

Le Directeur Général

Maisons-Alfort, le 22 décembre 2015

AVIS **de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,** **de l'environnement et du travail**

**relatif à « l'évaluation du risque lié à la réapparition
du sérotype 8 de la FCO en France continentale »**

*L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.
L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.
Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.
Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).
Ses avis sont rendus publics.*

L'Anses a été saisie le 13 novembre 2015 par la Direction générale de l'Agriculture pour la réalisation de l'expertise suivante : « Evaluation du risque lié à la réapparition du sérotype 8 de la FCO en France continentale », saisine 2015-SA-0226.

CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Un cas de FCO sérotype 8 a été confirmé chez un ovin par le laboratoire national de référence de l'Anses de Maisons Alfort, le 11 septembre 2015 dans un élevage mixte bovin-ovin de l'Allier. Des mesures réglementaires ont été mises en place et des investigations pour déterminer la répartition spatiale de la circulation du virus ont été réalisées.

Au 10 décembre 2015, ce sont au total 128 élevages qui ont été trouvés infectés par le virus FCO à sérotype 8. Hormis le foyer trouvé dans le Loiret, les foyers sont situés dans une zone de 300-350 km de diamètre englobant le Puy-de-Dôme, l'Allier, la Creuse, le Cantal, le Cher, l'Indre, la Loire, la Haute-Loire, la Nièvre, la Saône-et-Loire, la Corrèze, l'Aveyron et la Lozère. Parmi ces foyers, 27 ont été détectés par la surveillance programmée, 11 par la surveillance événementielle sur des suspicions cliniques, 78 lors de tests réalisés à l'exportation ou lors de rassemblements d'animaux, 11 lors de la première enquête dans les 2 km autour du premier foyer de l'Allier. La DGAL a décidé de fusionner les zones de protection et les zones de surveillance afin de n'avoir qu'une « zone réglementée » et d'y permettre ainsi tous les mouvements d'animaux. Ainsi, les départements situés à moins de 150 kilomètres d'un foyer sont en zone réglementée.

Dans ce contexte, l'Anses a été saisie en urgence sur la réémergence de FCO à BTV-8 en France. Un GECU (groupe d'expertise collective en urgence) a été créé pour traiter cette saisine, dont les questions sont présentées ci-dessous :

1. *« Compte tenu des résultats d'analyses des différents dispositifs de surveillance (résultats des campagnes de dépistages sérologiques ou virologiques de ces dernières années chez les ruminants domestiques et sauvages), des résultats récents de surveillance et de typage moléculaire, et des travaux de modélisation épidémiologique qui seraient disponibles, quel est votre avis sur l'origine probable de cette « résurgence » ?*
2. *Quel est votre avis sur les risques de diffusion de la maladie, indépendamment des conditions de mouvements de ruminants domestiques contaminés en France et au-delà de nos frontières ?*
3. *D'après les connaissances disponibles sur le vaccin Calier, une immunité assez fiable pour permettre la sortie des ovins de zone réglementée à un risque faible à négligeable apparaît-elle avant le délai de 42 j indiqué par le RCP ?*
4. *Quel est votre avis sur le risque de dissémination de la maladie via des mouvements d'animaux non vaccinés issus de zones réglementées à destination de zones indemnes qui se réalisent dans les conditions de dérogation décrites dans la note de service 2015-944, en particulier la dérogation générale basée sur une désinsectisation puis dépistage PCR avant le départ, puis une désinsectisation et confinement des animaux à l'arrivée en zone indemne, suivi d'un dépistage PCR au bout de 14 jours ?*
5. *Dans quelle mesure ce risque est-il influencé par l'activité vectorielle au départ, à destination ?*
6. *Pouvez-vous proposer un protocole de désinsectisation des animaux dont la fiabilité et la faisabilité seraient optimales ?*
7. *Quel est votre avis sur le risque de contamination d'animaux désinsectisés issus de zone indemne et transitant 24h par une zone réglementée entre le mois de novembre et le mois de mars ?*
8. *Compte tenu des limites sur les doses vaccinales disponibles d'ici la mise à l'herbe (5 à 8 millions au total), quel est votre avis sur le risque qu'une vaccination à visée sanitaire collective, ne parvienne pas à limiter l'extension de la maladie ?*
9. *Qu'en est-il si 2 à 4 millions de doses sont dédiées aux animaux destinés à quitter la zone réglementée ?*
10. *Compte tenu des connaissances scientifiques acquises sur la maladie depuis 2007 et de la situation particulière de ce cas, quel est votre évaluation du risque de résurgence de la maladie après 3 campagnes de vaccination des ovins et des bovins ? »*

ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques via le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

L'évaluation de risque a été conduite selon les modalités du rapport [AFSSA \(2008\)](#), intitulé « Une méthode qualitative d'estimation du risque en santé animale ». Les intervalles de probabilité exprimés par le Gecu traduisent l'incertitude liée à cette évaluation.

L'expertise collective a été réalisée par le groupe d'expertise collective d'urgence « Gecu FCO 8 résurgence » qui s'est réuni les 28/10, 09/11, 19/11/2015, 01/12 et 11/12/2015.

Les questions de la saisine numérotées de 3 à 9, portant principalement sur le risque de dissémination de la FCO lié aux mouvements d'animaux, sur l'efficacité de la désinsectisation et sur la vaccination ont été traitées dans une note intermédiaire transmise au demandeur le 30 novembre 2015.

Les questions numérotées 1, 2 et 10, relatives à l'origine probable de cette « résurgence », aux risques de diffusion de la maladie, et au nombre de campagnes de vaccination ont été traitées début décembre.

Le présent avis reprend l'ensemble des réponses apportées à la saisine.

L'expertise s'est appuyée sur les éléments suivants :

- L'instruction technique DGAL/SDSPA/2015-944, en date du 06/11/2015, et échanges avec la DGAL sur les termes des conditions de dérogation ;
- Les échanges avec la DGAL confirmant, à la date du 19/11, que le nombre d'animaux présents dans la zone réglementée est de :
 - o 7,8 millions de bovins, dont près de 4,5 millions de moins de 3 ans d'âge,
 - o 3,9 millions d'ovins ;
- Les données de la plateforme ESA (consultation le 23/11/2015) ;
- L'appui scientifique et réglementaire de l'ANMV ;
- La sollicitation des Etats membres voisins de la France sur les mesures de vaccination appliquées dans leur pays ;
- La bibliographie figurant à la fin de la présente note intermédiaire.

ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GECU

Question n°1

« Compte tenu des résultats d'analyse des différents dispositifs de surveillance (résultats des campagnes de dépistages sérologiques ou virologiques de ces dernières années chez les ruminants domestiques et sauvages), des résultats récents de surveillance et de typage moléculaire, et des travaux de modélisation épidémiologique qui seraient disponibles, quel est votre avis sur l'origine probable de cette « résurgence » ? »

Différentes hypothèses d'introduction ou de résurgence du virus de la FCO sont envisageables. Les experts les ont examinées à la lumière des données disponibles et des connaissances actuelles.

1. Réintroduction du virus en France

Le virus de la fièvre catarrhale ovine est un arbovirus, transmis essentiellement par des insectes du genre *Culicoides* ([Wilson and Mellor 2008](#)). Quelques rares cas de transmission par voie orale du BTV-8 ont été décrits ([Backx et al. 2009](#); [Menzies et al. 2008](#)), ainsi que quelques cas de transmission transplacentaire ([De Clercq et al. 2008](#); [van der Sluijs et al. 2013](#); [Zanella et al. 2012](#)). La transmission horizontale est donc extrêmement réduite, et la transmission verticale tout à fait minoritaire par rapport à la voie vectorielle.

Il est important de rappeler qu'aucun foyer de BTV-8 n'est aujourd'hui notifié dans le monde ce qui rend très peu probable une introduction de virus sur le territoire français ; les experts ont

cependant envisagé les différents modes d'introduction du virus, qui pourraient ensuite permettre à l'infection de se développer.

a. Transmission *via* la semence

Cette voie de transmission étant très limitée, ([Gard et al. 1989](#); [Kirkland et al. 2004](#); [Napp et al. 2011a](#); [Vanbinst et al. 2010](#)), cette hypothèse est considérée par les experts comme très peu probable.

Par ailleurs, aucune information n'a été fournie aux experts quant à la nature et la quantité des semences utilisées dans la région du centre de la France.

b. Introduction de *Culicoides* infectés

Dans la mesure où aucun foyer de BTV-8 n'est aujourd'hui notifié dans le monde et en particulier en Europe, une introduction du virus *via* des *Culicoides* infectés transportés par les vents paraît hautement improbable. Une éventuelle introduction accidentelle de *Culicoides* infectés, par le biais de produits importés (plantes, etc. ...), qui pouvait être considérée comme une hypothèse crédible lors de l'introduction du BTV-8 au Benelux -principale zone d'importation internationale maritime et aérienne de l'Europe-, paraît très peu probable dans le cas présent.

c. Introduction *via* la faune sauvage libre ou captive

Les introductions d'animaux de la faune sauvage libre, en provenance principalement de pays européens, peuvent avoir lieu dans des objectifs de repeuplement. Néanmoins, il n'a pas été identifié de cas de FCO à BTV-8 dans la faune sauvage libre dans des pays européens, à travers les réseaux de surveillance de la faune sauvage libre.

Les introductions de faune sauvage captives sont, quant à elles quasiment inexistantes¹, en lien avec la réglementation de l'UICN² sur la conservation des espèces. Des échanges sont possibles entre zoos européens, mais ils sont également très encadrés par la directive européenne 92/65/CEE (définissant les conditions de police sanitaire régissant les échanges et les importations dans la Communauté d'animaux), qui couvre la majeure partie des espèces non domestiques.

Ainsi, une introduction d'animal sauvage infecté par ce virus en France (et plus précisément dans le centre de la France) paraît très peu probable.

d. Introduction *via* la faune domestique

Les experts ont envisagé les scénarios d'introduction d'un animal domestique infecté sur le territoire qui pourraient être à l'origine des foyers.

- Introduction directe en France d'un animal domestique en provenance d'un pays tiers : cette éventualité semble peu probable compte tenu du faible nombre d'animaux concernés et des mesures de police sanitaire existantes. Par ailleurs aucun cas de BTV-8 n'a été déclaré dans les pays tiers.
- Introduction d'un animal en provenance d'un pays membre (ou indirectement d'un pays tiers *via* un pays membre) : ce scénario semble peu probable en l'absence de notification de foyers à BTV-8 en Europe. En effet, les pays européens qui ont été le plus touchés par la précédente épizootie (Allemagne, Pays-Bas, Belgique) ont, depuis la précédente épizootie, mis en place une surveillance de la FCO dans les élevages, dont le taux de prévalence limite au niveau de leur découpage régional est de l'ordre de 2 à 5% (Piet van Rijn, communication personnelle). Si la FCO sévissait dans ces pays, elle aurait très probablement été détectée.

¹ Avis Anses sur la hiérarchisation des dangers sanitaires des animaux de zoos, en cours de finalisation

² UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

Enfin, la proximité génétique du virus détecté dans les foyers de 2015 avec la souche ayant circulé en France lors des épisodes infectieux de 2006 (source : Laboratoire National de Référence) plaide en faveur d'une résurgence du BTV-8 de la dernière épizootie ou d'une introduction en provenance d'un des pays européens ayant connu cette épizootie à BTV-8. Par ailleurs, [Nomikou et al. \(2015\)](#) ont démontré que l'introduction d'une souche de BTV dans une nouvelle région pouvait être identifiée par la variation génétique avec les souches locales, ce qui n'est pas le cas ici.

En conclusion, compte tenu des éléments précités et notamment de la proximité génétique du virus détecté dans les foyers de 2015 avec la souche ayant circulé en France lors des épisodes infectieux de 2006, les experts estiment qu'il est très peu probable que les foyers français actuels proviennent de l'introduction en France d'un animal domestique infecté par le virus de la FCO.

2. Résurgence liée à la persistance du virus

a) Persistance chez les *Culicoides* en France, avec transmission verticale

Il est généralement admis qu'il n'y a pas de transmission verticale du virus chez les *Culicoides*, aucune publication ne l'ayant démontrée. Par exemple, [Osborne et al. \(2015\)](#) n'ont pas mis en évidence de transmission verticale chez l'espèce Nord-américaine *C. sonorensis* (expérimentalement ou sur le terrain) d'un virus de FCO.

Si ce mode de transmission pouvait se produire, il serait vraisemblablement très rare et il serait peu probable que cette éventualité se reproduise plusieurs saisons de suite, voire pendant les 4 années qui séparent la présente « résurgence » de la fin de la précédente épizootie.

C'est pourquoi les experts estiment cette hypothèse improbable.

b) Persistance à long terme chez l'animal

Il n'a jamais été démontré ou décrit de persistance d'une infection à FCO à long terme chez un animal (domestique ou sauvage), que cet animal soit séronégatif ou non.

Cette hypothèse est donc considérée par les experts comme improbable.

3. Introduction via l'utilisation d'un vaccin

Deux hypothèses d'introduction via un vaccin sont envisageables :

- par un vaccin inactivé (quel qu'il soit) contaminé par le virus BTV-8 à l'occasion de sa fabrication (à partir de sérum de veau fœtal par exemple). Cette hypothèse est en pratique peu probable compte tenu de la réglementation liée aux bonnes pratiques de fabrication des vaccins dans les laboratoires pharmaceutiques.
- par un vaccin vivant contre BTV-8. Il existe, à la connaissance des experts, un seul vaccin vivant pour la souche BTV-8, sans AMM en France. Ce vaccin vivant protégeant contre le BTV-8 est produit en Afrique du Sud (Onderstepoort Biological Products (OBP), vaccin pentavalent B, contre les sérotypes 3, 8, 9, 10 et 11) et, compte tenu de l'interdiction de toute vaccination contre la FCO depuis 2013 en France, son importation est interdite. Son utilisation aurait nécessité une introduction illégale et, de par l'absence de foyers détectés depuis 2012 en France métropolitaine, son utilisation n'aurait présenté aucun intérêt. Enfin, il est souligné que ce vaccin est produit à partir d'une seule et même souche virale, datant de 1937, qui est génétiquement différente de celle identifiée dans les foyers français.

C'est pourquoi les experts estiment improbable l'introduction de BTV-8 via l'utilisation d'un vaccin.

4. Maladie entretenue à bas bruit en France

Compte tenu :

- de l'absence de cas d'infection à BTV-8 rapporté en Europe et dans le monde,
- de la proximité génétique du virus avec la souche ayant circulé en France lors des épisodes infectieux de 2006 et des années suivantes,
- des manifestations cliniques de faible intensité et de faible ampleur de la FCO sévissant actuellement sur le territoire (un seul animal ayant présenté des symptômes cliniques parmi les 322 animaux du 1^{er} élevage déclaré en France, et seulement 11 foyers déclarés avec des symptômes cliniques, sur un total de 128 foyers identifiés sur le territoire national au 10/12/2015), rendant la détection par surveillance événementielle aléatoire,
- des dernières informations épidémiologiques transmises par la DGAL, indiquant que, au 13/11/2015, la DGAL a été informée par les autorités espagnoles d'un bovin d'origine française, positif en PCR, arrivé chez eux le 23/07/15. L'enquête a montré que ce bovin, né le 28/07/14 dans le département des Vosges, est sorti de cette 1^{ère} exploitation le 24/11/2014, qu'il a ensuite séjourné du 04/12/2014 au 15/07/2015 dans une 2^{ème} exploitation du département du Puy de Dôme, puis a été livré le 23/07/2015 en Espagne par un opérateur commercial. Compte tenu des travaux de Zanella *et al* (2013), montrant que le temps médian de détection du génome par PCR est de 6 mois et demi chez les bovins (et 7 mois au maximum), les investigations ont donc été concentrées sur l'exploitation du département du Puy de Dôme. Cet élevage est situé dans le même périmètre que les premiers cas repérés à fin août-début septembre 2015, apportant un élément de plus sur la circulation du virus dans la zone du Massif Central,

les experts envisagent comme probable une résurgence de FCO à BTV-8 liée à une possible circulation à bas bruit de l'infection en France métropolitaine, et en particulier dans la région du Massif Central.

Deux types de populations pourraient avoir entretenu l'infection à bas bruit : la faune sauvage ou les ruminants domestiques. Ces deux hypothèses sont analysées ci-dessous.

a. Dans la faune sauvage

[Rossi *et al.* \(2014b\)](#) ont étudié la prévalence de la FCO dans la faune sauvage, de 2008 à 2009. Comme dans d'autres pays européens, une forte séroprévalence de la FCO au niveau national a été observée chez le cerf (47,1% en 2008 et 24,3% en 2009), durant le pic d'incidence domestique, alors que les autres espèces de ruminants sauvages n'ont été que marginalement infectées (séroprévalence de moins de 3 %). Dans les Pyrénées, [Corbière *et al.* \(2012\)](#) sont arrivés aux mêmes conclusions, avec une forte prévalence de l'infection à BTV-1 chez les cerfs (50 % en 2008 et 10 % en 2010), tandis que les autres espèces sauvages étaient très peu impactées. Cependant, le rôle du cerf dans la diffusion et le maintien de l'infection restait encore à préciser. Quelques années plus tard, [Rossi *et al.* \(2014a\)](#) ont observé, dans une étude menée de 2011 à 2013, que la proportion de cerfs séropositifs diminuait de 43% à 9.7% sur 1 088 cerfs issus de 13 départements et que plus aucun génome viral n'était détecté (<0.3%, au risque de 5%), ce qui montre que le virus a circulé dans cette population, mais ne circulait plus sur la période étudiée³. Ces résultats indiquent une diminution de la séroprévalence chez les cerfs parallèlement à celle observée chez les ruminants domestiques, ce qui suggérerait un rôle limité des cerfs dans la persistance de la circulation de l'infection virale de la FCO. Cependant, une circulation à bas bruit dans la population de cerfs ne peut pas être totalement exclue. Des sérologies positives ont

³ d'après, López-Olvera *et al.* (2010), le test PCR permet de détecter la présence du virus de la FCO chez le cerf au maximum 150 jours après son passage, une durée suffisamment longue pour détecter *a posteriori* d'éventuelles infections.

d'ailleurs été observées chez des jeunes cerfs en 2012, qui pourraient s'expliquer par la persistance d'anticorps maternels ou bien, de manière beaucoup moins probable, par une circulation virale à bas bruit.

Compte tenu des éléments ci-dessus, les experts estiment que la place des ruminants sauvages, autres que le cerf élaphe, dans l'épidémiologie de la maladie est probablement négligeable.

Une enquête est envisagée prochainement pour connaître la séroprévalence actuelle de l'infection dans la faune sauvage, au regard de la présente résurgence. Néanmoins, il faut souligner que les premiers départements dans lesquels des foyers de FCO ont été déclarés ne correspondent pas aux zones de fortes densités de populations de cerfs.

En conclusion, parmi les espèces de ruminants sauvages, seul le cerf aurait pu être envisagé comme réservoir de l'infection. Cependant, compte tenu de la baisse conséquente de la séroprévalence dans les populations de cerfs entre 2009 et 2013, des études menées sur la virémie dans cette espèce et de la densité peu élevée de ces populations dans le Massif Central, qui ne facilite pas la diffusion d'une infection, les experts estiment que l'hypothèse d'une résurgence de l'infection à partir de la population de cerfs est peu probable.

b. Dans la population d'animaux domestiques

- Chez les caprins

Dans cette espèce, l'infection est très fugace ([Belbis 2015](#); [Belbis et al. 2013](#)).

Le rôle épidémiologique des caprins vis-à-vis de la persistance de la FCO est donc considéré comme négligeable.

