrence of Culicoides obsoletus-transmitted Bluetongue virus epidemic in Central Europe. *Parasitol. Res.*, 2007, **101**, 219-228.
- Meiswinkel R., van Rijn P., Leijts P., Goffredo M. - Potential new Culicoides vector of bluetongue virus in northern Europe. *Vet. Rec.*, 2007, **161** (16), 564-565.

- Mellor P.S. - Infection of the vectors and bluetongue epidemiology in Europe. *Vet. Ital.*, 2004, **40**, 167-174.
- Mellor P.S., Pitzolis G. - Observations on breeding sites and light-trap collections of *Culicoides* during an outbreak of bluetongue in Cyprus. *Bulletin of Entomological Research*, 1979, **69**, 229-234.
- Menzies F.D., McCullough S.J., McKeown I.M., Forster J.L., Jess S., Batten C., Murchie A.K., Gloster J., Fallows J.G., Pelgrim W., Mellor P.S., Oura C.A.L. - Evidence for transplacental and contact transmission of bluetongue virus in cattle. *Vet. Rec.*, 2008, **163**, 203-209.
- Mertens P.P.C., Attoui H, Bamford DH., 2008. www.iah.bbsrc.ac.uk/dsRNA_virus_proteins/Orbivirus.htm (accédé le 28 août 2008).
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. Fièvre catarrhale ovine : extension de la zone de vaccination obligatoire contre le sérotype 1. Communiqué de presse du 29 août 2008.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 2008. FCO : La Ministère de l'Agriculture et de la Pêche confirme la vaccination générale contre la FCO à partir de la fin de l'année et mobilise tous les vaccins disponibles. Communiqué de presse du 18 septembre 2008.
- Mintiens K., Méroc E., Mellor P.S., Staubach C., Gerbier G., Elbers A.R., Hendrickx G., De Clercq K. - Possible routes of introduction of bluetongue virus serotype 8 into the epicentre of the 2006 epidemic in north-western Europe. *Prev. Vet. Med.*, 2008, **87**(1-2), 131-144.
- Osburn B.I. - The impact of bluetongue virus on reproduction. *Comp. Immunol. Microbiol. Inf. Dis.*, 1994, **17**, 189-196.
- Purse B.V., Mellor P.S., Rogers D.J., Samuel A.R., Mertens P.P., Baylis M. - Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. *Nat. Rev. Microbiol.*, 2005, **3**, 171-181.
- Saegerman C, Hubaux M, Urbain B, Lengelé L, Berkvens D. - Regulatory aspects concerning temporary authorisation of animal vaccination in case of an emergency situation: example of bluetongue in Europe. In: Animal vaccination. Part. 2: scientific, economic, regulatory and socio-ethical aspects. Chapter 4: Regulatory aspects. Co-ordinator and Editor: P. -P. Pastoret, A. Schudel & M. Lombard. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 2007a, **26** (2), 395-414.
- Saegerman C., Mauroy A., Guyot H., Rollin F., Losson B., Vandebussche F., Vanbinst T., De Clercq K., Thiry E. - Aspects cliniques liés à l'émergence de la fièvre catarrhale ovine en Europe du Nord: résultats d'une étude longitudinale de 2 mois. *Renc. Rech. Ruminants*, 2007b, **14**, 215.
- Saegerman C., Berkvens D., Mellor P.S. - Bluetongue epidemiology in the European Union. *Emerg. Inf. Dis.*, 2008, **14** (4), 539-544.
- Sailleau C., Bréard E., Gerbier G., Parodi J., Bouchot A., Zientara S. - Epidémiologie descriptive et moléculaire de la bluetongue en Corse en 2004. *Epidémiol. et santé anim.*, 2004, **48**, 9-14.
- Savini G, Goffredo M, Monaco F, Di Gennaro A, Cafiero M.A., Baldi L, de Santis P, Meiswinkel R, Caporale V. - Bluetongue virus isolations from midges belonging to the *Obsoletus* complex (*Culicoides*, *Diptera*: *Ceratopogonidae*) in Italy. *Vet. Rec.*, 2005, **157**, 133-139.
- Schartz-Cornil I., Mertens P.P.C., Contreras V., Hemati B., Pascale F., Bréard E., Mellor P.S., MacLachlan N.J., Zientara S. - Bluetongue virus: virology, pathogenesis and immunity. *Vet. Res.*, 2008, **39**, 40 (DOI: 10.1051/vetres:2008023).
- Silva E. - Separata da Ver. *Ciën. Vet.*, 1956, **358**, 191-231.
- Tran A., Biteau-Coroller F., Guis H., Roger F. - Modélisation des maladies vectorielles. *Epidémiol. et santé anim.*, 2005, **47**, 35-51.
- Wilson A., Darpel K., Mellor P.S. - Where does bluetongue virus sleep in the winter? *PLoS Biol.*, 2008, **6** (8), 1612-1617.
- World Animal Health Information Database. Fièvre catarrhale ovine, Pays-Bas. Information reçue le 27 Octobre 2008, Organisation mondiale de la Santé animale, Paris, France.

Zimmer J.Y., Haubruge E., Francis F., Bortels J., Simonon G., Losson B., Mignon B., Paternostre J., De Deken R., De Deken G., Deblauwe I., Fassotte C., Cors R., Defrance T. - Breeding sites of bluetongue vectors in northern Europe. *Vet. Rec.*, 2008a, **162** (4), 131.

Zimmer J.Y., Haubruge E., Francis F., Bortels J., Joie E., Simonon G., De Deken R., De Deken G., Deblauwe I., Madder M., Fassotte C., Cors R., Defrance T., Saegerman C., Thiry E., Mignon B., Paternostre J., Losson B., Kirschvink N. - Distribution of potential bluetongue vectors on Belgium farms. *Vet. Rec.*, 2008b, **162** (21), 700.



Remerciements

Les auteurs remercient P.P.C. Mertens (Institute for Animal Health, Pirbright, United Kingdom) pour l'accès aux données concernant l'épidémiologie moléculaire de la FCO.