- Chez les ovins

Chez les ovins, la virémie moyenne est de 3 semaines, avec un maximum de 4 semaines ([Bonneau et al. 2002](#)), ce qui ne permettrait pas au virus de survivre à la période d'inactivité vectorielle et en théorie ne permettrait pas d'entretenir une circulation sur le long terme. Le rôle épidémiologique des ovins est donc moins important que celui des bovins (cf. infra). Toutefois, en période d'activité vectorielle, il ne peut être considéré comme négligeable, cette espèce pouvant servir de relai de transmission. La période d'infectivité intra troupeau est en effet plus longue que la simple durée de virémie chez un animal. Par ailleurs, le taux de renouvellement assez élevé de certaines populations ovines (productions laitières) a pu contribuer également à augmenter la population naïve apte à favoriser la circulation virale.

- Chez les bovins

Caractéristiques de l'infection

Dans cette espèce, la virémie dure, selon les auteurs, de 1 mois ([Di Gialleonardo et al. 2011](#)) à 100 jours maximum ([Sperlova and Zendulkova 2011](#)), permettant d'entretenir une circulation sur un plus long terme que celle observée chez les ovins.

L'immunité des animaux est potentiellement longue, mais varie en fonction du type d'immunité développée (naturelle ou vaccinale, et notamment du nombre de vaccins reçus). Une grande majorité des animaux nés avant 2010 pourraient être séropositifs actuellement. Cependant, le niveau d'immunisation est probablement caractérisé par une importante hétérogénéité spatiale liée à l'historique infectieux et/ou vaccinal de ces populations animales et n'a pas été évalué au niveau national⁴.

⁴ La proportion actuelle d'animaux nés avant 2010 a été estimée entre 15 et 30% par départements.

Une immunité protectrice d'au moins un an a été démontrée chez des bovins vaccinés avec des vaccins BTV-8 inactivés (Bluevac-8, Zulvac-8, Alsap-8) ([Wäckerlin et al. 2010](#); [Zanella et al. 2014](#)), et une séropositivité a été mise en évidence jusqu'à 3 ans après la vaccination chez les bovins ([Oura et al. 2012](#)), sans que le degré de protection virologique n'ait été évalué dans cette étude. Il est cependant envisageable que des animaux protégés une année puissent subir une nouvelle infection à bas bruit peu repérable dans les années suivantes.

Par ailleurs, la surveillance événementielle ne révèle que peu de cas cliniques, laissant penser que l'infection actuelle peut être souvent inapparente et donc circuler à bas bruit en échappant ainsi à la surveillance.

Enfin, le taux de renouvellement des troupeaux bovins peut être élevé (notamment en élevage laitier où il est couramment de 25 %) conduisant à la création assez rapide d'une population "naïve" et donc apte à favoriser la circulation virale.

En conclusion, le virus aurait pu circuler à bas bruit sans être détecté, la proportion d'animaux naïfs étant devenue suffisamment élevée en 2015 pour favoriser une résurgence.

Analyse des données de surveillance programmée de 2013 à début 2015

Pour rappel, de nouvelles modalités de la surveillance programmée de la FCO en France continentale ont été mises en place à l'issue de la précédente épizootie, en 2013/2014 et 2014/2015, une fois le statut indemne recouvré. Elles ont été définies de manière à respecter les caractéristiques minimales exigées par la réglementation européenne (CE/1266/2007) pour la surveillance de la FCO en zone indemne : enquête sérologique annuelle permettant de détecter une prévalence de 20 % avec un degré de certitude de 95 % par unité géographique, ce qui correspondait à la réalisation de 15 prélèvements par département et par an.

Les prélèvements devaient être réalisés de préférence sur des bovins de moins de deux ans, n'ayant pas été vaccinés contre la FCO et exposés aux piqûres de culicoïdes (c'est-à-dire mis en pâture pendant l'été). Chaque département, sauf ceux à très faibles effectifs de ruminants, devait donc procéder à des analyses sérologiques sur quinze jeunes bovins issus de trois élevages, pour un objectif national de 1 335 analyses. La nécessité de diriger les prélèvements sur les jeunes bovins de moins de 2 ans était motivée par la volonté d'éviter une difficulté d'interprétation d'un résultat positif, sur des animaux plus âgés susceptibles d'avoir été vaccinés au cours de la précédente épizootie, ou d'avoir été infectés auparavant.

Les analyses sérologiques consistaient en des tests ELISA réalisés par les laboratoires départementaux agréés. En cas de résultats non-négatifs obtenus par un LDA, les animaux suspects étaient à nouveau prélevés pour faire l'objet d'analyses virologiques (RT-PCR), réalisées par le LNR.

Une analyse a été réalisée (cf. Annexe 1) à partir d'une extraction de données de surveillance mises à disposition dans le Centre de service de données en épidémiosurveillance animale (CSD-ESA). L'âge des animaux a été obtenu à partir d'une requête de la Base de données nationale d'identification (BDNI), grâce aux identifiants des animaux testés disponibles dans l'extraction du CSD-ESA.

Cette analyse a mis en évidence plusieurs écarts par rapport aux préconisations dans la réalisation des enquêtes sérologiques : erreurs dans la saisie des identifiants des animaux, non-respect des consignes de réalisation de la surveillance programmée (qui devait être uniquement réalisée sur des animaux de moins de 2 ans d'âge). Beaucoup d'animaux se sont avérés être âgés de plus de 2 ans, comme l'indique le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Année de naissance des animaux positifs

Année naissance	Année de prélèvement		
	2013	2014	2015
1999	0	1	0
2000	1	0	0
2003	1	6	3
2004	1	2	0
2005	4	2	0
2006	0	2	0
2007	2	4	0
2008	6	4	0
2009	4	9	2
2010	2	1	0
2011	20	5	0
2012	34	2	0
2013	0	12	0
2014	-	6	0
Total	75	56	5

A la lumière des cas de FCO détectés en 2015, une analyse fine des données a été réalisée dans le cadre de ce Gecu, en sélectionnant les données relatives aux seuls animaux de moins de 2 ans d'âge et nés après l'interdiction de la vaccination (à partir de 2013). Il s'est avéré que sur les 472 animaux testés en 2014 correspondant à ces critères, 18 (en grisé dans le tableau 1), soit 4%, étaient positifs au test Elisa. Même s'il faut rester prudent dans l'interprétation des données, la proportion observée attribuée à des faux positifs dans cet échantillon s'avère, après cette analyse, supérieure à la proportion attendue compte tenu des valeurs de spécificité des tests ELISA (>99 %), pouvant suggérer une circulation virale en 2014. Enfin, la localisation géographique de neuf de ces cas séropositifs au sein d'un même département conforte cette hypothèse.

Enquêtes menées à partir de septembre 2015 (Source : plateforme ESA)

- *Résultats de l'enquête réalisée dans un rayon de 2 km autour du 1^{er} foyer détecté*

Suite à la découverte du 1^{er} foyer, une enquête a été réalisée du 8 au 14 septembre 2015 dans les élevages situés dans un rayon de 2 km autour de l'élevage concerné. Des analyses PCR ont été réalisées sur 649 bovins et 261 ovins. Parmi les 12 élevages analysés, 11 étaient positifs avec 62 bovins et 8 ovins PCR positifs. La prévalence animale estimée chez les bovins est de 9,5% [7,4% – 12,1%] si on ne considère pas d'effet troupeau.

- *Données de l'enquête programmée nationale suite à la confirmation des cas en septembre 2015*

Une enquête programmée a été réalisée sur la base de prélèvements pour recherche virale par PCR dans soixante élevages bovins par région administrative et trente bovins par élevage dans l'objectif de détecter une prévalence troupeaux minimale de 5% par région et une prévalence intra-troupeau de 10%. Les élevages et les bovins ont été sélectionnés par tirage

au sort. Sur 1 334 élevages et 39 403 bovins analysés entre le 8 septembre et le 20 octobre, 56 résultats PCR positifs ont été trouvés dans 27 élevages localisés dans 9 départements du centre de la France (cf. figure 1). La prévalence troupeau et animale est la plus élevée dans les 50 premiers kilomètres de l'épicentre des foyers (respectivement 50% [30 – 70%] et 4% [3 - 6%]) et diminue rapidement avec la distance. Cette enquête a mis en évidence une circulation virale intense localisée au centre de la France (L. Bournez, communication personnelle).

Le choix d'un échantillonnage par région a été effectué afin d'obtenir une image rapide de la distribution virale. Cependant cet échantillonnage ne permet pas de tenir compte de l'hétérogénéité spatiale de la distribution virale et il est possible que le virus ait été sous détecté dans certaines zones où il circule à faible intensité. Néanmoins, les résultats de cette enquête ont permis de montrer que la circulation du virus est plus élevée dans la zone centrale située autour de la frontière départementale entre l'Allier et le Puy-de-Dôme (image d'un épicentre) avec cependant une prévalence animale assez faible.

En conclusion, compte tenu des caractéristiques actuelles de l'infection, apparemment peu virulente, de la durée de la virémie chez les bovins pouvant être longue, et, dans une moindre mesure de celle des ovins (pouvant servir éventuellement de relais pour la transmission), des résultats de l'analyse de la surveillance programmée et du résultat des investigations réalisées sur les animaux séropositifs, les experts estiment que l'origine probable de cette résurgence est une persistance de la circulation virale de la FCO à BTV-8 à bas bruit, dans le cheptel français, même si les données scientifiques actuellement disponibles ne permettent pas d'expliquer le mécanisme de passage de l'hiver par le virus.

Question n°2

« Quel est votre avis sur les risques de diffusion de la maladie, indépendamment des conditions de mouvements de ruminants domestiques contaminés en France et au-delà de nos frontières ? »

Compte tenu du tableau actuel de l'infection en France (très peu de cas cliniques), les experts ont considéré que la question portait sur les risques de diffusion de l'infection (y compris inapparente) et non sur les risques de diffusion de la maladie *sensu stricto*.

Suite à l'épizootie de 2006-2008 en Europe, plusieurs équipes de recherche ont proposé des modèles pour simuler la propagation de la FCO en fonction de différents paramètres, ainsi que pour évaluer l'impact de mesures de gestion (y compris la vaccination).

Pour répondre à la présente question, le GECU s'est fondé sur une revue bibliographique, réalisée dans le cadre de l'expertise, sur les modèles mathématiques et statistiques publiés pour la FCO (annexe 2), ainsi que sur les expériences vécues au travers des récentes épizooties liées à des maladies virales à transmission vectorielle de même type (BTV-8, BTV-1, Schmallenberg).

1. Revue bibliographique des modèles sur la propagation

Il ressort de ces publications que :

- les trois critères à prendre en compte dans la propagation de la FCO sont :
 - o les mouvements actifs des *Culicoides*;
 - o les mouvements des *Culicoides* portés par les vents (avec des facteurs de variation tels que la température, la pluie et la topographie) ;
 - o les mouvements des animaux infectés ;
- en matière d'importance relative dans la propagation, il n'est pas possible aujourd'hui, sur la base des modèles élaborés à partir de l'épizootie de 2006-2008, de faire la part

entre la diffusion aérienne (active par le mouvement des *Culicoides* et passive par les vents) et la diffusion terrestre (par mouvements d'animaux) ;

- une publication indique que les mouvements passifs des *Culicoides* portés par les vents sur de longues distances au-dessus des terres resteraient marginaux, contrairement à ce qui est classiquement supposé. En effet, [Sedda et al. \(2012\)](#) expliquent, grâce à un modèle de dispersion de *Culicoides*, 94 % des 2 025 foyers de BTV-8 observés en 2006 en Europe. Ils concluent que 54% de ces foyers ont été provoqués par une infection liée à des mouvements de *Culicoides* sur des distances inférieures ou égales à 5 km, 92% sur des distances inférieures ou égales à 31 km et seulement 2 % sur des distances supérieures. [Sedda et al. \(2012\)](#) suggèrent même que beaucoup d'infections apparemment liées au portage de *Culicoides* sur de longues distances résulteraient en réalité de la succession de plusieurs mouvements de plus faible amplitude, de proche en proche. En revanche, ces conclusions ne s'appliquent pas au transport de *Culicoides* au-dessus des masses d'eau, puisque les modèles actuels comme celui de dispersion atmosphérique de [Burgin et al. \(2013\)](#) tendraient à confirmer les observations entomologiques en faveur d'un transport de *Culicoides* sur de longues distances au-dessus des mers : c'est d'ailleurs l'hypothèse retenue pour expliquer l'introduction du BTV-8 en Angleterre à partir de l'Europe continentale.
- les mouvements actifs des *Culicoides* (y compris contre le sens du vent) ne sont pas à négliger. Cependant, les distances ainsi parcourues resteraient au maximum de l'ordre d'un ou deux kilomètres par jour ([Kluiters et al. 2015](#)), et donc le plus souvent à l'intérieur de la zone réglementée ;
- la progression de l'infection par les *Culicoides* semble inexorable en l'absence de la vaccination généralisée (des taux de 90 % de couverture vaccinale sont avancés par [Szmaragd et al. 2010b](#)) pour maîtriser la progression de l'infection).

2. Récentes épizooties liées aux virus BTV-8, BTV-1 et Schmallenberg

De ces expériences récentes, les experts concluent que :

- La propagation des infections a globalement pris l'allure d'une diffusion en « tache d'huile », plus en faveur d'une propagation majoritairement aérienne, que d'une diffusion dominée par les mouvements d'animaux (expérience de la diffusion du virus Schmallenberg), même si ce mode de propagation ne peut être généralisé⁵.
- En outre, il y a une similitude entre la diffusion « en tache d'huile » de la maladie de Schmallenberg, pour laquelle les mouvements des animaux n'étaient pas réglementés et celle des infections à BTV-8 et BTV-1, pour lesquelles les mouvements étaient réglementés. Ceci peut plaider en faveur d'un rôle minoritaire des mouvements d'animaux dans la diffusion de ces maladies à transmission vectorielle ;
- il n'a pas été possible d'empêcher la propagation inexorable de l'infection, par les *Culicoides*, hors des zones réglementées au cours des épizooties à BTV-8 et BTV-1 ;
- même si l'on n'en connaît pas avec précision les mécanismes, il est avéré que le virus persiste pendant l'hiver et qu'il y a reprise de la circulation virale par les *Culicoides* au printemps.

⁵ Exemple lors de la précédente épizootie, de l'introduction du BTV-1 en Bretagne, alors que le front BTV-1 à l'époque était en Charentes Maritimes

3. Situation actuelle

- La surveillance programmée par PCR mise en œuvre au début de l'épizootie (cf. figure 1) met en évidence un regroupement d'une majorité de foyers dans le secteur du Massif Central (prévalence troupeau de 50 % [IC 30 – 70 %] dans une zone nord Puy de Dôme-sud Allier, diminuant fortement dans un rayon de 50km.

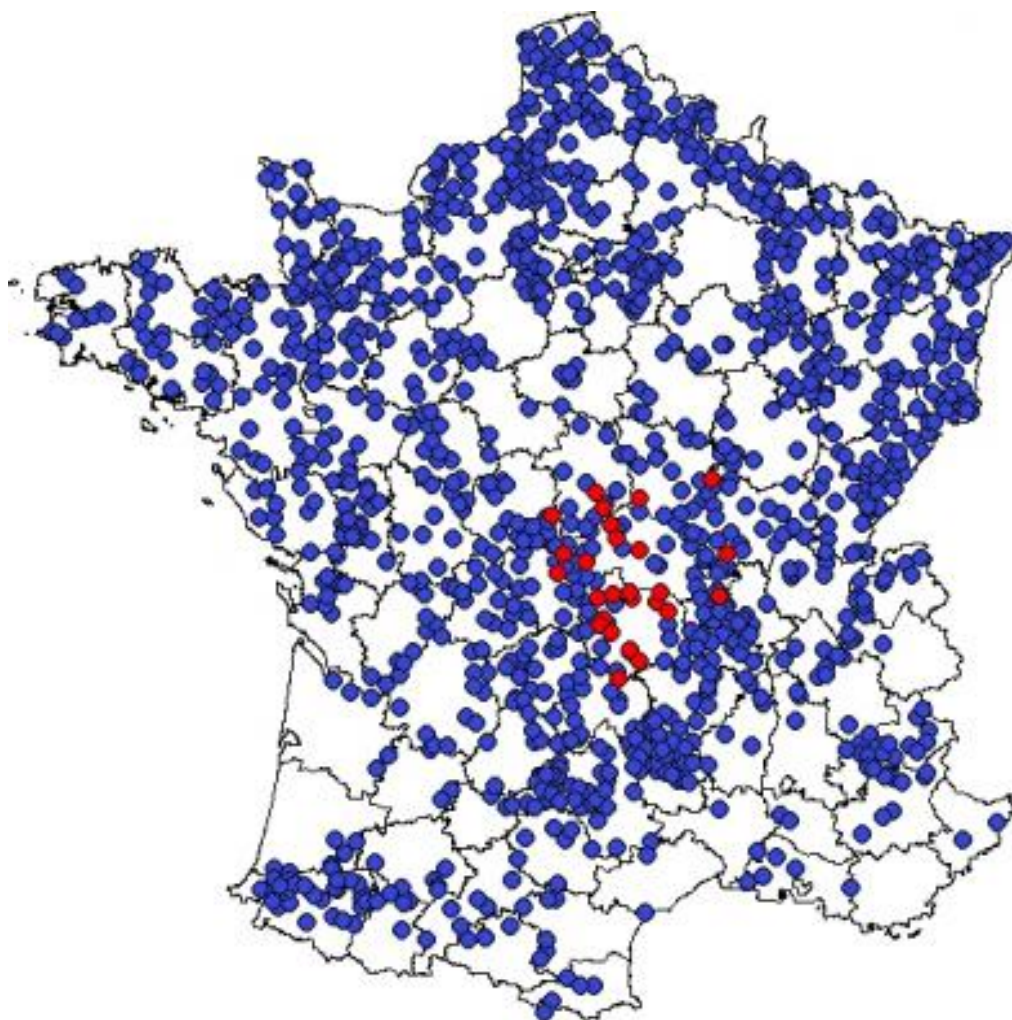


Fig. 1 : Résultat de la surveillance programmée au 30 octobre 2015

En rouge : élevages confirmés infectés en FCO BTv-8

En bleu : élevages dans lesquels le virus FCO n'a pas été détecté chez les bovins prélevés

([Bournez 2015a](#))

Cependant, le taux de prévalence limite (TPL) de cette surveillance, d'une valeur d'environ 5 % au niveau régional, variait de 8 à 30 % selon les départements. Comme indiqué précédemment, il convient donc d'être prudent quant aux conclusions à tirer de ces résultats : s'il apparaît possible de considérer que la situation particulière du Massif Central puisse (pour des raisons encore inconnues) constituer le point de départ d'une épizootie, il n'est, en revanche pas possible, d'affirmer qu'il n'y avait pas, au moment de cette enquête nationale, de cas inapparents dans d'autres régions de France.

- Les résultats de la surveillance événementielle font état de seulement 11 foyers déclarés avec des symptômes cliniques, sur un total de 120 foyers (au 27/11/2015). Le nombre de cas cliniques observés actuellement est très inférieur au nombre observé entre juillet

- Les données de prévalence animale (entre 3 et 6 % dans les 50 premiers kilomètres de l'épicentre des foyers) ainsi que le rapport des animaux PCR positifs sur le nombre d'animaux testés (56 positifs pour 5 628 PCR réalisées dans les 9 départements trouvés infectés au cours de l'enquête programmée), ajoutés au peu de cas cliniques enregistrés, dessinent un modèle de circulation d'infection enzootique, comparable à d'autres maladies connues pour leur caractère enzootique.
- La déclaration des foyers depuis le début de l'épizootie (*cf.* figure 2), ainsi que l'extension de la zone réglementée (zone désormais unique), donne une impression de propagation de l'infection dans le sens Nord à Sud-Est, les régions Ouest et Nord restant pour le moment épargnées.

• Foyers confirmés de FCV
 Zone réglementée

Page 13 / 56

- La fusion des zones de protection et des zones de surveillance en une seule « zone réglementée » (ZR), incluant les départements situés à moins de 150 kilomètres d'un foyer, a pour conséquence de ne pas imposer de restriction aux mouvements d'animaux dans l'ensemble de cette zone. Il convient donc de prendre en compte, dans l'évaluation de la propagation de l'infection, la possibilité pour un animal contaminé d'être déplacé vers la périphérie de la ZR et d'être éventuellement le point de départ d'un relai d'infection par des *Culicoides*. Ce phénomène accélérerait la propagation de l'infection hors de la ZR.

4. Réponse à la question 2

Considérant l'ensemble des éléments fournis par la revue bibliographique des modèles de propagation de la FCO, les expériences des récentes épizooties vectorielles à BTV-8, BTV-1 et Schmallenberg, ainsi que les données de la présente épizootie, les experts concluent que :

- Le niveau de surveillance actuel de l'infection (TPL élevés), couplé à la faible proportion de cas cliniques (contrairement à l'épizootie 2006-2008), ne permettent pas d'exclure une circulation à bas bruit de BTV-8 dans d'autres régions de France, même si la surveillance programmée a mis plus particulièrement en évidence des cas regroupés dans le Massif Central.
- En l'absence de moyens de lutte suffisants (tels que la vaccination généralisée), la progression de l'infection par le biais des *Culicoides* est inexorable, y compris hors de la zone réglementée, d'autant que l'existence d'une ZR unique, sans restriction de mouvements d'animaux, facilite la propagation à partir d'un animal contaminé, pouvant être en bordure de zone.
- Ces précédents éléments, couplés à la possibilité du passage hivernal du virus BTV-8, rendent très probables la reprise et la progression de l'infection au printemps, au-delà de la zone réglementée, à la fois en France et dans les pays voisins.
 - o L'impression actuelle d'une diffusion dans le sens Nord à Sud-Est laisse à penser que les pays situés au voisinage de la ZR (Sud et Sud-Est de la France) seront très probablement touchés. Même si des barrières naturelles (altitude) et la plus faible densité d'élevages de ruminants peuvent ralentir la propagation, elles ne peuvent pas nécessairement l'arrêter (existence de vallées, activités de transhumance, etc. ...).
 - o Il n'est cependant pas possible d'exclure l'hypothèse que des pays voisins situés au nord et à l'est de la France soient également concernés par la progression de l'infection, compte tenu des expériences précédentes.
- Enfin, le Gecu souligne que, compte tenu des caractéristiques enzootiques de l'infection et en cas d'absence de vaccination généralisée, il faudrait s'attendre à devoir vivre avec cette maladie pendant plusieurs années.

Question n°3

« D'après les connaissances disponibles sur le vaccin Calier, une immunité assez fiable pour permettre la sortie des ovins de zone réglementée à un risque faible à négligeable apparaît-elle avant le délai de 42 j indiqué par le RCP ? »

Les experts rappellent que les données relatives à l'obtention des Autorisations de Mise sur le Marché (AMM) des vaccins sont confidentielles et ne peuvent être diffusées au travers de cette expertise. Suite à une demande de modification de l'AMM par la firme Calier pour le vaccin PRIMUN BLUETONGUE S1-8 ONE SHOT, une mise en place de l'immunité à 33 jours a été retenue pour les sérotypes 1 et 8. Le Résumé des Caractéristiques du Produit (RCP) a été modifié en conséquence.

Questions n°4 et 5

« Quel est votre avis sur le risque de dissémination de la maladie via des mouvements d'animaux non vaccinés issus de zones réglementées à destination de zones indemnes qui se réalisent dans les conditions de dérogation décrites dans la note de service 2015-944, en date du 06/11/2015, en particulier la dérogation générale basée sur une désinsectisation puis dépistage PCR avant le départ, puis une désinsectisation et confinement des animaux à l'arrivée en zone indemne, suivi d'un dépistage PCR au bout de 14 jours ? Dans quelle mesure ce risque est-il influencé par l'activité vectorielle au départ, à destination ? »

Ces questions ont trait aux dérogations de sortie de zone réglementée et posent essentiellement le problème de l'efficacité de la désinsectisation, de l'intérêt d'un éventuel confinement et de l'influence de l'activité vectorielle.

1. Efficacité de la désinsectisation

La désinsectisation reste aujourd'hui réalisée au moyen de pyréthrinoïdes. La plupart de ces pyréthrinoïdes ont une indication chez les ovins et bovins contre les mouches, poux, tiques ainsi que contre les mélophages chez les ovins. Les pyréthrinoïdes n'ont pas d'indication d'utilisation chez les caprins. **Cependant, il faut rappeler qu'aucune de ces spécialités n'indique une prévention et/ou traitement contre des *Culicoides*.**

Plusieurs travaux d'expertise se sont attachés à synthétiser les connaissances disponibles concernant le contrôle des *Culicoides* ([AFSSA 2009](#); [CNEV 2012](#); [EFSA 2008](#); [Venail 2014](#)). Depuis 2014, peu de nouvelles études ont été publiées. Une synthèse des connaissances est présentée ci-dessous.

- Mode d'application de l'insecticide

Deux types d'administration des traitements insecticides sur les animaux sont envisageables :

- les applications en « pour-on », mode d'administration le plus utilisé en France, par lequel le produit est assez variablement diffusé, entraînant des disparités de répartition et de concentration selon les différentes parties du corps.
 - o Ainsi [Stendel et al. \(1992\)](#) démontrent que la concentration de fluméthrine appliquée en « pour-on » varie de 670 à 1 µg par gramme de poils, un jour après application, en fonction de la distance au site d'application. Dix jours après application, les concentrations varient de 44,0 à 0,9 µg par gramme de poils. Ces auteurs

(appartenant au groupe Bayer, qui commercialise le produit testé) considèrent que les quantités retrouvées sont suffisantes pour lutter contre les tiques.

- o Les poils de chèvre traités avec de la perméthrine réduisent le taux de gorgement (système artificiel) de *Culicoides* de 99 à 100 % pendant 40 jours (66 % à 70 jours) si les poils proviennent du dos de l'animal (où l'insecticide est appliqué) ([Mullens 1993](#)). La réduction est de 98 % à 20 jours si les poils proviennent de la tête de l'animal, puis de 60 % à 40 jours et de 30 % à 70 jours (différence non significative). En revanche, la réduction est de 50 % à 6 jours après traitement si les poils proviennent du ventre de l'animal, puis 20 % à 40 jours et 0 % à 70 jours (différences non significatives) ([Mullens 1993](#)). Par ailleurs, les gorgements incomplets sont plus importants dans les dispositifs contenant des poils d'animaux traités.
- o Dans un autre essai avec une solution « pour-on » de perméthrine (3 ml/45 kg d'une solution de 5 % par veau, soit environ 20 mg/m²), l'effet anti-gorgement est évalué entre 3 et 56 jours post-application, avec des poils prélevés à différents endroits du dos, flanc et ventre. Aucune différence significative n'est mise en évidence pour aucune date quelle que soit la région d'où proviennent les poils ([Mullens et al. 2000](#)). Cette absence de diminution du niveau de gorgement est confirmée lorsque les animaux sont naturellement exposés aux piqûres de *Culicoides* sur le terrain. Néanmoins, le pourcentage de gorgement est négativement corrélé avec la concentration d'insecticide dans les poils. Cette quantité est toujours plus importante sur le dos que sur les flancs ou que sur le ventre. Cette différence entre les 3 zones est d'autant plus importante que le temps après traitement s'allonge ([Mullens et al. 2000](#)).
- Les applications par aspersion, permettent une répartition homogène du produit sur le corps de l'animal traité et pourraient donc fournir une efficacité homogène sur l'ensemble du corps. Toutefois ce mode d'administration semble difficilement applicable sur le terrain, compte tenu des quantités de produits nécessaires et de contraintes d'application plus lourdes (nécessité de tunnels d'aspersion, inexistants en France).

- Efficacité de la protection des animaux suite à traitement insecticide

Beaucoup d'études consacrées au sujet sont australiennes. En effet, en Australie, les zones d'élevage sont situées au sud du continent en zone indemne, alors que les ports d'exportation d'animaux sont situés au nord, en zone infectée. La problématique de ces études est de trouver un moyen de protéger les animaux pendant le transport.

Le protocole expérimental est relativement constant ([Doherty et al. 2004](#); [Doherty et al. 2001](#); [Melville et al. 2005](#); [Melville et al. 2001](#)) : des collectes de *Culicoides* sont réalisées par aspirateur à bouche directement sur les animaux (plus rarement par pièges lumineux à l'intérieur d'un enclos) sur lesquels sont appliqués des insecticides. L'efficacité des insecticides est estimée en pourcentage de réduction du nombre de *Culicoides* (gorgés ou non) par rapport à un groupe témoin. L'expérimentation est réalisée pendant quelques jours post-application, un effet de protection de courte durée étant suffisant dans le contexte australien (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Pourcentage de réduction du nombre de *Culicoides* gorgés ou non en fonction du nombre d'heures après application (les doses appliquées ne sont pas connues, elles suivent en principe les recommandations des fabricants)

Espèce	Principe actif				
	Deltaméthrine	Fenvalerate	Perméthrine	Cyperméthrine	Ref
<i>C. brevitarsis</i>	« Pour-on » 29/33 % (2,5 h) 73-91/75-86 % (10-52 h)*			Aspersion 43/39 % (2,5 h) 66*/28 % (10 h) 77-85/84-93 % (27-52 h)*	[1]
<i>C. actoni</i>	Non précisé 56/82 % (10-58 h)*	Non précisé 56/72 % (10-58 h)*	Non précisé 53/67 % (10-58 h)*		[2]
<i>C. brevitarsis</i>	98 % (10-58 h)*	93 % (10-58 h)*	94 % (10-58 h)*		
<i>C. fulvus</i>	59 % (10-58 h)*	51 % (10-58 h)*	49 % (10-58 h)*		
<i>C. peregrinus</i>	71 % (10-58 h)*	63 % (10-58 h)*	58 % (10-58 h)*		
<i>C. brevitarsis</i>		Spray 90/96 % (1-52 h)*	Spray 82/90 % (1-52 h) *		[3]
<i>C. wadai</i>		89/96 % (1-52 h)*	82-90 % (1-52 h) *		
<i>C. oxystoma</i>	Non précisé 99 % (8 h)*				[4]
<i>C. peregrinus</i>	98 % (8 h)*				

Légende :

73-85/75-86 % (10-52 h)* signifie une réduction de 73 à 85 % des *Culicoides* non-gorgés et de 75 à 86 % des *Culicoides* gorgés (si un seul chiffre est donné, il concerne les non-gorgés) entre 10 et 58 heures post-application.

L'astérisque signifie que les p-values des tests effectués sont < 0,05.

Dans l'étude [3], la perméthrine est appliquée en association avec d'autres répulsifs.

[1] [Doherty et al. \(2001\)](#) ; [2] [Melville et al. \(2001\)](#) ; [3] [Doherty et al. \(2004\)](#) ; [4] [Melville et al. \(2005\)](#)

Il est ainsi montré que l'application sur les animaux de solution à base de pyréthri-noïdes permet de diminuer le nombre de *Culicoides* attaquant les animaux pendant un laps de temps s'étalant au moins de 8 à 58 heures. Cette diminution semble varier plus entre espèces de *Culicoides* (de 51 % à 93 % avec le fenvalerate suivant les espèces dans le même protocole) qu'entre produits, même si la non-indication des doses appliquées est un facteur limitant l'interprétation. Le nombre de *Culicoides* gorgés est souvent, mais pas toujours, plus fortement réduit que celui des *Culicoides* non-gorgés, laissant supposer un effet anti-gorgement sur les *Culicoides* s'étant posés sur l'animal ([Doherty et al. 2004](#); [Doherty et al. 2001](#); [Melville et al. 2001](#)).

De plus, [Mullens et al. \(2000\)](#) utilisent le même schéma expérimental pour mesurer l'effet d'une solution de perméthrine pulvérisée (250 ml à 0,2 %) sur le ventre de veaux sur le taux d'attaque de *C. sonorensis* (vecteur américain du virus de la FCO). Ce traitement réduit fortement (autour de 87 %) le nombre de femelles gorgées collectées aux 3^e et 7^e jours après application, mais n'a plus d'effet décelé à 10 jours ([Mullens et al. 2000](#)).

Plus récemment, d'autres études, plus proches du contexte européen, ont été réalisées en collectant des *Culicoides* directement ou à proximité d'animaux traités à l'aide de produits commerciaux et en les comparant à des collectes autour d'animaux non traités (cf. tableau 3). Les données démontrent que les insecticides appliqués en «pour-on» ont une certaine efficacité pour protéger les animaux contre les piqûres des *Culicoides*, mais que cette protection n'est pas de 100 %. Par ailleurs, il est important de souligner que **l'effet protecteur nécessite un délai d'un jour** pour se mettre en place, et est à rapprocher du temps nécessaire à la diffusion du produit.

Tableau 3 : Efficacité répulsive de différentes formulations contre les *Culicoides* évaluée en les collectant à proximité d'animaux traités (données complétées à partir de [Venail \(2014\)](#)).

Substance active	Produit	Espèce	Animal traité et dosage	Conclusions	Référence
Deltamethrine	Butox® 7.5	<i>C. obsoletus</i> <i>C. parroti</i>	Ovin: 10 ml étalés sur tout le corps 7,5 g s.a./l	Traités: pas de gorgement 0-4 j.a.t. Mais très peu d'individus collectés au cours de l'étude	Mullens et al. (2010)
		<i>Culicoides</i> sp.	Ovin : 10 ml sur l'échine 7,5 g s.a./l	Diminution (sauf à J14) du nombre de <i>Culicoides</i> capturés sur le groupe traité. Efficacité de 0 % (2 s.a.t.) à 71 % (3 s.a.t.) Diminution du taux de gorgement sur les 5 semaines de l'étude. Efficacité moyenne de 86,4 % sur les 5 semaines.	Weiher et al. (2014)
Permethrine + DEET	Flymax® (6 mg/ml perméthrin et 20 mg/ml DEET + PBO)	<i>C. obsoletus</i> <i>C. pulicaris</i>	Chevaux 3 pulvérisations de 0, 2 ml sur chaque côté du cou, abdomen, flanc et dos et 2 pulvérisations sur la croupe	Pas d'effet répulsif	Lincoln et al. (2015)

Légende : j.a.t: jours après traitement

s.a.t: semaines après traitement

- Effet des formulations insecticides sur la mortalité des *Culicoides*

L'évaluation des formulations insecticides sur la mortalité des *Culicoides* est généralement réalisée en laboratoire et en conditions semi-contrôlées en exposant des *Culicoides* avec des poils d'animaux traités. La mortalité est ensuite suivie dans le temps.

Les différentes formulations évaluées montrent des efficacités variables, comprises entre 60 et 100 % jusqu'à 4 à 5 semaines après traitement (tableau 4), lorsque les *Culicoides* sont mis en contact direct avec les poils traités.

Tableau 4 : (d'après [Venail \(2014\)](#)) : Efficacité létale de différentes formulations insecticides (appliquées sur les animaux) contre les *Culicoides*, évaluée en les exposant aux poils coupés d'animaux traités

Substance active	Produit	Espèce	Animal traité et dosage	Résultats	Référence
Alpha-cyperméthrine	Dysect Cattle® «Pour-on»	<i>C. nub</i>	Bovin: 10 ml (dos) (15 g s.a/l)	Mort. 80-100 % à 21 j.a.t. (poils de dos, ventre et pattes)	Papadopoulos et al. (2009)
	Dysect Sheep® «Pour-on»	<i>C. nub</i>	Ovin: 20 ml (dos) + 20 ml (queue-côtés) (12.5 g s.a./l)	Mort. 60-80 % à 28 j.a.t. (poils de dos, ventre et pattes)	Papadopoulos et al. (2009)
Cyfluthrine	Bayofly® «Pour-on»	<i>C. sp</i>	Bovin: 10 ml Ovin: 1, 2 et 5 ml (10 g s.a/l)	Mort. 100 % à 21 j.a.t. Mort. 100 % à 21 j.a.t. (1, 2 ml) et 35 j.a.t. (5 ml)	(Mehlhorn et al. 2008b)*
Cyperméthrine	Deosect® Pulvérisation	<i>C. nub</i>	Cheval: 10 ml/500 ml d'eau (5.0%, g/l)	Mort. 60 % à 35 j.a.t. (dos et ventre) 60 % à 21 j.a.t (pattes)	Papadopoulos et al. (2010)
Deltaméthrine	Butox® 7.5 «Pour-on»	<i>C. obs</i>	Bovin: 30 ml (dos) Ovin: 10 ml (dos) (7.5 g s.a./l)	Mort. 100 % à 35 j.a.t.	Schmahl et al. (2009a) *
		<i>C. sp</i>	Bovin: 30 ml (dos) Ovin: 2 ml (tête) + 2 x 4 ml côtés et pattes	Bovins et ovins: Mort. 100 % à 28 j.a.t.	Mehlhorn et al. (2008a) *
	Versatrine® «Pour-on»	<i>C. sp</i>	Bovin: 10 ml and 20 ml (dos) Ovin: 5 ml and 10 ml (dos) (1 g s.a/l)	Mort. 100 % à 35 j.a.t.	Schmahl et al. (2009a) *
Fenvalérate	Acadrex® 60 Pulvérisation	<i>C. sp</i>	Bovin: 20 ml/l tout le corps Ovin: 20 ml/l tout le corps (60 g s.a./l)	Mort. 100 % à 35 j.a.t.	Schmahl et al. (2009b) *
	Arkofly® Spray (aérosol)	<i>C. sp</i>	Bovin et Ovin: 5 s dos, côtés et ventre (60 g s.a./l)	Mort. 100 % à 35 j.a.t.	Schmahl et al. (2009b) *
Perméthrine	Flypor® «Pour-on»	<i>C. sp</i>	Bovin: 40 ml (dos) Ovins: 10 ml (dos et côtés) (40g/l)	Mort. 100 % à 35 j.a.t.	Schmahl et al. (2009b) *

Légende :*C. nub* : *C. nubeculosus* *C. sp* : toutes les espèces *C. obs* : *C. obsoletus*

s.a. : substance active

mort. : mortalité

j.a.t: jours après traitement

* Pour toutes ces études, les résultats sont à interpréter avec prudence compte-tenu de l'absence de témoin ou de l'absence de mortalité chez les *Culicoides* capturés sur le terrain et utilisés comme témoin.

Ainsi, il apparaît que les *Culicoides* mis en contact avec des poils d'animaux traités par des pyréthrinoïdes peuvent subir des mortalités importantes. Cette mortalité induite n'entraîne pas à proprement parler d'effet protecteur sur l'animal traité (qui pourrait toujours se faire piquer par un *Culicoides* infecté, même si ce dernier mourait par la suite), mais doit induire une protection collective en diminuant la probabilité qu'un *Culicoides* se gorgeant sur un animal virémique mais traité puisse transmettre de nouveau le virus. Par ailleurs, les études menées par [Venail et al. \(2011\)](#) laissent penser que cette mortalité induite serait beaucoup moins importante et moins durable si le *Culicoides* rentre en contact avec les parties glabres de l'animal traité.

- Protection des animaux contre la transmission de la FCO par traitement insecticide

Peu d'études ont essayé de mesurer le niveau de séroconversion au sein de troupeaux témoins ou traités avec des pyréthrinoïdes.

Une étude australienne compare 5 groupes d'animaux, 1 témoin, 1 recevant des boucles insecticides au diazinon, les 4 autres étant traités chaque semaine avec des solutions de deltaméthrine, fenvalérate ou fluméthrine ([Melville et al. 2004](#)). Dans cette étude, le risque de transmission du virus d'Akabane diminue significativement avec la deltaméthrine (RR = 18, p = 0,002) et avec le fenvalérate (RR = 8, p = 0,02).

Une autre étude ([Mullens et al. 2001](#)) a comparé des bovins traités par des pulvérisations de 250 ml d'une solution à 0,2 % de perméthrine (Atroban® 11% EC) toutes les deux semaines et un groupe d'animaux témoins (la dose appliquée était faible). Aucune différence significative n'a été mise en évidence. En effet, à la fin de l'étude, 59 animaux avaient séroconverti sur les 106 traités (56 %) contre 56 sur les 117 non traités (48 %).

En conclusion

Les données disponibles relatives à la désinsectisation des animaux montrent que le traitement permet :

- de diminuer le taux d'attaque et le taux de gorgement (un animal traité est moins piqué) et,
- d'infliger une surmortalité aux *Culicoides* venus au contact de l'animal traité.

Néanmoins, on constate que l'efficacité (protection ou mortalité induite) peut être variable en fonction de la zone de l'animal (distance par rapport à la zone d'application du produit ou zone glabre/pelage), ce qui est à rapprocher des limites de diffusion du produit, plutôt qu'à un manque d'efficacité intrinsèque des substances actives. En cas d'utilisation d'un produit «pour-on», un délai de 24 heures, correspondant au temps de diffusion sur tout le corps, est nécessaire avant d'obtenir une protection optimale (l'efficacité de l'insecticide au cours des 14 jours suivant application est détaillée en réponse à la question 6).

La désinsectisation pourrait être plus efficace en cas d'administration par aspersion (qui permet une répartition homogène de l'insecticide sur l'animal) que lors d'administration sous forme de « pour-on » bien qu'il n'existe pas d'étude pour le démontrer. Cependant, l'administration sous forme de « pour-on » est actuellement le mode d'administration le plus appliqué en France et probablement le seul applicable dans la plupart des cas.

La durée de l'effet des insecticides n'est pas toujours évaluée précisément dans les études. L'effet protecteur contre les piqûres semble de plus courte durée que la surmortalité induite, et connaît la même variabilité que pour le degré d'efficacité.

Ainsi, les traitements insecticides des animaux n'offrent pas une protection à 100 % efficace contre la piqûre des *Culicoides*, mais ils diminuent certainement la pression d'infection sur les animaux traités et limitent ainsi le risque de la transmission, sans que l'on ne sache précisément à quel degré.

Par ailleurs, une protection optimale contre les *Culicoides* ne peut être assurée qu'en respectant le protocole de traitement prescrit.

2. Protection des animaux et confinement

Les *Culicoides* sont considérés comme des insectes préférentiellement exophages, même si certaines espèces sont tout à fait capables de pénétrer dans les bâtiments pour piquer les animaux.

[Baylis et al. \(2010\)](#) ont cherché à évaluer l'effet protecteur du confinement à l'intérieur de bâtiment de bovins (Pays de Galle), en utilisant un protocole rigoureux (carré latin, testant présence/absence d'animaux et intérieur/extérieur). Dans les 4 fermes de l'expérience, en mai et juin, la présence d'animaux réceptifs augmente les captures de *C. obsoletus* de 2,3 fois, et les pièges à l'extérieur capturent 6,5 fois plus d'insectes que les pièges à l'intérieur. Le même schéma est retrouvé en octobre, mais la différence entre les captures à l'intérieur et à l'extérieur est réduite (il est difficile de savoir si cette réduction est liée à une moindre activité des *Culicoides* à l'extérieur à cause de températures plus basses ou du vent, ou si c'est l'efficacité du piégeage qui est elle-même altérée par ces facteurs météorologiques). Les auteurs suggèrent que la différence du rapport intérieur/extérieur entre les fermes est liée au degré d'ouverture du bâtiment. Cette relation avait été mise en évidence par [Barnard \(1997\)](#) dans un contexte d'Afrique du Sud (*C. imicola* et chevaux). Les travaux de [Viennet et al. \(2012\)](#) confirment cette relation entre degré d'ouverture du bâtiment et capacité des *Culicoides* à pénétrer dans les bâtiments.

Dans ces études, il est souligné la possibilité de se référer à la notion de bâtiments agréés « à risque maîtrisé vis-à-vis des vecteurs » (ou « vecteur-proof »). En France, cette notion reste aujourd'hui théorique, dans la mesure où de tels bâtiments n'existent pas sur le territoire. Néanmoins, il est possible de prendre en compte les critères les plus importants pour assurer un confinement efficace : préférer des petites ouvertures, respecter un temps d'ouverture le plus court possible, etc. Par ailleurs, le respect des bonnes pratiques d'élevage, notamment en ce qui concerne les effluents d'élevage, doit participer à limiter les populations de *Culicoides*, mais dans une proportion difficilement quantifiable ([Zimmer et al. 2014](#)).

Une publication suisse (traitant de la protection des chevaux contre les *Culicoides*) propose l'utilisation de moustiquaires ([Lincoln et al. 2015](#)). Cependant, le mode de détention des chevaux étant peu comparable au mode d'élevage des ruminants, et le nombre d'animaux concernés étant nettement plus important dans le cas présent, les experts estiment aujourd'hui qu'un tel aménagement est plus difficilement applicable aux animaux concernés par la saisine, sauf conformation particulière des bâtiments d'élevage.

En conclusion

Même si des bâtiments agréés « à risque maîtrisé vis-à-vis des vecteurs » n'existent pas en France, il est possible de mettre en place des mesures pratiques qui permettront d'assurer une certaine efficacité au confinement : ouvertures de petite taille, temps d'ouverture réduit et nettoyage approprié des bâtiments.

Toutefois, les experts soulignent que certaines mesures de confinement peuvent être en opposition avec les bonnes pratiques d'élevage habituellement préconisées pour prévenir des maladies telles que les infections respiratoires et digestives.

3. Influence de l'activité vectorielle

Compte tenu de la voie de transmission majoritaire de la FCO par les *Culicoides*, l'activité vectorielle influence le risque de dissémination du virus.

L'activité vectorielle dépend notamment de la température extérieure, les *Culicoides* étant sensibles aux variations de températures. Lors de transfert d'animaux de la zone réglementée vers une zone indemne, si la température est élevée (au départ / à l'arrivée des animaux), l'activité

vectorielle est plus forte et le risque que l'animal soit infecté au départ et/ou puisse être piqué par des *Culicoides* à l'arrivée augmente, pouvant entraîner alors une dissémination du virus au sein du cheptel d'accueil, ou dans les cheptels environnants.

En pratique, à la date de cette saisine, il sera tenu compte de 2 amplitudes de température correspondant à des activités vectorielles distinctes :

- température inférieure à 10 °C, associée à une absence d'activité de vol des vecteurs et de réplication de virus chez les vecteurs ([Carpenter et al. 2011](#); [Tsutsui et al. 2011](#)).
- température supérieure à 10 °C, associée à une activité vectorielle non nulle.

En conclusion :

La période hivernale est associée à une diminution de l'activité vectorielle, voire à un arrêt de cette activité, la température de 10°C étant un seuil à prendre en considération. Cela se traduit donc par un risque beaucoup plus faible (voire nul quand la température est très basse) de contamination des animaux au cours de cette période, les experts considérant comme infime la possibilité qu'un *Culicoides* puisse transmettre le virus en hiver, à l'intérieur de bâtiments d'élevage.

4. Réponse aux questions n°4 et 5

Les conditions de dérogation décrites dans la note de service DGAL/SDSPA/2015-944, en date du 06/11/2015, indiquent que les animaux d'élevage et d'engraissement peuvent aller de la zone réglementée vers la zone indemne à condition de respecter la condition suivante :

- « Au départ de ZR : *préalablement au mouvement, 14 jours de protection contre les vecteurs (désinsectisation) et dépistage PCR avec résultat négatif au plus tôt 7 jours avant la date du mouvement, à la charge du détenteur*

ET

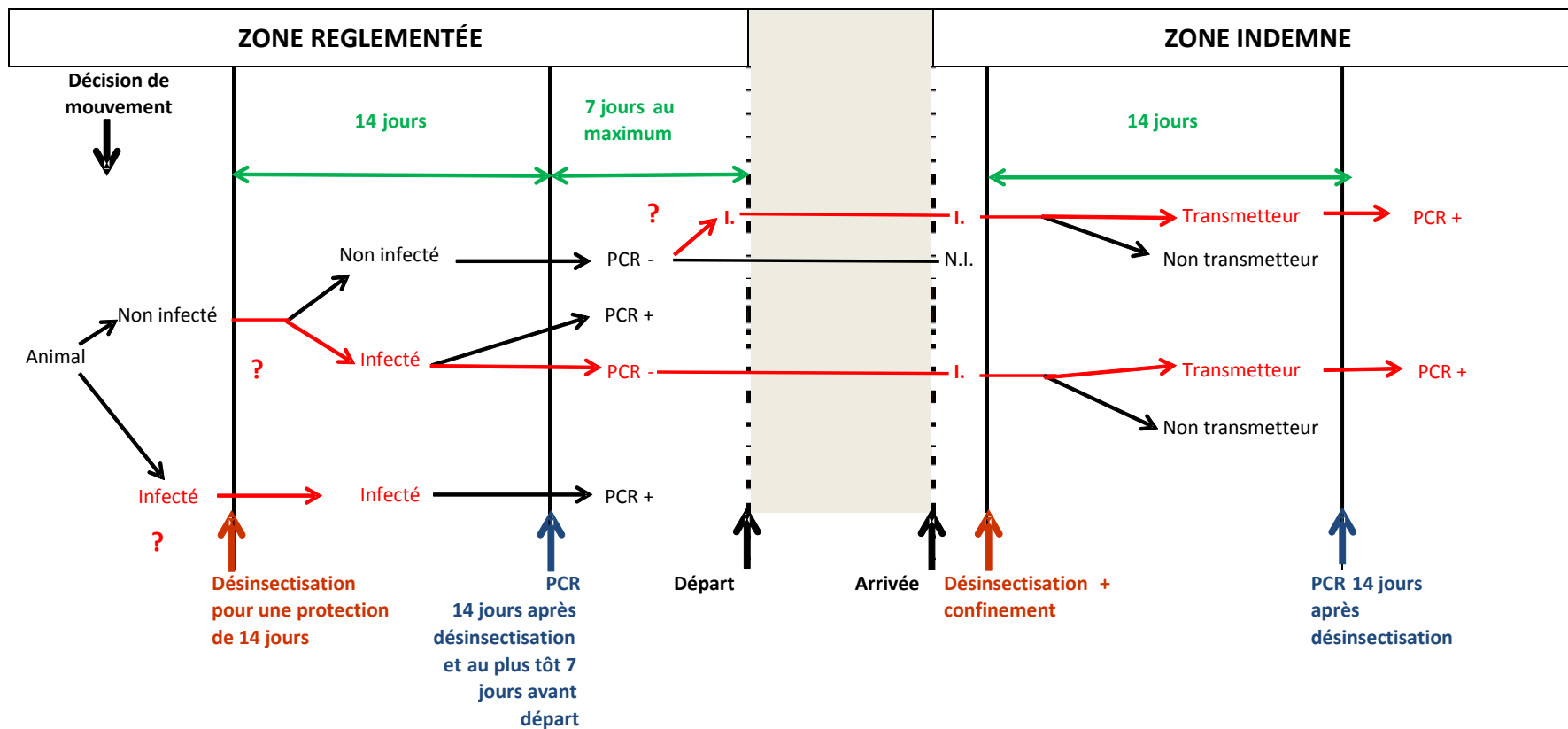
- A l'arrivée en ZI : *désinsectisation immédiate à l'arrivée + confinement selon les dispositions de l'annexe I, pendant 14 jours puis dépistage PCR avec résultat négatif, à la charge du détenteur.*»

Les experts ont analysé la situation au regard des périodes d'activité ou d'inactivité vectorielle.

4.1 En période d'activité vectorielle

L'évaluation du risque repose sur le schéma des scénarios possibles (cf. figure 3), lors du déplacement d'un animal non vacciné, de la zone réglementée vers une zone indemne.

Figure 3 : Schéma des scénarios possibles de dissémination de la maladie aux conditions précitées



3 scénarios (①, ② et ③) envisagent le devenir d'un animal infecté au cours d'un tel déplacement.

La probabilité de survenue de chaque évènement est estimée qualitativement. Ces estimations reposent sur 2 postulats :

- la désinsectisation est réalisée dans les règles de l'art ;
- la sensibilité de la méthode de détection par PCR est de 90 % à 7 jours et proche de 100 % à 14 jours.

Compte tenu du fait que l'infection ne semble pas circuler intensément (56 animaux PCR positifs sur 5 628 PCR réalisées dans 9 départements au cours de l'enquête programmée – données plateforme ESA -épidémiosurveillance en santé animale-, au 25/11/2015), les experts estiment la probabilité pour un animal non désinsectisé, situé dans la zone réglementée, d'être contaminé par un *Culicoides*, entre 3 et 4 sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « extrêmement faible » à « très faible »). Cette probabilité est ensuite modulée en fonction des modalités de désinsectisation.

- Scénario ① : ce scénario suppose qu'un animal non infecté ait été contaminé après désinsectisation et après le contrôle PCR négatif, soit au maximum 7 jours avant le départ et qu'en zone indemne, il transmette l'infection en étant piqué par des *Culicoides*, malgré la désinsectisation à l'arrivée, avant sa détection par PCR.

La probabilité de survenue de ce scénario dépend :

- de la probabilité que l'animal soit piqué et donc infecté par un *Culicoides* au-delà des 14 jours post-désinsectisation. Cette valeur est estimée par les experts entre **3 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « extrêmement faible » à « très faible »), dans la mesure où la protection insecticide peut être considérée comme négligeable au-delà de 14 jours après l'application du « pour-on » ;
- de la probabilité que l'animal infecté soit piqué par un *Culicoides* à l'arrivée, malgré la désinsectisation et que le *Culicoides* transmette l'infection.
 - o Soit la piqûre intervient dans les 24h qui suivent l'administration de l'insecticide : il n'est alors pas totalement protégé. Il s'agit donc de prendre en compte la probabilité d'être piqué par un *Culicoides* dans les 24h, ce dernier devenant compétent pour la transmission vectorielle. Si la probabilité qu'un animal soit piqué par un *Culicoides* est élevée en période d'activité vectorielle, il convient de noter que l'animal est partiellement protégé (zone d'application du «pour-on») et que la probabilité que le *Culicoides* devienne compétent pour la transmission de l'infection est faible (seule une petite fraction des *Culicoides* s'infecte). En outre, la période concernée par la survenue de l'évènement est courte. En conséquence la valeur de la probabilité de cet évènement est estimée par les experts entre **2 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime » à « très faible »).
 - o Soit la piqûre intervient au-delà des 24h. La probabilité dépend alors de l'efficacité de la désinsectisation, qui diminue au cours du temps :
 - Piqûre entre 24h et 7 jours : la probabilité est estimée par les experts entre **1 et 3** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « extrêmement faible »).
 - Piqûre au-delà de 7 jours : la probabilité est estimée par les experts entre **2 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime » à « très faible »).

La probabilité de ce scénario est obtenue par le croisement des précédentes tout en tenant compte du moment où l'animal est piqué à l'arrivée (cf. tableau 5):

Tableau 5 : Probabilité de survenue du scénario ①

Arrivée \ Départ	Probabilité d'infection juste avant le départ (post-désinsectisation et post-PCR) [3-4]
Probabilité de piqûre dans les 24h post-désinsectisation [2-4]	[1-2]
Probabilité de piqûre entre 24h et 7 jours post-désinsectisation [1-3]	[1-2]
Probabilité de piqûre entre 7 et 14 jours post-désinsectisation [2-4]	[1-2]

- Scénario ② : ce scénario suppose qu'un animal non infecté ait été contaminé après désinsectisation et qu'il ne soit pas détecté par PCR avant le départ. Ce scénario suppose également que l'animal puisse transmettre l'infection en zone indemne, en étant piqué par des *Culicoides* malgré la désinsectisation à l'arrivée, avant sa détection par PCR.

La probabilité de survenue de ce scénario dépend :

- de la probabilité que l'animal soit infecté après la désinsectisation :
 - o Soit la piqûre intervient dans les 24h qui suivent l'administration de l'insecticide : il n'est alors pas complètement protégé. Il s'agit donc de prendre en compte la probabilité d'être piqué dans les 24h par un *Culicoides* infecté. Si la probabilité qu'un animal soit piqué par un *Culicoides* est élevée en période d'activité vectorielle, il convient de noter que l'animal est partiellement protégé par son insecticide (ligne d'application du « pour-on »). Compte tenu du fait que l'infection ne semble pas circuler intensément, le niveau d'infection des *Culicoides* en zone réglementée n'est pas considéré comme particulièrement élevé par les experts. En outre, la période concernée par la survenue de l'évènement est courte. En conséquence, la valeur de probabilité de survenue de l'évènement est estimée par les experts entre **2 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime » à « très faible »).
 - o Soit la piqûre intervient au-delà des 24h. La probabilité dépend alors de l'efficacité de la désinsectisation, qui évolue au cours du temps :
 - Piqûre entre 24h et 7 jours : la probabilité est estimée par les experts entre **1 et 3** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « extrêmement faible »).
 - Piqûre au-delà de 7 jours : la probabilité est estimée par les experts entre **2 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime » à « très faible »).

- de la probabilité que l'animal ne soit pas détecté par PCR avant le départ. Celle-ci dépend du délai entre la piqûre infectante et la PCR. Compte tenu des conditions de dérogation, la PCR est réalisée 14 jours après la désinsectisation. Plus le délai entre la piqûre infectante et le contrôle par PCR est important, plus la probabilité de détecter l'infection est élevée. Ainsi, si la piqûre infectante a lieu :
 - o en première partie de la période des 14 jours (entre 0 et 7 jours post-désinsectisation), les experts estiment la valeur de la probabilité de non détection de l'infection par PCR entre **1 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « très faible »), compte tenu des caractéristiques du test (90% de sensibilité à 7 jours après l'infection et quasi-100% de sensibilité à 14 jours après l'infection). Cette probabilité sera plutôt entre **1 et 2** si la piqûre infectante a lieu dans les 24h après désinsectisation.
 - o si la piqûre infectante a lieu en deuxième partie de période des 14 jours (entre 7 jours et 14 jours post-désinsectisation), cette valeur de probabilité de non détection par PCR augmente corrélativement à la probabilité que l'animal infecté ne dispose plus du temps nécessaire à l'apparition de sa PCRémie et est donc estimée entre **4 et 6** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « très faible » à « peu élevée »).
- de la probabilité que l'animal infecté soit piqué par un *Culicoides* à l'arrivée malgré la désinsectisation et que le *Culicoides* transmette l'infection :
 - o Soit la piqûre intervient dans les 24h qui suivent l'administration de l'insecticide : il n'est alors pas totalement protégé. Il s'agit donc de prendre en compte la probabilité d'être piqué par un *Culicoides* dans les 24h, ce dernier devenant compétent pour la transmission vectorielle. Si la probabilité qu'un animal soit piqué par un *Culicoides* est élevée en période d'activité vectorielle, il convient de noter que l'animal est partiellement protégé par son insecticide (ligne d'application du « pour-on ») et que la probabilité que le *Culicoides* devienne compétent pour la transmission de l'infection est faible (seule une petite fraction des *Culicoides* s'infecte). En conséquence la valeur de probabilité de cet événement est estimée par les experts entre **2 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime » à « très faible »).
 - o Soit la piqûre intervient au-delà des 24h. La probabilité dépend alors de l'efficacité de la désinsectisation, qui diminue au cours du temps :
 - Piqûre entre 24h et 7 jours : Cette valeur est estimée par les experts entre **1 et 3** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « extrêmement faible »).
 - Piqûre au-delà de 7 jours : Cette valeur est estimée par les experts entre **2 et 4** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime » à « très faible »).

La probabilité de ce scénario est obtenue par le croisement des précédentes tout en tenant compte du moment où l'animal est piqué (cf. tableau 6):

Tableau 6 : Probabilité de survenue du scénario ②

Départ Arrivée	Probabilité d'une piqûre dans les 24h post désinsectisation [2-4] X Probabilité de non détection PCR estimée [1-2] → Probabilité (départ) estimée à 1	Probabilité d'une piqûre entre 24h et 7 jours post-désinsectisation [1-3] X Probabilité de non détection PCR estimée [1-4] → Probabilité (départ) estimée à [1-2]	Probabilité d'une piqûre entre 7 et 14 jours post-désinsectisation [2-4] X Probabilité de non détection PCR estimée [4-6] → Probabilité (départ) estimée [1-3]
Probabilité de piqûre dans les 24h post-désinsectisation [2-4]	1	1	[1-2]
Probabilité de piqûre entre 24h et 7 jours post-désinsectisation [1-3]	1	1	1
Probabilité de piqûre entre 7 et 14 jours post-désinsectisation [2-4]	1	1	[1-2]

- Scénario ③ : ce scénario suppose qu'un animal soit infecté avant la mise en œuvre des opérations de protection en vue du transport. Compte tenu du contrôle PCR prévu 14 jours après désinsectisation, cet animal infecté avant désinsectisation sera détecté positif avec une probabilité proche de 100%, compte tenu des caractéristiques du test PCR et ne sera donc pas autorisé au départ.

Ces probabilités sont estimées pour un seul animal sortant de la zone.

Les experts soulignent que la probabilité de dissémination de la maladie est également proportionnellement liée à l'importance des flux d'animaux sortant.

4.2 Lors d'inactivité vectorielle

Lors d'inactivité vectorielle, la probabilité de dissémination de l'infection par les *Culicoides* est nulle du fait de l'absence de reproduction chez les insectes femelles.

En conséquence, les scénarios 1 et 2 ne sont pas à prendre en considération. Seul demeure le scénario 3, qui est interrompu avant le départ du fait du contrôle PCR positif pour l'animal infecté.

En conséquence, la probabilité de dissémination de l'infection lors d'inactivité vectorielle est nulle.

Conclusion

En situation d'activité vectorielle, compte tenu des éléments précités, les experts concluent que la probabilité de dissémination de la maladie *via* le mouvement d'un animal non vacciné issu de zone réglementée à destination de zones indemnes qui se réalise dans les conditions de dérogation⁶ décrites dans la note de service 2015-944, en date du 06/11/2015, est estimée être d'une valeur de 1 à 2 sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « minime »).

Cette probabilité serait nulle lors d'inactivité vectorielle.

Ces conclusions reposent sur 2 postulats :

- la désinsectisation est réalisée dans les règles de l'art ;
- la sensibilité de la méthode de détection par PCR est de 90% à 7 jours et proche de 100% à 14 jours.

Les experts soulignent que cette approche qualitative a été réalisée pour la probabilité de propagation de l'infection à partir d'un animal et est donc à majorer en fonction du flux d'animaux sortant de la zone.

Question n°6

« Pouvez-vous proposer un protocole de désinsectisation des animaux dont la fiabilité et la faisabilité seraient optimales ? »

La fiabilité et la faisabilité du protocole de désinsectisation des animaux posent la question du choix d'un traitement adapté, et de ses modalités d'application.

1. Fiabilité

Rappel : les conditions de dérogation décrites dans la note de service DGAL/SDSPA/2015-944, en date du 06/11/2015, indiquent que les animaux d'élevage et d'engraissement peuvent aller de la zone réglementée vers la zone indemne sous réserve de respecter la condition suivante :

- « Au départ de ZR : préalablement au mouvement, 14 jours de protection contre les vecteurs (désinsectisation) **et** dépistage PCR avec résultat négatif au plus tôt 7 jours avant la date du mouvement, à la charge du détenteur

ET

- A l'arrivée en ZI : désinsectisation immédiate à l'arrivée + confinement selon les dispositions de l'annexe I, pendant 14 jours **puis** dépistage PCR avec résultat négatif, à la charge du détenteur.»

En réalité, il est donc nécessaire que la désinsectisation soit efficace:

- pendant 21 jours afin de protéger l'animal avant son départ (période d'une durée de 14 jours correspondant à la protection contre les vecteurs **suivie** d'une 1^{ère} PCR avec résultat négatif dans les 7 jours qui précèdent le départ),
- et pendant la période de 14 jours correspondant à l'intervalle entre la désinsectisation à l'arrivée et la PCR.

L'efficacité résulte de différents effets mesurés sur les insectes piqueurs : réduction du nombre de piqûres, d'insectes gorgés et de taux de mortalité des *Culicoides* (cf. réponse aux questions 4-5, efficacité de la désinsectisation).

⁶ Au départ de ZR : 14 jours de protection contre les vecteurs et dépistage PCR au plus tôt 7 jours avant le départ, puis, à l'arrivée en ZI, désinsectisation et confinement des animaux pendant 14 jours, puis dépistage PCR.

Compte tenu de l'absence d'étude précise sur la durée de protection à long terme contre les piqûres de *Culicoides*, les experts font l'hypothèse d'une diminution progressive de la protection contre les piqûres de *Culicoides* au cours du temps.

Dans ces conditions, le Gecu estime que :

- la protection est à son optimum 24 heures après l'application de l'insecticide (délai lié au temps de diffusion sur l'ensemble du corps),
- la protection est maximale dans les jours suivant l'application du « pour-on »,
- cette protection diminue progressivement au cours du temps,
- cette protection est plus faible (mais non nulle) à 14 jours après l'application du « pour-on »
- la protection est quasi-nulle au-delà de 14 jours.

Ces éléments pourraient conduire à recommander, dans les conditions de dérogation décrites dans la note de service DGAL/SDSPA/2015-944, en date du 06/11/2015, deux désinsectisations consécutives à 7 jours d'intervalle, notamment en période de forte activité vectorielle. Cependant, l'évaluation réalisée en réponse aux questions 4 et 5 montre que la probabilité de dissémination de la maladie est très peu impactée par une baisse de l'efficacité de l'insecticide en fin de période des 14 jours, et au-delà, cette probabilité allant d'une valeur de quasi nulle à minime. Aussi, il ne paraît pas judicieux aux experts de recommander cette double désinsectisation qui présente un coût et n'est pas totalement dénuée de toxicité.

2. Faisabilité

En termes de faisabilité, les experts attirent l'attention du gestionnaire sur les contraintes liées à l'utilisation des traitements insecticides : en effet, les opérateurs devront être attentifs au respect des temps d'attente, variables en fonction des spécialités et des formulations. Dans le cas présent, les types de mouvement envisagés concernant des animaux destinés à l'engraissement et à l'abattage, les experts se sont intéressés aux temps d'attente pour la consommation de viande de ruminants. Dans le cas des bovins, les valeurs varient de 17 à 18 jours -pour les insecticides appliqués en « pour-on » - et sont de 28 jours -pour les produits utilisés sous forme de sprays et de solutions externes.

Si les produits sont utilisés chez les ovins, les temps d'attente sont plus variables, allant de 2 à 35 jours dans le cas d'une présentation sous forme de « pour-on ».

Ainsi, quel que soit le protocole de désinsectisation choisi, les experts invitent à rester vigilant quant au choix du produit qui sera appliqué, en fonction du devenir des animaux traités. En effet, les temps d'attente ne poseront pas de problème particulier s'il s'agit d'un transport vers un centre d'engraissement français ou étranger, centre dans lequel la période d'engraissement est supérieure à 28 jours dans la très grande majorité des cas, alors que dans le cas d'un envoi d'animaux vers un abattoir, les délais pourraient être plus contraints (sauf à ce qu'il existe une procédure particulière « abattage immédiat »).

Les experts soulignent l'importance d'un respect strict des modalités d'application des produits insecticides (sur la ligne du dos, en suivant une posologie adaptée au poids de l'animal) : *Instruction technique DGAL/SDSPA/2015-944 / Protocole Espagne : Application : le produit sera appliqué tout au long de la colonne vertébrale de façon continue à partir de la tête, ainsi que sur la partie intérieure des extrémités, sauf dans le cas où l'insecticide utilisé aurait été validé pour une rémanence plus longue (voir les termes de l'AMM). Le traitement*

sera effectif pendant 2 semaines, il faudra éviter que les animaux ne se mouillent au cours des 12 heures postérieures à l'application du traitement.

La question de la faisabilité du protocole de désinsectisation amène également à s'interroger sur les modalités d'application et sur les bénéfices comparés des traitements "pour-on" et par aspersion.

Comme indiqué précédemment, les contraintes techniques liées à une désinsectisation par aspersion (difficulté voire impossibilité d'une réalisation sous tunnel, quantité de produit nécessaire, etc.), peuvent conduire à une moins bonne efficacité que le "« pour-on »", par défaut d'application.

Indépendamment des contraintes techniques, les experts soulignent qu'il n'existe pas d'étude comparative entre ces deux types de traitements insecticides.

Conclusion

Les experts ne proposent pas de nouveau protocole de désinsectisation qui serait de fiabilité et de faisabilité plus optimale que les protocoles existants, sous réserve que ceux-ci soient appliqués dans les règles de l'art et que le confinement des animaux soit respecté.

Question n°7

« Quel est votre avis sur le risque de contamination d'animaux désinsectisés issus de zone indemne et transitant 24h par une zone réglementée entre le mois de novembre et le mois de mars ? »

Cette dernière question interroge sur les modalités de transport des animaux et leurs conséquences respectives. Les experts ont distingué deux modalités de transport (sans et avec rupture de charge) et évalué les risques qui leur étaient associés.

- Pour des trajets sans rupture de charge (c'est-à-dire sans descente des animaux du camion entre le point de départ et le point d'arrivée), et sous réserve que ce trajet soit réalisé par temps froid (température <10°C) et que le véhicule de transport dispose de petites ouvertures limitant l'entrée éventuelle de *Culicoides*, les experts ont estimé que la probabilité qu'un animal puisse être piqué par un *Culicoides* infectant (probabilité de contamination) au cours du transport était tellement basse qu'elle pouvait être considérée comme nulle. Si le temps est plus doux (température >10°C), les experts estiment que la probabilité qu'un animal puisse être piqué par un *Culicoides* infectant au cours du transport serait d'une valeur de 2 sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « minime »).
- Pour des trajets avec rupture de charge (c'est-à-dire avec arrêt en zone réglementée entre le point de départ et le point d'arrivée), l'estimation de la probabilité de contamination dépend de la température (donc de l'activité vectorielle) et de la qualité et de la durée de la désinsectisation.

1- Température et activité vectorielle :

L'activité vectorielle étant notamment liée à la température extérieure, l'estimation de la probabilité de contamination a été réalisée au regard de ce paramètre.

- Pour les périodes bénéficiant d'une température inférieure à 10°C, les experts estiment que la probabilité de contamination d'un animal issu de zone

indemne et transitant 24h par une zone réglementée était tellement basse qu'elle pouvait être considérée comme nulle, du fait de l'inactivité vectorielle.

- Pour les périodes bénéficiant habituellement d'une température douce à chaude (supérieure à 10°C) et donc associées à une activité vectorielle non nulle, les experts estiment que la probabilité de contamination d'un animal issu de zone indemne et transitant 24h par une zone réglementée est d'une valeur de **2 à 4** sur une échelle de 0 à 9 (qualifiée « d'extrêmement faible » à « faible »).

2- Qualité et durée de la désinsectisation

Ce que l'on recherche dans cette situation est un effet protecteur des insecticides, c'est-à-dire d'empêcher la piqure de *Culicoides*.

Les éléments nécessaires au traitement de cette partie ont été abordés dans la réponse à la question 4. Dans ces études, menées sur des périodes d'une durée d'au moins 8 à 58 heures, il y est indiqué que l'application sur les animaux d'une solution à base de pyréthrinoides permet de diminuer le nombre de *Culicoides* attaquant les animaux. Cette diminution semble plus varier entre espèces (de *Culicoides*) qu'entre produits utilisés. La protection n'est pas de 100 % et devrait être assortie d'autres mesures afin de protéger efficacement des animaux indemnes de FCO en transit en zone réglementée : bâtiment de transit permettant le confinement des animaux, préalablement désinsectisé et muni de petites ouvertures afin de limiter les éventuelles entrées de *Culicoides* etc.

Quel que soit l'insecticide utilisé en « pour-on », l'effet protecteur nécessite un délai d'un jour pour se mettre en place, et est à rapprocher du temps nécessaire pour la diffusion du produit. Le traitement serait donc à réaliser 24h **avant** l'arrêt en zone de transit des animaux. Si ces conditions sont respectées, la probabilité de piqure d'un animal issu de zone indemne et transitant 24h par une zone réglementée est estimée entre **1 et 3** (cf. réponse aux questions 4-5), sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « extrêmement faible », pour une température supérieure à 10 °C.

Le croisement des probabilités précédentes prend en compte à la fois l'activité vectorielle et l'efficacité de la désinsectisation et conduit à une probabilité pour l'animal d'être infecté au cours du transport d'une valeur de **1 à 2** sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « minime ») pour une température supérieure à 10°C.

En conclusion, sous réserve du respect du protocole de désinsectisation et d'une application du produit 24 heures avant que les animaux ne transitent, les experts estiment que la protection des animaux sera optimale et que la probabilité pour un animal d'être infecté au cours du transport lors de rupture de charge sera d'une valeur comprise entre 1 et 2 (qualifiée de « quasi-nulle à minime »), lors de températures supérieures à 10°C et nulle dans les autres cas.

Question n°8

« Compte tenu des limites sur les doses vaccinales disponibles d'ici la mise à l'herbe (5 à 8 millions au total), quel est votre avis sur le risque qu'une vaccination à visée sanitaire collective, ne parvienne pas à limiter l'extension de la maladie ? »

Les experts ont considéré que l'expression "vaccination sanitaire collective" utilisée par la DGAL dans la saisine signifiait une vaccination collective dont l'objectif était de contrôler l'extension de l'infection et non de prévenir les pertes liées à la maladie.

Les échanges avec la DGAL, à la date du 19/11, ont permis de confirmer que le nombre d'animaux présents dans la zone réglementée était de :

- o 7,8 millions de bovins, dont près de 4,5 millions de moins de 3 ans d'âge,
- o 3,9 millions d'ovins,

Si la vaccination peut être réalisée en une seule injection pour les ovins, il n'est pas de même pour les bovins pour lesquels la protection vaccinale nécessite 2 primo injections. Compte tenu de l'étendue actuelle de l'infection, la vaccination de l'ensemble des ovins et bovins sur la zone réglementée nécessiterait de disposer de près de 20 millions de doses de vaccins. Dans une situation idéale pour tenter de limiter l'extension de l'infection, cette vaccination devrait également concerner la périphérie de la zone réglementée. Compte tenu du stock envisagé (5 à 8 millions de doses), il est donc impossible de réaliser une vaccination à "visée sanitaire collective" permettant de contrôler l'extension de la maladie.

Il s'agit donc, compte tenu des moyens disponibles, de l'expérience acquise au cours des dernières années et des données épidémiologiques, d'essayer de limiter au mieux l'étendue de la FCO et dans cet objectif, d'identifier les catégories d'animaux qu'il serait important de vacciner en priorité sur la zone.

Les experts soulignent l'importance particulière de deux groupes d'animaux:

- En premier lieu, les animaux de 3 ans et moins, non protégés par une immunité d'origine vaccinale ou naturelle contre la FCO. En effet ces animaux n'ont pas bénéficié des précédentes campagnes de vaccination collective contre le virus, interrompues en 2011 (d'où une absence d'immunité d'origine vaccinale), ou n'ont pas été infectés lors des précédents épisodes infectieux (d'où une absence d'immunité naturelle). Ces animaux constituent des points critiques dans le cadre de la lutte contre l'extension de la maladie ;
- Il faut également prendre en compte les bovins qui jouent un rôle épidémiologique particulier dans la diffusion de la maladie en raison de leur virémie plus longue que celle des ovins.
Sous cette hypothèse, la vaccination des bovins pourrait être prioritaire ; il conviendrait alors de réserver les vaccins pour des animaux pouvant jouer un rôle de réservoir au moment de la reprise de l'activité vectorielle et d'exclure ainsi les bovins partant pour la boucherie au cours de l'hiver.

L'éventuelle prise en compte de ces 2 priorités croisées permet d'estimer le nombre maximal d'animaux à vacciner à 4.5 millions de bovins de 3 ans et moins (si le nombre des animaux partant pour la boucherie au cours de l'hiver -non connu- n'est pas exclu). La nécessité d'un rappel vaccinal conduirait alors à un total de 9 millions de doses.

En conséquence, les experts soulignent que la faisabilité de la vaccination de cette population prioritaire est difficile à estimer du fait de l'imprécision des chiffres concernant le nombre d'animaux partant pour la boucherie d'une part et le nombre de doses de vaccins effectivement disponibles d'autre part.

Question n°9

« Qu'en est-il si 2 à 4 millions de doses sont dédiées aux animaux destinés à quitter la zone réglementée ? »

Cette question a été étudiée par le Gecu en précisant les risques liés aux mouvements d'animaux quittant la zone réglementée et se rendant en zone indemne en France.

Dans la réponse aux questions 4 et 5, les experts ont estimé que la probabilité de dissémination de l'infection par un animal (non vacciné) quittant la zone réglementée était d'une valeur de 1 à 2 sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « minime »). Le fait de vacciner individuellement ces animaux diminue cette probabilité de dissémination de la maladie *via* les mouvements d'animaux mais ne réduit en aucun cas la diffusion naturelle de la maladie (par des *Culicoides* infectés), ce qui ne serait envisageable que par une vaccination collective généralisée.

En outre, le fait de dédier des doses de vaccin à ces animaux qui présentent individuellement un risque mineur au regard de l'extension de l'infection, réduit d'autant le nombre de doses disponibles pour vacciner les animaux prioritaires envisagés dans la question 8.

Questions n°10

« Compte tenu des connaissances scientifiques acquises sur la maladie depuis 2007 et de la situation particulière de ce cas, quel est votre évaluation du risque de résurgence de la maladie après 3 campagnes de vaccination des ovins et des bovins ? »

1. Données issues des précédents avis

Lors de la précédente épizootie, deux campagnes de vaccination obligatoire contre les sérotypes 1 et 8 ont été conduites en France métropolitaine, avec des taux de réalisation de la vaccination chez les bovins de 80 % en 2008-2009 ; de 89 % en 2009-2010 et de 80 % chez les ovins pour la campagne de vaccination 2009-2010 (*cf.* avis 2010-SA-0243). Ces campagnes ont été suivies par 2 années de vaccination volontaire, au terme desquelles, l'absence de mise en évidence de circulation virale a permis d'obtenir le statut de territoire indemne de FCO.

L'absence de détection de nouveaux cas, jusqu'en septembre 2015, avait permis de croire que ces mesures avaient été suffisantes, permettant de maintenir le statut indemne.

Cependant, les informations collectées et analysées laissent à penser qu'une circulation à bas bruit a eu lieu en France ces dernières années. Il apparaît donc que 2 années de vaccination obligatoire se sont avérées insuffisantes pour prévenir la résurgence de la FCO en France (Les 2 campagnes de vaccination volontaire n'étant pas considérées comme permettant d'obtenir une couverture vaccinale suffisante sur l'ensemble du territoire⁷). Les experts estiment que la réalisation de 3 campagnes de vaccination successives aurait une probabilité de réussite non négligeable, dans la mesure où le taux de couverture vaccinale des bovins et des ovins serait le plus proche possible de 100 % avant la reprise de l'activité vectorielle.

⁷ Extrait du Bulletin Épidémiologique n°54 : « Selon les données communiquées par les laboratoires producteurs de vaccin et considérant les ventes en centrales d'achat de médicaments vétérinaires, le taux de vaccination a été estimé pour la campagne hivernale 2010/2011 à 25 à 30% des animaux »

Les experts rappellent à ce titre que les avis précédents avaient préconisé, dans un but d'éradication, 3 campagnes successives de vaccination obligatoire contre la FCO, avec un taux de couverture vaccinale le plus proche possible de 100 % dans les populations de bovins, ovins et caprins, afin de garantir l'éradication de la maladie.

L'avis 2010-SA-0140 indiquait déjà en 2010, en réponse à la question des moyens à mettre en place pour obtenir une éradication de l'infection en termes de taux de couverture vaccinale, et de durée de vaccination, qu'il était souhaitable qu'il y ait :

- ❖ **« maintien d'un taux de couverture vaccinale le plus élevé possible chez tous les animaux réceptifs, quel que soit leur âge, et quel que soit le nombre d'injections vaccinales antérieures, et ce pendant au moins 12 mois supplémentaires. Il est recommandé de maintenir, durant la campagne 2010-2011, une vaccination généralisée des bovins, des ovins et des caprins (i.e. correspondant à un taux de couverture vaccinale de l'ordre de 80 à 90% pour chacune des espèces). Le taux de vaccination des ovins serait notamment à améliorer par rapport à celui de la campagne en cours 2009-2010. Il appartient au gestionnaire de décider des modalités permettant d'atteindre cet objectif vaccinal ;**
- ❖ **réalisation d'un effort particulier afin d'optimiser la couverture vaccinale durant la campagne 2010-2011 dans les zones où des foyers de FCO seraient identifiés en 2010 (i.e. dans les élevages atteints et leur voisinage) ;**
- ❖ **maintien de mesures de surveillance et de dépistage de l'infection chez les animaux réceptifs (cf. avis 2010-SA-0107 relatif à l'épidémiosurveillance). »**

De plus, l'Afssa, à plusieurs reprises, a été invitée à s'exprimer sur les mesures de vaccination. Concernant la mise en place d'une vaccination obligatoire généralisée, l'avis 2009-SA-0155 indiquait qu'« en l'absence de définition de l'objectif (ou des objectifs) visé(s) par cette mesure et sans disposer de la moindre information sur les modalités de déclinaison locale de cette stratégie », l'Agence ne pouvait évaluer le principe de vaccination obligatoire. Cet avis soulignait que pour atteindre l'objectif d'éradication, ambitieux, il faudrait que la vaccination obligatoire de masse soit mise en œuvre de façon concertée à l'échelle communautaire et qu'elle soit poursuivie pendant plusieurs années. ».

2. Etat actuel des connaissances

Le Gecu souligne que la probabilité de prévenir tout risque de résurgence sera d'autant plus importante que l'effort de vaccination aura été conséquent.

Les experts indiquent que les espagnols ont prévu réglementairement 4 campagnes de vaccination obligatoires pour l'éradication des BTV-1 et BTV-4 de la FCO sur leur territoire.

Il est souligné que certains pays du nord de l'Europe ont évité jusqu'à présent une résurgence de la FCO grâce à la réalisation de 2 à 3 campagnes de vaccinations successives, démarrées en 2008 (cf. tableau 10, annexe 3).

- Par exemple, en Belgique, aucun foyer n'est aujourd'hui déclaré après 3 campagnes de vaccination obligatoire des bovins et ovins de 2008 à 2010, ces campagnes ayant été menées avec un objectif de couverture vaccinale minimale de 80 % et une vaccination volontaire pour les autres espèces réceptives, telles que les caprins.
- L'Allemagne a organisé 2 campagnes de vaccination obligatoire (avec un taux de couverture vaccinale de plus de 80 %), suivies d'une vaccination volontaire.

D'autres exemples d'éradication réussie peuvent être cités, comme la Corse, où les campagnes de vaccination ont eu des effets bénéfiques indéniables avec une maîtrise de l'impact des signes cliniques chez les ovins. Il n'existe plus de foyers dus au BTV-2, 4 et 16 de la FCO depuis mars 2005. Egalement dans les îles Baléares et les îles Canaries, les campagnes de vaccination conduites en 2001 et 2003 ont été considérées comme efficaces

avec une absence de foyer identifié depuis décembre 2003. Ces exemples illustrent la possibilité d'éradiquer la FCO, au moins dans des territoires insulaires.

Compte tenu du taux de renouvellement des populations bovines en France, l'application de 3 campagnes de vaccination correspondrait au taux de renouvellement pratiquement complet du cheptel laitier et au renouvellement des 2/3 du cheptel allaitant.

Enfin, si l'on prend en compte l'expérience Corse et les travaux disponibles ([Belbis 2015](#); [Belbis et al. 2013](#)), il a été montré que l'espèce caprine a un rôle mineur dans l'épidémiologie de la maladie et qu'elle n'est pas prioritaire pour les campagnes de vaccination.

Afin d'optimiser l'efficacité de la vaccination collective en termes de diminution de la pression infectieuse et dans le but d'une éradication, les experts estiment nécessaire qu'au moins deux campagnes successives aient lieu APRES la démonstration de l'absence de mise en évidence d'une circulation virale de FCO sur le territoire.

Ces mesures seront d'autant plus efficaces qu'elles seront accompagnées d'un système de surveillance suffisamment performant, afin de suivre en termes épidémiologiques la situation.

Conclusion

Compte tenu des éléments précités, la prévention du risque de résurgence de la maladie après 3 campagnes de vaccination successives (dont 2 comptabilisées à partir de l'absence de mise en évidence d'une circulation virale de FCO en France) aurait une probabilité de réussite non négligeable, dans la mesure où le taux de couverture vaccinale des bovins et des ovins serait le plus proche possible de 100 % avant la reprise de l'activité vectorielle. Ces mesures seront d'autant plus efficaces qu'elles seront accompagnées d'un système de surveillance suffisamment performant.

Conclusions et recommandations du Gecu

Le Groupe d'expertise collective en urgence a répondu aux 10 questions de la saisine 2015-SA-0226 (« Evaluation du risque lié à la réapparition du sérotype 8 de la FCO en France continentale »).

En conclusion, compte tenu des éléments développés dans l'avis, les experts :

- estiment que l'origine la plus probable de cette résurgence est une persistance de la circulation virale de la FCO à BTV-8 à bas bruit, dans le cheptel français (*réponse à la question 1*).
- estiment très probables la reprise et la progression de l'infection au printemps, au-delà de la zone réglementée, à la fois en France et dans les pays voisins (*réponse à la question 2*),
- indiquent qu'une demande de modification de l'AMM par la firme Calier pour le vaccin PRIMUN BLUETONGUE S1-8 ONE SHOT, avec une mise en place de l'immunité à 33 jours a été retenue pour les sérotypes 1 et 8. Le Résumé des Caractéristiques du Produit a été modifié en conséquence (*réponse à la question 3*).
- concluent que la probabilité de dissémination de la maladie *via* le mouvement d'un animal non vacciné issu de zone réglementée à destination de zones indemnes qui se réalise dans les conditions de dérogation décrites dans la note de service 2015-944, en date du 06/11/2015, est estimée qualitativement de 1 à 2 sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle » à « minime ») (*réponse à la question 4*).

Cette probabilité serait nulle en période d'inactivité vectorielle (*réponse à la question 5*).

- ne proposent pas de nouveau protocole de désinsectisation qui serait de fiabilité et de faisabilité plus optimale que les protocoles existants, sous réserve que ceux-ci soient appliqués dans les règles de l'art et que le confinement des animaux soit respecté (*réponse à la question 6*),
- estiment que, sous réserve du respect du protocole de désinsectisation et d'une application du produit 24 heures avant que les animaux en provenance de zone indemne ne transitent 24h par une zone réglementée entre le mois de novembre et le mois de mars, la probabilité pour un animal d'être infecté au cours du transport lors de rupture de charge est estimée qualitativement entre 1 et 2 sur une échelle de notation de 0 à 9 (qualifiée de « quasi-nulle à minime »), lors de températures supérieures à 10°C, et nulle dans les autres cas (*réponse à la question 7*),
- indiquent que, compte tenu du stock envisagé de doses vaccinales disponible (4 à 8 millions de doses), il est impossible de réaliser une vaccination à "visée sanitaire collective" permettant de contrôler l'extension de la maladie, et proposent d'essayer de limiter au mieux l'étendue de la FCO en réservant de manière prioritaire cette vaccination dans la zone réglementée à des bovins de moins de trois ans non destinés à la boucherie au cours de cet hiver (*réponse à la question 8*).
- soulignent que le fait de vacciner individuellement des animaux destinés à quitter la zone réglementée vers une zone indemne diminue la probabilité (déjà estimée quasi-nulle à minime) de dissémination de la maladie *via* les mouvements d'animaux mais ne réduit en aucun cas la diffusion de la maladie par des *Culicoides* infectés, ce qui ne serait envisageable que par une vaccination collective généralisée (*réponse à la question 9*).
- estiment que la prévention du risque de résurgence de la maladie après 3 campagnes de vaccination successives (dont 2 comptabilisées à partir de l'absence de mise en évidence d'une circulation virale de FCO en France), aurait une probabilité de réussite non négligeable, dans la mesure où le taux de couverture vaccinale des bovins et des ovins serait le plus proche possible de 100 % avant la reprise de l'activité vectorielle. Ces mesures seront d'autant plus efficaces qu'elles seront accompagnées d'un système de surveillance suffisamment performant (*réponse à la question 10*).

Si l'objectif d'éradication de la FCO était retenu, les experts recommandent de mettre en place une surveillance suffisamment efficace, tant en termes de sensibilité (précision des résultats assurée par un nombre de prélèvements suffisant, choix pertinent des animaux-application d'une limite d'âge, animaux prélevés à distance de leur vaccination- etc...), qu'en termes de traitement des données collectées. Pour ce dernier aspect, il est en effet fortement souhaitable que l'ensemble des résultats de cette surveillance puisse être centralisé et analysé en temps réel au plan national.

Ces mesures seront d'autant plus efficaces que les directives données seront suivies et respectées sur le terrain.

Par ailleurs, si une politique d'éradication était conduite *via* la mise en place de campagnes de vaccination obligatoires, les experts recommanderaient de suivre précisément l'évolution de la situation épidémiologique pendant et après cette période.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du groupe d'expertise collective en urgence « FCO 8 résurgence » relatif à l'évaluation du risque lié à la réapparition du sérotype 8 de la FCO en France continentale.

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Fièvre catarrhale ovine, FCO, ruminants, sérotype 8, dissémination, désinsectisation, vaccination

BIBLIOGRAPHIE

Documents réglementaires et Instructions techniques :

- Arrêté du 15/10/2015 – JORF 240,
- Arrêté du 16/10/2015 – JORF 242,
- Arrêté du 30/10/2015 – version consolidée du 4 novembre 2015,
- Instruction technique DGAL/SDSPA/2015-8944 du 06/11/2015,
- Règlement CE n°1 1266/2007.

Avis Anses

2008-SA-0327 (2008) Avis relatif à un projet d'arrêté modifiant l'arrêté du 1er avril 2008 fixant les mesures techniques relatives à la fièvre catarrhale du mouton.

2009-SA- 155 (2009) Avis sur différentes questions concernant des mesures de gestion de la fièvre catarrhale ovine (FCO).

2010-SA-0107 (2010) Avis relatif à la surveillance du territoire continental français au regard de la FCO

2010-SA-0140 (2010) Avis relatif à la stratégie vaccinale contre la fièvre catarrhale ovine en France pour l'année 2010-2011.

2010-SA-0243 (2011) Avis relatif aux mesures à mettre en œuvre en cas d'apparition de nouveau(x) foyer(s) de fièvre catarrhale ovine (FCO) et à la stratégie vaccinale pour la campagne vaccinale 2010-2011

Publications :

AFSSA (2008) Une méthode qualitative d'estimation du risque en santé animale. 68 pages.

AFSSA (2009) Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur l'intérêt de la mise en œuvre des mesures de désinsectisation dans le protocole de lutte contre la fièvre catarrhale ovine (saisine 2009-SA-0086).

Backx A, Heutink R, Van Rooij E, Van Rijn P (2009) Transplacental and oral transmission of wild-type bluetongue virus serotype 8 in cattle after experimental infection. *Veterinary microbiology* **138**(3), 235-243.

Barnard B (1997) Some factors governing the entry of *Culicoides* spp.(Diptera: Ceratopogonidae) into stables. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* **64**, 227-233.

Baylis M, Parkin H, Kreppel K, Carpenter S, Mellor PS, McIntyre KM (2010) Evaluation of housing as a means to protect cattle from *Culicoides* biting midges, the vectors of bluetongue virus. *Medical and Veterinary Entomology* **24**(1), 38-45.

Belbis G (2015) Impact de l'infection par le sérotype 8 du virus de la Fièvre catarrhale ovine (BTV-8) chez le caprin (*Capra hircus*), 2011-2014.

Belbis G, Bréard E, *et al.* (2013) Evidence of transplacental transmission of bluetongue virus serotype 8 in goats. *Veterinary microbiology* **166**(3), 394-404.

Bonneau K, DeMaula C, Mullens B, MacLachlan N (2002) Duration of viraemia infectious to *Culicoides sonorensis* in bluetongue virus-infected cattle and sheep. *Veterinary microbiology* **88**(2), 115-125.

Bournez L (2015a) Bilan de situation FCO (point n°7) – 30 octobre 2015. *Centre de ressources de la plateforme ESA- Epidémiosurveillance en santé animale*.

Bournez L (2015b) Bilan de situation FCO (point n°9) – 30 novembre 2015. *Centre de ressources de la plateforme ESA- Epidémiosurveillance en santé animale*.

Burgin LE, Gloster J, Sanders C, Mellor PS, Gubbins S, Carpenter S (2013) Investigating incursions of bluetongue virus using a model of long-distance *Culicoides* biting midge dispersal. *Transbound Emerg Dis* **60**(3), 263-72.

Carpenter S, Wilson A, Barber J, Veronesi E, Mellor P, Venter G, Gubbins S (2011) Temperature dependence of the extrinsic incubation period of orbiviruses in *Culicoides* biting midges. *PLoS One* **6**(11), e27987.

Charron MV, Kluiters G, Langlais M, Seegers H, Baylis M, Ezanno P (2013) Seasonal and spatial heterogeneities in host and vector abundances impact the spatiotemporal spread of bluetongue. *Vet Res* **44**, 44.

Charron MV, Seegers H, Langlais M, Ezanno P (2011) Seasonal spread and control of Bluetongue in cattle. *J Theor Biol* **291**, 1-9.

CNEV (2012) Surveillance et controle des *Culicoides* vecteurs de fièvre catarrhale du mouton en France métropolitaine, Analyse du cadre actuel de gestion et propositions d'amélioration. 36 pages.

Corbière F, Nussbaum S, Alzieu J-P, Lemaire M, Meyer G, Foucras G, Schelcher F (2012) Bluetongue virus serotype 1 in wild ruminants, France, 2008-10. *Journal of wildlife diseases* **48**(4), 1047-1051.

De Clercq K, De Leeuw I, *et al.* (2008) Transplacental Infection and Apparently Immunotolerance Induced by a Wild-type Bluetongue Virus Serotype 8 Natural Infection. *Transboundary and emerging diseases* **55**(8), 352-359.

Di Gialleonardo L, Migliaccio P, Teodori L, Savini G (2011) The length of BTV-8 viraemia in cattle according to infection doses and diagnostic techniques. *Research in veterinary science* **91**(2), 316-320.

Doherty W, Bishop A, Melville L, Johnson S, Bellis G, Hunt N (2004) Protection of cattle from *Culicoides* spp. in Australia by shelter and chemical treatments. *Veterinaria italiana* **40**(4), 321.

Doherty W, Johnson S, Reid A (2001) Suppression of *Cuucoides brevitarsis*'(KD3FFER)(Diptera: Ceratopogonidae) on cattle in Queensland with Deltamethrin and Cypermethrin. *General and Applied Entomology* **30**, 45-47.

Ducheyne E, Lange M, Van der Stede Y, Meroc E, Durand B, Hendrickx G (2011) A stochastic predictive model for the natural spread of bluetongue. *Prev Vet Med* **99**(1), 48-59.

EFSA (2008) Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare on a request from the European Commission (DG SANCO) on Bluetongue. *The EFSA Journal* **735**, 1-69.

Ensoy C, Aerts M, Welby S, Van der Stede Y, Faes C (2013) A dynamic spatio-temporal model to investigate the effect of cattle movements on the spread of bluetongue BTV-8 in Belgium. *PLoS One* **8**(11), e78591.

Gard G, Melville L, Shorthose J (1989) Investigations of bluetongue and other arboviruses in the blood and semen of naturally infected bulls. *Veterinary microbiology* **20**(4), 315-322.

Graesboll K, Bodker R, Enoe C, Christiansen LE (2012) Simulating spread of Bluetongue Virus by flying vectors between hosts on pasture. *Sci Rep* **2**, 863.

Gubbins S, Carpenter S, Baylis M, Wood JL, Mellor PS (2008) Assessing the risk of bluetongue to UK livestock: uncertainty and sensitivity analyses of a temperature-dependent model for the basic reproduction number. *J R Soc Interface* **5**(20), 363-71.

Gubbins S, Szmaragd C, Burgin L, Wilson A, Volkova V, Gloster J, Gunn GJ (2010) Assessing the consequences of an incursion of a vector-borne disease I. Identifying feasible incursion scenarios for bluetongue in Scotland. *Epidemics* **2**(3), 148-54.

Guis H, Caminade C, Calvete C, Morse AP, Tran A, Baylis M (2012) Modelling the effects of past and future climate on the risk of bluetongue emergence in Europe. *J R Soc Interface* **9**(67), 339-50.

Kirkland P, Melville L, Hunt N, Williams C, Davis R (2004) Excretion of bluetongue virus in cattle semen: a feature of laboratory adapted virus. *Vet Ital* **40**(4), 497-501.

Kluiters G, Swales H, Baylis M (2015) Local dispersal of Palaearctic *Culicoides* biting midges estimated by mark-release-recapture. *Parasit Vectors* **8**, 54.

Lincoln VJ, Page PC, Kopp C, Mathis A, von Niederhäusern R, Burger D, Herholz C (2015) Protection of horses against *Culicoides* biting midges in different housing systems in Switzerland. *Veterinary Parasitology* **210**(3-4), 206-214.

Mehlhorn H, Schmahl G, D'Haese J, Schumacher B (2008a) Butox® 7.5 pour on: A deltamethrin treatment of sheep and cattle: Pilot study of killing effects on *Culicoides* species (Ceratopogonidae). *Parasitology Research* **102**(3), 515-518.

Mehlhorn H, Schmahl G, Schumacher B, D'Haese J, Walldorf V, Klimpel S (2008b) Effects of Bayofly™ on specimens of *Culicoides* species when incubated in hair taken from the feet of previously treated cattle and sheep. *Parasitology Research* **102**(3), 519-522.

Melville L, Hunt N, Bellis G, Hearnden M (2005) Protection of cattle from NT vectors of bluetongue and BEF viruses by covered pens and chemicals *Arbovirus Research in Australia* **9**, 224-229.

Melville L, Hunt N, Bellis G, Pinch D (2001) Evaluation of chemical treatments to prevent '*Culicoides*' spp. (Diptera: Ceratopogonidae) feeding on cattle in the Northern Territory. *General and Applied Entomology* **30**, 41-44.

Melville L, Hunt N, Bellis G, Pinch D (2004) An assessment of insecticides to minimize the transmission of arbovirus in cattle. *Arbovirus Res. Aust.* **8**, 249-255.

Menzies F, McCullough S, *et al.* (2008) Evidence for transplacental and contact transmission of bluetongue virus in cattle. *The Veterinary Record* **163**(7), 203.

Mullens BA (1993) In vitro assay for permethrin persistence and interference with bloodfeeding of *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) on animals. *Journal of the American Mosquito Control Association* **9**(3), 256-259.

Mullens BA, Gerry AC, Monteys VSI, Pinna M, González A (2010) Field studies on *culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) activity and response to deltamethrin applications to sheep in northeastern Spain. *Journal of Medical Entomology* **47**(1), 106-110.

Mullens BA, Gerry AC, Velten RK (2001) Failure of a permethrin treatment regime to protect cattle against bluetongue virus. *Journal of medical entomology* **38**(5), 760-762.

Mullens BA, Velten RK, Gerry AC, Braverman Y, Endris RG (2000) Feeding and survival of *Culicoides sonorensis* on cattle treated with permethrin or pirimiphos-methyl. *Medical and Veterinary Entomology* **14**(3), 313-320.

Napp S, Allepuz A, García-Bocanegra I, Alba A, Vilar M, Casal J (2011a) Quantitative assessment of the probability of bluetongue virus transmission by bovine semen and effectiveness of preventive measures. *Theriogenology* **75**(5), 920-932.

Napp S, Allepuz A, Garcia-Bocanegra I, Alba A, Vilar MJ, Casal J (2011b) Quantitative assessment of the probability of bluetongue virus transmission by bovine semen and effectiveness of preventive measures. *Theriogenology* **75**(5), 920-32.

Nomikou K, Hughes J, Wash R, Kellam P, Breard E, Zientara S, Palmarini M, Biek R, Mertens P (2015) Widespread Reassortment Shapes the Evolution and Epidemiology of Bluetongue Virus following European Invasion. *PLoS Pathog* **11**(8), e1005056.

O'Farrell H, Gourley SA (2014) Modelling the dynamics of bluetongue disease and the effect of seasonality. *Bull Math Biol* **76**(8), 1981-2009.

Osborne CJ, Mayo C, Mullens B, McDermott E, Gerry A, Reisen W, MacLachlan N (2015) Lack of Evidence for Laboratory and Natural Vertical Transmission of Bluetongue Virus in *Culicoides sonorensis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Journal of Medical Entomology* **52**(2), 274-277.

Oura C, Edwards L, Batten C (2012) Evaluation of the humoral immune response in adult dairy cattle three years after vaccination with a bluetongue serotype 8 inactivated vaccine. *Vaccine* **30**(2), 112-115.

Papadopoulos E, Bartram D, Carpenter S, Mellor P, Wall R (2009) Efficacy of alphacypermethrin applied to cattle and sheep against the biting midge *Culicoides nubeculosus*. *Veterinary Parasitology* **163**(1-2), 110-114.

Papadopoulos E, Rowlinson M, Bartram D, Carpenter S, Mellor P, Wall R (2010) Treatment of horses with cypermethrin against the biting flies *Culicoides nubeculosus*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Veterinary Parasitology* **169**(1-2), 165-171.

Perrin J-B, Sailleau C, Bréard E, Viarouge C, Dominguez M, Zientara S (2014) Fièvre catarrhale ovine en 2013 : statut indemne en France continentale - apparition de foyers cliniques dus au sérotype 1 en Corse. *Bulletin épidémiologique* **64**, 38.

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 Res* **42**, 60.

Pioz M, Guis H, Crespin L, Gay E, Calavas D, Durand B, Abrial D, Ducrot C (2012) Why did bluetongue spread the way it did? Environmental factors influencing the velocity of bluetongue virus serotype 8 epizootic wave in France. *PLoS One* **7**(8), e43360.

Pioz M, Guis H, Pleydell D, Gay E, Calavas D, Durand B, Ducrot C, Lancelot R (2014) Did vaccination slow the spread of bluetongue in France? *PLoS One* **9**(1), e85444.

Rossi S, Bréard E, *et al.* (2014a) Surveillance active de la fièvre catarrhale ovine et de la maladie hémorragique des cervidés chez le cerf elaphe (*Cervus elaphus*). *Rapport RFSA*, 20.

Rossi S, Pioz M, *et al.* (2014b) Bluetongue dynamics in French wildlife: exploring the driving forces. *Transboundary and emerging diseases* **61**(6), e12-e24.

Schmahl G, Klimpel S, Walldorf V, Al-Quraishy S, Schumacher B, Jatzlau A, Mehlhorn H (2009a) Pilot study on deltamethrin treatment (Butox® 7.5, Versatrine®) of cattle and sheep against midges (*Culicoides* species, *Ceratopogonidae*). *Parasitology research* **104**(4), 809-813.

Schmahl G, Klimpel S, Walldorf V, Schumacher B, Jatzlau A, Al-Quraishy S, Mehlhorn H (2009b) Effects of permethrin (Flypor®) and fenvalerate (Acadrex® 60, Arkofly®) on *Culicoides* species—the vector of bluetongue virus. *Parasitology research* **104**(4), 815-820.

Sedda L, Brown HE, Purse BV, Burgin L, Gloster J, Rogers DJ (2012) A new algorithm quantifies the roles of wind and midge flight activity in the bluetongue epizootic in northwest Europe. *Proc Biol Sci* **279**(1737), 2354-62.

Sedda L, Morley D, Brown HE (2015) Characteristics of Wind-Infective Farms of the 2006 Bluetongue Serotype 8 Epidemic in Northern Europe. *Ecohealth* **12**(3), 461-7.

Sperlova A, Zendulkova D (2011) Bluetongue: a review. *Vet Med-Czech* **56**(9), 430-452.

Stendel W, Hamel HD, Sieveking HU, Brühne D (1992) Analytical determination of the distribution of flumethrin on the body surface of cattle following topical pour-on application. *Veterinary Parasitology* **42**(1-2), 137-143.

Szmaragd C, Gunn GJ, Gubbins S (2010a) Assessing the consequences of an incursion of a vector-borne disease. II. Spread of bluetongue in Scotland and impact of vaccination. *Epidemics* **2**(3), 139-47.

Szmaragd C, Wilson AJ, Carpenter S, Wood JL, Mellor PS, Gubbins S (2009) A modeling framework to describe the transmission of bluetongue virus within and between farms in Great Britain. *PLoS One* **4**(11), e7741.

Szmaragd C, Wilson AJ, Carpenter S, Wood JL, Mellor PS, Gubbins S (2010b) The spread of bluetongue virus serotype 8 in Great Britain and its control by vaccination. *PLoS One* **5**(2), e9353.

Tsutsui T, Hayama Y, Yamakawa M, Shirafuji H, Yanase T (2011) Flight behavior of adult *Culicoides oxystoma* and *Culicoides maculatus* under different temperatures in the laboratory. *Parasitology research* **108**(6), 1575-1578.

Turner J, Bowers RG, Baylis M (2012) Modelling bluetongue virus transmission between farms using animal and vector movements. *Sci Rep* **2**, 319.

van der Sluijs MT, Schroer-Joosten DP, Fid-Fourkour A, Vrijenhoek MP, Debyser I, Moulin V, Moormann RJ, de Smit AJ (2013) Transplacental transmission of Bluetongue virus serotype 1 and serotype 8 in sheep: virological and pathological findings.

Vanbinst T, Vandenbussche F, Dernelle E, De Clercq K (2010) A duplex real-time RT-PCR for the detection of bluetongue virus in bovine semen. *Journal of virological methods* **169**(1), 162-168.

Venail (2014) Sensibilité aux insecticides et évaluation préliminaire des méthodes de lutte antivectorielle disponibles contre les *Culicoides* (Diptera : Ceratopogonidae) paléarctiques, vecteurs de virus émergents d'intérêt en santé animale. *Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier II*, 228 pages.

Venail R, Mathieu B, *et al.* (2011) Laboratory and field-based tests of deltamethrin insecticides against adult *Culicoides* biting midges. *Journal of Medical Entomology* **48**(2), 351-357.

Viennet E, Garros C, *et al.* (2012) Host-seeking activity of Bluetongue virus vectors: endo/exophagy and circadian rhythm of *Culicoides* in Western Europe. *PLoS ONE* **7**(10).

Wäckerlin R, Eschbaumer M, König P, Hoffmann B, Beer M (2010) Evaluation of humoral response and protective efficacy of three inactivated vaccines against bluetongue virus serotype 8 one year after vaccination of sheep and cattle. *Vaccine* **28**(27), 4348-4355.

Weiher W, Bauer B, Mehlitz D, Nijhof AM, Clausen PH (2014) Field trials assessing deltamethrin (Butox®) treatments of sheep against *Culicoides* species. *Parasitology Research* **113**(7), 2641-2645.

Wilson A, Mellor P (2008) Bluetongue in Europe: vectors, epidemiology and climate change. *Parasitology Research* **103**(1), 69-77.

Zanella G, Bréard E, Sailleau C, Zientara S, Viarouge C, Durand B (2014) A One-year Follow-up of Antibody Response in Cattle and Sheep after Vaccination with Serotype 8-and Serotype 1-inactivated BT Vaccines. *Transboundary and emerging diseases* **61**(5), 473-476.

Zanella G, Durand B, Sellal E, Breard E, Sailleau C, Zientara S, Batten CA, Mathevet P, Audeval C (2012) Bluetongue virus serotype 8: abortion and transplacental transmission in cattle in the Burgundy region, France, 2008–2009. *Theriogenology* **77**(1), 65-72.

Zimmer J-Y, Brostaux Y, Haubruge E, Francis F (2014) Larval development sites of the main *Culicoides* species (Diptera: Ceratopogonidae) in northern Europe and distribution of coprophilic species larvae in Belgian pastures. *Veterinary parasitology* **205**(3), 676-686.

ANNEXES

ANNEXE 1

Compte-rendu sur la surveillance sérologique FCO mise en place entre 2013 et 2015 à partir de données du CSD-ESA

Une surveillance programmée de la FCO en France continentale a été mise en place en 2013, 2014 et début 2015. Elle a été définie de manière à respecter les caractéristiques minimales exigées par la réglementation européenne (CE/1266/2007) pour la surveillance de la FCO en zone indemne : enquête sérologique annuelle permettant de détecter une prévalence de 20% avec un degré de certitude de 95% par unité géographique, ce qui correspondait à la réalisation de 14 prélèvements par département et par an (arrondis à 15). Les prélèvements devaient être réalisés de préférence sur des bovins de moins de deux ans, n'ayant pas été vaccinés contre la FCO et exposés aux piqûres de culicoïdes (c'est-à-dire mis en pâture pendant l'été). Chaque département, sauf ceux à très faibles effectifs de ruminants, devait procéder à des analyses sérologiques sur quinze jeunes bovins issus de trois élevages, pour un objectif national de 1 335 analyses. Les analyses sérologiques consistaient en des tests ELISA réalisés par les laboratoires départementaux agréés. En cas de résultats non-négatifs obtenus par un LDA, les animaux suspects étaient re-prélevés pour faire l'objet d'analyses virologiques (RT-PCR) réalisées par le LNR.

La présente analyse porte sur une extraction de données de surveillance mises à disposition dans le Centre de service de données en épidémiosurveillance animale (CSD-ESA). L'âge des animaux a été obtenu à partir d'une requête de la Base de données nationale d'identification (BDNI) grâce aux identifiants des animaux testés disponibles dans l'extraction du CSD-ESA.

Nombre d'animaux analysés et résultats de laboratoire

Le nombre d'analyses réalisées par département et par année ne correspond pas aux nombres publiés par [Perrin et al. \(2014\)](#). Cet écart s'explique probablement par des erreurs de transmission des données de surveillance de la base de données du ministère Sigal dans le CSD-ESA. L'outil CSD-ESA est dans sa première phase de déploiement et ces potentielles anomalies de transmission des données sont en cours d'analyse. Il est donc à noter que l'analyse effectuée a été réalisée sur des données partielles. Au total 1 634 analyses (sur 2 183 analyses, soit 75% des analyses réalisées) sont reportées dans le CSD-ESA pour les années 2013 et 2014 dont 1 411 avec un identifiant bovin correct.

Sur un total de 1 634 bovins a été testés entre 2013 et début 2015 (Tableau 6), 137 résultats positifs ont été obtenus.

Tableau 6. Résultats d'analyses sérologiques par année

Année	Positifs	Négatifs	Douteux	Ininterprétables	Total
2013	82	544	35	15	676
2014	51	752	16	0	819
2015	4	135	0	0	139
Total	137	1431	51	14	1634

La répartition des résultats positifs et du nombre de prélèvements par département et par année sont indiqués sur les figures 4, 5 et 6. Aucune tendance spatiale sur la distribution des résultats positifs ne semble apparaître.

En comparant la carte de 2013 à celle publiée par [Perrin et al. \(2014\)](#), qui porte sur la Fièvre catarrhale ovine en 2013, on remarque que les nombres de prélèvements ne correspondent pas. Par exemple, sur la carte du Bulletin, il apparaît que dans les Landes, il y a eu 80% de taux de réalisation des prélèvements alors que d'après la figure 4, aucun prélèvement n'a été réalisé dans ce département. Cette discordance indique que la source de données diffère. En effet, la DGAI contactait les DDPP pour compléter les informations mais vraisemblablement les mises à jour n'étaient pas rapportées dans le CSD-ESA.

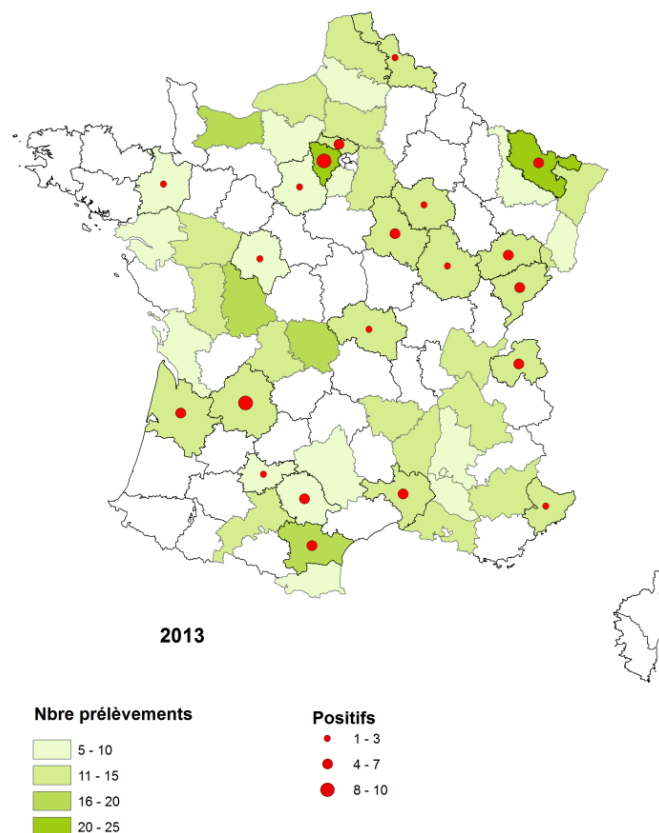


Figure 4. Répartition des résultats sérologiques positifs et du nombre de prélèvements par département en 2013

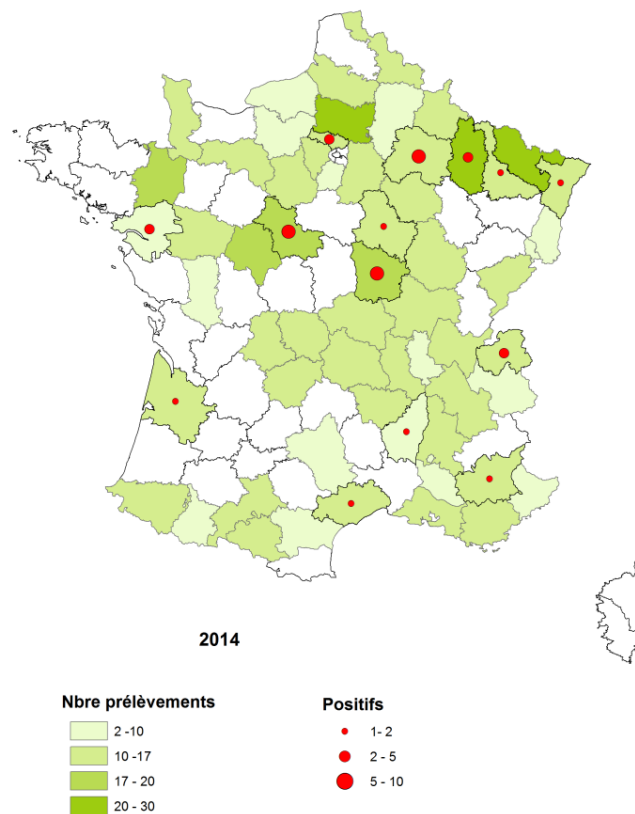


Figure 5. Répartition des résultats sérologiques positifs et du nombre de prélèvements par département en 2014

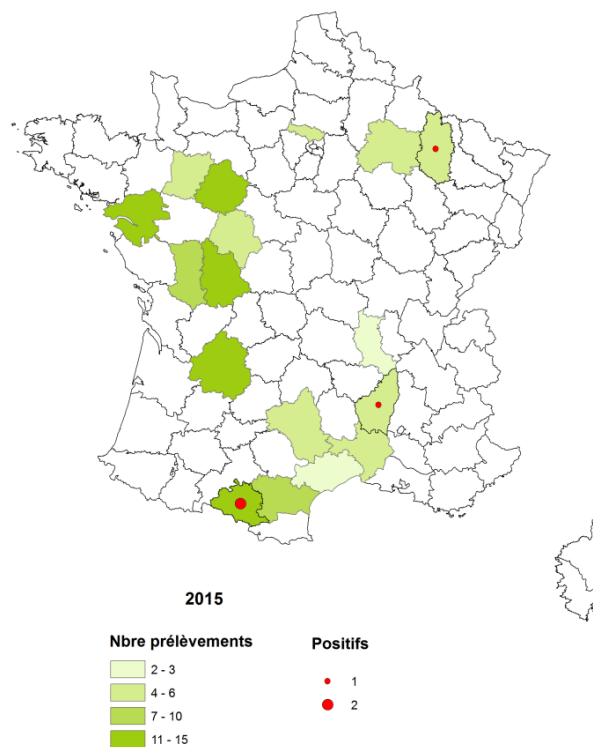


Figure 6. Répartition des résultats sérologiques positifs et du nombre de prélèvements par département en 2015

Analyse de l'âge des animaux prélevés

Sur les 1 634 animaux prélevés entre 2013 et 2014, l'identifiant animal n'avait pas été correctement renseigné pour 209 animaux. Les douteux et ininterprétables ont été exclus de l'analyse de l'âge des animaux prélevés. Cette analyse ne porte donc que sur 1 411 animaux.

En 2013, parmi les 75 animaux avec des résultats positifs, 21 (28%) avaient plus de deux ans (tableau 7). En 2014, 36 (64%) avaient plus de deux ans, tandis qu'en 2015 tous étaient nés avant 2010. Potentiellement, 57 (42%) parmi les 136 animaux prélevés entre 2013 et 2015 et ayant donné des résultats positifs auraient pu être infectés ou vaccinés avant 2011 (vaccination obligatoire jusqu'en automne 2010).

Tableau 7 : Année de naissance des animaux positifs

Année naissance	Année de prélèvement		
	2013	2014	2015
1999	0	1	0
2000	1	0	0
2003	1	6	3
2004	1	2	0
2005	4	2	0
2006	0	2	0
2007	2	4	0
2008	6	4	0
2009	4	9	2
2010	2	1	0
2011	20	5	0
2012	34	2	0
2013	0	12	0
2014	-	6	0
Total	75	56	5

Si l'on suppose que les animaux nés en 2011 et 2012 auraient pu être vaccinés facultativement en 2010/2011 ou 2011/2012 (la vaccination n'a été interdite qu'en juin 2013), on peut être pratiquement sûr que seuls les 18 animaux nés en 2013 ou 2014 et testés en 2014 (cf. tableau 7) n'ont pas été vaccinés. Il faut également s'assurer qu'ils avaient plus de 6 mois au moment du prélèvement pour exclure la présence d'anticorps colostraux. Dans le tableau 9 sont indiqués l'âge en mois de ces 18 animaux au moment du prélèvement ainsi que le département d'origine. On remarque que les animaux nés en 2013 avaient tous plus de 6 mois au moment du prélèvement et parmi ceux nés en 2014, un seul avait 4 mois à cette date. Neuf des bovins de plus de 6 mois étaient de la Nièvre.

Tableau 8 : Age et département d'origine des 18 animaux nés en 2013/2014 et testés en 2014

Année de naissance	Département	Age en mois à la date du prélèvement
2013	Gironde	21
	Haute-Savoie	23
	Meurthe-Et-Moselle	13
	Nièvre	10
	Nièvre	17
	Nièvre	18
	Nièvre	18
	Nièvre	19
	Val-d'Oise	13
	Val-d'Oise	13
	Yonne	18
	Yonne	22
2014	Alpes-de-Haute-Provence	4
	Hérault	8
	Nièvre	10
	Nièvre	10
	Nièvre	11
	Nièvre	11

Au regard des chiffres du tableau 9, les consignes d'âge semblent avoir été mieux respectées chez les animaux avec des résultats négatifs. Seuls 38 (3%) sur les 1 275 animaux testés entre 2013 et 2015 avec des résultats négatifs sont nés avant 2011.

Tableau 9 : Année de naissance des animaux négatifs

Année naissance	Année de prélèvement		
	2013	2014	2015
2001	2	0	0
2002	1	0	0
2004	1	0	0
2005	1	0	0
2007	1	0	0
2008	0	1	0
2009	6	4	1
2010	14	5	1
2011	134	27	17
2012	348	167	13
2013	6	436	66
2014	-	18	5
Total	514	658	103

En conclusion, les résultats positifs de la surveillance sérologique sont difficilement utilisables pour pouvoir se prononcer sur une possible circulation du virus. Un

nombre non négligeable de ces animaux ne correspondaient pas aux critères de sélection (bovins de moins de deux ans) et même ceux qui avaient moins de deux ans auraient pu être vaccinés facultativement. Un regroupement géographique de résultats positifs dans la Nièvre parmi les animaux testés après 2013 (année d'interdiction de la vaccination) suggérerait une possible circulation du virus dans ce département.

ANNEXE 2

Synthèse bibliographique des modèles mathématiques ou statistiques sur la FCO en Europe

Différents modèles statistiques ou mathématiques ont été développés pour étudier la propagation et/ou le contrôle de la fièvre catarrhale ovine en Europe suite à l'apparition du BTV-8 en 2006. La propagation du BTV-1 en France a aussi été étudiée grâce à la modélisation. D'une manière plus générale, ([Guis et al. 2012](#)) ont montré à l'aide d'un modèle mécaniste que le climat explique en grande partie l'apparition et la propagation de la FCO en Europe ([Guis et al. 2012](#)).

1. Modèles étudiant principalement la propagation

- Un modèle statistique a été utilisé pour simuler la vitesse de propagation du front d'infection lors de l'épizootie de la FCO en France en 2002-2008 ([Pioz et al. 2011](#)). Ce modèle a servi à explorer les caractéristiques environnementales qui pouvaient avoir une influence sur la vitesse de propagation du front ([Pioz et al. 2012](#)). Ils ont examiné l'effet de la température et de la pluie dans une période de temps allant jusqu'à deux mois avant le rapport du premier foyer dans une commune. Les auteurs ont trouvé que l'infection se propage plus lentement dans les zones d'haute altitude et lorsque des fortes pluies combinées à des températures extrêmes (inférieures à 18,9°C ou supérieures à 21,1°C) se sont produites un à deux mois avant l'apparition du premier foyer. La densité de bovins laitiers est corrélée négativement avec la vitesse de propagation de l'infection.
- Des modèles qui décrivent la propagation spatiale de la FCO dans des zones géographiques spécifiques en tenant compte de l'hétérogénéité paysagère ont aussi été publiés ([Ducheyne et al. 2011](#); [Graesboll et al. 2012](#); [Turner et al. 2012](#)). Le modèle de **Ducheyne** a été calibré en utilisant des données des épizooties de BTV-1 et BTV-8 dans le sud de la France. Il décrit la propagation du virus entre fermes en considérant que le nombre de nouveaux cas par semaine est dû par moitié à la dispersion des vecteurs (dispersion active) et par moitié à la dispersion à longue distance par le vent (passive). Ce modèle a été utilisé pour prédire la propagation du BTV-1 et son risque d'introduction en Belgique à partir de la France. Le modèle de **Graesboll** décrit la dispersion du BTV au Danemark en tenant compte des mouvements d'animaux et des vecteurs ainsi que de la saisonnalité du vecteur. Le modèle de **Turner** est un modèle de réseaux. Il tient compte explicitement de la dispersion spatiale des hôtes et des vecteurs et d'un ratio vecteur/hôte saisonnier. Il est utilisé pour simuler la propagation du virus entre fermes à l'est de l'Angleterre et tester divers scénarii qui tiennent compte de différentes possibilités de restriction des mouvements. Le modèle montre que les mouvements d'animaux contribuent à la transmission mais aussi que l'infection ne peut pas être maintenue sans la transmission du vecteur entre troupeaux. Il montre aussi que l'imposition d'une zone de restriction de mouvements autour de chaque ferme détectée est aussi efficace que l'imposition de zones plus larges. Cependant, les auteurs précisent que leur modèle n'incorpore pas la dispersion de vecteur par le vent et que dans ce cas

l'imposition d'une zone de restriction de mouvements plus large pourrait être plus efficace.

- **Charron et al** (2013) ont développé un modèle spatiale pour étudier l'impact de l'hétérogénéité spatio-temporelle de l'abondance et de la distribution des hôtes et des vecteurs sur l'apparition et l'amplitude des épizooties de FCO au niveau local et régional ([Charron et al. 2013](#)). Ce modèle met en évidence les mêmes découvertes d'études d'observation qui montrent que l'hétérogénéité du paysage, les conditions climatiques, la distribution et la densité des populations d'hôtes et l'abondance de vecteurs sont liés et qu'ils ont une influence sur la propagation du virus. Le modèle permet de distinguer entre l'impact de l'hétérogénéité du vecteur versus celui de l'hôte.
- **Sedda et al** (2012) s'intéressent de près au rôle du vent et du vol des culicoïdes ([Sedda et al. 2012](#)). Ils ont développé un algorithme qui permet de quantifier des analyses de diffusion de la maladie, qui jusque-là étaient conduits en utilisant des méthodes qualitatives, en incluant cinq types de mouvements des *Culicoïdes*. En utilisant des simulations stochastiques, les auteurs ont été capables d'expliquer 94% de l'apparition de la FCO à BTV-8 en Europe en 2006 dans 2 025 fermes atteintes répertoriées dans la base de données de l'OIE. Ils concluent que 54% des foyers se sont produits par le « mouvement d'infection » sans doute de culicoïdes sur des distances de pas plus de 5 km, 92% sur des distances de pas plus de 31 km et seul 2 % sur des distances plus grandes. La valeur modale pour toutes les infections combinées est de 1 km. Ils trouvent aussi que le mouvement dans le sens de la direction du vent (la seule possibilité considérée jusque-là pour expliquer l'épizootie de FCO) est responsable de 39% de toutes les infections et mettent en évidence la contribution à la propagation de la maladie des mouvements de vecteurs dans la direction opposée au vent (38% des infections). Dans une autre étude portant sur le même jeu de données et en utilisant la même méthodologie [Sedda et al. \(2015\)](#) ont combiné des données sur le vent et des propriétés du vol des culicoïdes pour identifier les fermes qui étaient source d'infection ultérieure d'autres fermes. Ces fermes « source d'infection » représentent 29 % des fermes dans la base de données et sont celles qui infectent une ferme ou plus par le mouvement passif des culicoïdes (principalement dans la direction du vent) ou activement (direction opposée du vent) ainsi que par des mouvements aléatoires. La question se posait de savoir s'il y avait des différences écologiques entre les fermes « source d'infection » et celles qui ne l'étaient pas afin d'identifier des mesures de prévention et de contrôle. Ils ont établi qu'il y avait une différence de température, précipitation et densité d'ovins entre les deux types de fermes, les valeurs les plus élevées étant associées aux fermes « source d'infection ».
- Une évaluation des risques quantitative a été entreprise pour estimer la probabilité de survie hivernale du virus de la FCO par persistance chez les vecteurs adultes, chez les ruminants (virémie prolongée) ou chez les vecteurs et les ruminants en même temps ([Napp et al. 2011b](#)). Le modèle développé a été appliqué à un scénario réel : la survie hivernale du BTV-8 entre 2006 et 2007 en Allemagne. Les résultats

montrent que le nombre limité de vecteurs actifs pendant l'hiver permet la transmission du virus pendant cette période. Cependant, même si la transmission est possible, la probabilité de survie du virus par les mécanismes étudiés semble très faible pour expliquer la réémergence observée de la maladie. Les auteurs concluent que d'autres mécanismes non considérés dans le modèle peuvent avoir joué un rôle significatif dans la survie hivernale du virus. Ils précisent qu'ils ont choisi de ne pas tenir compte de la transmission verticale du virus chez les ruminants pour se focaliser exclusivement sur la transmission horizontale.

2. Modèles étudiant principalement les mesures de gestion

- **Burgin et al** (2013) ont paramétré un modèle de dispersion atmosphérique pour simuler le vol des culicoïdes en se basant sur des jeux de données collectées au Royaume Uni ([Burgin et al. 2013](#)). Cinq foyers de FCO en Europe ont été utilisés pour évaluer le modèle en tant qu'un outil d'alerte précoce et pour l'analyse rétrospective des incursions de la FCO. Les prédictions générées sont en accord avec les observations épidémiologiques. Depuis 2007, un système d'alerte précoce basé sur ce modèle fonctionne au Royaume Uni dans le but d'informer le gouvernement sur la probabilité d'une incursion par le vent de culicoïdes potentiellement infectés. Le système est mis en marche pendant la saison où les culicoïdes sont actifs en Europe du nord (avril à novembre). Pendant cette période, des évaluations du risque sont conduites et en fonction du niveau de risque les vétérinaires sont prévenus afin d'être plus vigilants sur le terrain. Au début de l'année 2008, ce modèle a été utilisé pour l'aide à la décision sur les zones qui devaient recevoir en premier recours les doses de vaccin disponibles. L'éradication du BTV-8 en 2008 au Royaume Uni a été attribuée au schéma vaccinal mis en place et non pas aux mauvaises conditions climatiques.
- **Gubbins et al** (2008) ont développé un modèle dynamique pour décrire la propagation de la FCO chez les bovins et les ovins en tenant compte de l'influence de la température sur certains des paramètres liés aux vecteurs ([Gubbins et al. 2008](#)). **Szmaragd et al** (2009) ont repris ce modèle pour décrire la transmission en intra et inter-cheptel ([Szmaragd et al. 2009](#)). Il a été utilisé pour prédire la propagation de la maladie en Grande Bretagne et examiner l'impact de différentes mesures de contrôle dont la vaccination ([Szmaragd et al. 2010b](#)). En absence de vaccination, ce modèle prédit plusieurs foyers de FCO, surtout à des températures élevées. L'épidémie est réduite de manière importante avec une couverture vaccinale > 90%. Une couverture vaccinale élevée (>80%) dans la zone atteinte est très importante pour contrôler la propagation du virus. Cependant, si la couverture vaccinale est faible dans les zones à l'extérieur de la zone atteinte, il y a un risque de « fuite » du virus. D'où l'importance de créer une zone tampon au-delà de la zone infectée avec des niveaux élevés de vaccination pour empêcher la propagation du virus. Les auteurs recommandent une vaccination annuelle afin de garder un taux de couverture humorale élevée. Ils constatent que l'incursion d'un nouveau sérotype pourrait être grave surtout si les températures sont plutôt douces. Par ailleurs, ils remarquent que

pour investiguer la dynamique à long terme du virus il est nécessaire de mieux comprendre la capacité de survie hivernale du virus et la biologie des espèces de culicoïdes impliquées en tant que vecteurs dans l'Europe du nord pour incorporer ces paramètres dans le modèle. Il est intéressant de constater que ces auteurs considèrent que la vaccination est efficace chez les ovins après 14 jours (une seule dose) et chez les bovins après 60 jours (deux doses).

- Toujours avec le modèle précédent, l'incursion du virus de la FCO en Ecosse est estimée en tenant compte de différents scénarios d'introduction ([Gubbins et al. 2010](#)). Différentes stratégies de vaccination sont examinées au moyen du modèle ([Szmaragd et al. 2010a](#)). Des modèles linéaires généralisés sont utilisés pour identifier les facteurs liés à une voie d'introduction ou une stratégie de contrôle ayant un effet significatif sur le nombre de fermes atteintes suite à une introduction du virus. La probabilité d'une épizootie en Ecosse est plus élevée si l'incursion est en direction nord à partir de l'Angleterre pendant le mois de juillet que pendant le mois de septembre. L'incursion du virus via l'importation d'animaux infectés est plus à même d'entraîner une épizootie que celle en direction nord à partir de l'Angleterre. Pour la plupart des scénarii où une vaccination est mise en place, la FCO s'éteint dans la période de temps considérée (deux ans) mais elle est toujours présente si la vaccination n'est pas utilisée. La principale différence entre les stratégies de vaccination réside dans la proportion du bétail vacciné, avec la stratégie de contrôle la plus ciblée (une zone de protection de 100 km autour du premier foyer) exigeant le nombre plus faible d'animaux vaccinés pour maîtriser l'épizootie. En absence de vaccination, le risque cumulé spatial d'être affecté par le virus correspond à la densité de bétail en Ecosse, avec le risque plus élevé étant associé à des densités de bétail plus importantes. Le risque cumulé est plus élevé pour les incursions en juillet et plus bas pour les incursions en avril. La vaccination réduit de manière efficace le risque d'infection mais il dépend du moment de l'incursion et de la façon dont la vaccination est déployée. Si la vaccination est déployée avant l'incursion il y a peu de diffusion à partir des premiers foyers tandis qu'elle est plus importante si elle est mise en place seulement au moment de la découverte d'un foyer.
- **Charron et al** (2011) incluent explicitement la dynamique des populations des vecteurs dans leur modèle pour tenir compte de leur saisonnalité ainsi que la transmission verticale et pseudo-verticale chez les bovins ([Charron et al. 2011](#)). Ils testent également l'utilisation de la vaccination comme moyen de contrôle en utilisant deux facteurs : le taux de vaccination journalier et l'efficacité vaccinale. Avec une mauvaise efficacité du vaccin il est impossible d'arrêter la propagation du virus tandis qu'avec une efficacité de 100%, des taux vaccinaux journaliers de 16%, 0,55% ou 7% sont suffisants pour contrôler la propagation du virus. Un taux de vaccination journalier de 7% implique que 80% des bovins sont vaccinés en 22 jours. Un taux vaccinal journalier de 0,55% implique une vaccination de 60% des animaux en 4 mois.

- **Pioz et al** (2014) ont utilisé le même principe de modélisation qu'en 2011 pour étudier l'effet de la vaccination sur la vitesse de propagation du front lors de l'introduction du BTV-1 au sud de la France ([Pioz et al. 2014](#)). En tenant compte des facteurs environnementaux, la vaccination divise par un facteur 2 la vitesse moyenne à laquelle le BTV-1 se propage.
- **Ensoy et al** (2014) ont utilisé un modèle dynamique pour étudier l'effet des mouvements d'animaux dans la propagation de la FCO en Belgique en 2006 en incluant des covariables liées à l'environnement ([Ensoy et al. 2013](#)). Ils montrent leur effet significatif dans chaque composante du modèle, en particulier celui des valeurs de température et de précipitation sur le nombre de fermes infectées. Le modèle qui permet de prédire la dynamique de propagation pour différents scénarii de restriction des mouvements montre également l'impact significatif du mouvement de bovins sur la propagation de la FCO en 2006. A partir de simulations, les auteurs montrent qu'une zone de restriction de mouvements de 10-15 km autour des fermes infectées est aussi effective que l'interdiction totale sur tout le territoire belge pour réduire l'étendue de l'épizootie. Ils soulignent ainsi l'importance de la taille de la zone de restriction des mouvements dans la formulation de lignes directrices des maladies infectieuses animales puisque une zone de restriction plus réduite (15 km dans leur modèle) entraîne un impact économique moins important qu'une zone plus grande (70 km) ou que l'interdiction totale de mouvements.
- Un modèle qui inclut des effets saisonniers ainsi que la période d'incubation de la maladie chez les vecteurs et les hôtes a été développé par O'Farrell et Gourley (2014) ([O'Farrell and Gourley \(2014\)](#)). En examinant les paramètres qui jouent un rôle important dans le modèle, ils concluent qu'il serait important de faire un diagnostic précoce des animaux en période de latence pour interdire leur mouvement et pour qu'ils soient traités avec des insecticides. Il est également important de réduire le taux de morsure des vecteurs en utilisant des répulsifs.

ANNEXE 3

Tableau 10 : Modalités de vaccination contre le BTV-8 dans les Etats membres proches de la France

PAYS	Quantité de doses vaccinales utilisées	Type de campagne de vaccination	Bovins (taux de couverture vaccinale)	Ovins (taux de couverture vaccinale)	Caprins (taux de couverture vaccinale)	Petits détenteurs
Allemagne	20 millions au total	Campagnes de vaccination obligatoire en 2008 et 2009 ; Vaccination volontaire à partir de janvier 2010	2008 (>80%), 2009 (>80%), 2010 (32%) ; au total : 18 millions de doses	2008 (>80%), 2009 (>80%), 2010 (25%)	2008 (>80%), 2009 (>80%)	-
Irlande du nord	-	Pas de vaccination, un seul foyer identifié	- Pas de surveillance systématique basée sur test séro ou PCR - Test des animaux avant exportation.	-	-	-
Ecosse	12 millions de doses	-Campagne de vaccination obligatoire en 2008 - Objectif de taux de couverture vaccinale >80%	- 94% de couverture des élevages -Audit en 2009 de 100 fermes : 95% de séroconversion	- 94% de couverture des élevages -Audit en 2009 de 100 fermes : 95% de séroconversion	-	-
			- Pas de surveillance systématique basée sur test séro ou PCR - Test des animaux avant exportation.			
Angleterre et Pays de Galles	28 millions de doses	Campagne de vaccination volontaire en 2008	- Pas de surveillance systématique basée sur test séro ou PCR - Test des animaux avant exportation.	-	-	-
Pays Bas	-	Campagnes de vaccination volontaire en 2008 et 2009	2008 (71%), 2009 (58%)	2008 (73%), 2009 (42%)	2008 (43%), 2009 (19%)	2008 (67%), 2009 (49%)
Belgique	-	- Campagnes de vaccination obligatoire pour bovins et ovins en 2008, 2009 et 2010 - Vaccination volontaire pour les caprins	Objectif de couverture vaccinale de plus de 80%	Objectif de couverture vaccinale de plus de 80%	-	-