

# RISQUE D'INTRODUCTION DE LA DERMATOSE NODULAIRE CONTAGIEUSE EN FRANCE PAR L'INTRODUCTION DE VECTEURS DANS DES CAMIONS À BESTIAUX \*

Saegerman Claude<sup>1,9</sup>, Bertagnoli Séphane<sup>2</sup>, Meyer Gilles<sup>2,9</sup>, Ganière Jean-Pierre<sup>3,9</sup>,  
Caufour Philippe<sup>4</sup>, De Clercq Kris<sup>5</sup>, Jacquet Philippe<sup>2</sup>, Fournié Guillaume<sup>6,9</sup>,  
Hautefeuille Claire<sup>7</sup>, Étoré Florence<sup>7</sup> et Casal Jordi<sup>8,9</sup>



## RÉSUMÉ

Le virus de la dermatose nodulaire contagieuse (DNC) est un virus à ADN appartenant à la famille des *Poxviridae* et au genre *Capripoxvirus*. La DNC est une maladie transfrontalière hautement contagieuse chez les bovins qui entraîne des pertes économiques importantes. La maladie a été signalée pour la première fois en 2014 dans l'Union européenne (à Chypre), puis en 2015, en Grèce. En 2016, elle s'est propagée dans différents pays des Balkans. La transmission indirecte par des vecteurs prédomine à faible distance, mais la transmission entre troupeaux éloignés et entre pays se fait généralement par des mouvements de bovins infectés ou par des vecteurs transportés dans des camions à bestiaux. Afin d'estimer le risque pour la France dû à l'introduction de vecteurs transportés dans des camions à bestiaux (bovins ou chevaux) provenant de pays à risque, un modèle d'analyse quantitative du risque a été développé dans le respect des recommandations de l'OIE [OIE, 2004]. En utilisant un modèle stochastique, le risque annuel d'introduction de la DNC par des stomoxes qui se trouvent dans des camions transportant des bovins vivants à destination d'élevages est compris entre  $2 \times 10^{-5}$  et  $4,4 \times 10^{-3}$ . Le risque lié au transport de bovins destinés aux abattoirs ou au transport de chevaux est beaucoup plus faible (entre  $1 \times 10^{-7}$  et  $2,7 \times 10^{-5}$  et entre  $1 \times 10^{-8}$  et  $1,67 \times 10^{-6}$  pour les bovins et les chevaux, respectivement). La désinsectisation des camions transportant des animaux vivants est primordiale pour réduire le risque. Ce modèle peut être adapté à différents pays d'origine ou de destination et à d'autres vecteurs et maladies.

**Mots-clés :** dermatose nodulaire contagieuse (DNC), stomoxe (*Stomoxys calcitrans*), bovins, chevaux, vecteurs, évaluation quantitative du risque d'introduction, France.

.../..

Article reçu le 25 novembre 2018 ; accepté le 15 décembre 2018

\* Texte de la communication affichée présentée au cours des Journées scientifiques AEEMA, 30-31 mai et 1<sup>er</sup> juin 2018

<sup>1</sup> Unité de Recherche en épidémiologie et analyse de risques appliquées aux sciences vétérinaires (UREAR-ULg),  
Fundamental and Applied Research for Animals and Health (FARAH) Center, Université de Liège, Belgique

<sup>2</sup> École nationale vétérinaire de Toulouse, INRA UMR1225 IHAP, Université de Toulouse, France

<sup>3</sup> ONIRIS, Nantes, France

<sup>4</sup> CIRAD, Montpellier, France

<sup>5</sup> CODA-CERVA, Bruxelles, Belgique

<sup>6</sup> Veterinary Epidemiology, Economics and Public Health Group, Department of Pathobiology and Population Sciences, Royal  
Veterinary College, Hatfield, United Kingdom

<sup>7</sup> Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), Maisons-Alfort, France

<sup>8</sup> Departament de Sanitat i Anatomia Animals. Universitat Autònoma de Barcelona/IRTA-CReSA, Barcelone, Espagne

<sup>9</sup> Membre du Comité d'experts spécialisé en santé et bien-être animal, ANSES

Correspondance : claudesaegerman@uliege.be

.../..

**ABSTRACT**

*The lumpy skin disease virus (VDNC) is a dsDNA virus belonging to the Poxviridae family and the Capripoxvirus genus. Lumpy skin diseases (DNC) is a highly contagious transboundary disease in cattle producing major economic losses. In 2014, the disease was first reported in the European Union (in Cyprus); it was then reported in 2015 (in Greece) and has spread through different Balkan countries in 2016. Indirect vector transmission is predominant at small distances, but transmission between distant herds and between countries usually occurs through movements of infected cattle or through vectors found mainly in animal trucks. In order to estimate the threat for France due to the introduction of vectors found in animal trucks (cattle or horses) from at-risk countries (Balkans and neighbours), a quantitative import risk analysis (QIRA) model was developed according to the international standard [OIE, 2004]. Using stochastic QIRA modelling and combining experimental/field data and expert opinion, the yearly risk of VDNC being introduced by stable flies [*Stomoxys calcitrans*], that travel in trucks transporting animals was between  $2 \times 10^{-5}$  and  $4.4 \times 10^{-3}$  with a median value of  $53 \times 10^{-5}$ ; it was mainly due to the risk related to insects entering farms in France from vehicles transporting cattle from the at-risk area. The risk related to the transport of cattle going to slaughterhouses or the transport of horses was much lower (between  $1 \times 10^{-7}$  and  $2,7 \times 10^{-5}$  and between  $1 \times 10^{-8}$  and  $1,67 \times 10^{-6}$  for cattle and horses, respectively). The disinsectisation of trucks transporting live animals was important to reduce this risk. The development of a stochastic QIRA made it possible to quantify the risk of DNC being introduced in France through the import of vectors that travel in trucks transporting animals. This tool is of prime importance because the DNC situation in the Balkans is continuously changing. Indeed, this model can be updated to process new information on vectors and the changing health situation, in addition to new data from the TRAdE Control and Expert System (TRACES, EU database). This model is easy to adapt to different countries and to other vectors and diseases.*

**Keywords:** Lumpy skin disease (DNC), Stomoxe (*Stomoxys calcitrans*), Cattle, Horse, Vectors, Risk assessment, quantitative import risk assessment, France.




---

**I - INTRODUCTION**


---

La dermatose nodulaire contagieuse (DNC) est une maladie contagieuse des bovins provoquée par un virus appartenant au genre *Capripoxvirus*, de la famille des *Poxviridae*. Elle figure dans la liste des maladies à déclarer à l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) et fait partie des maladies dont la notification à la Commission Européenne et aux Etats membres est obligatoire (directive 82/894/EEC<sup>10</sup>, décision 89/162/EEC<sup>11</sup>). La DNC est également classée comme danger sanitaire de première catégorie en France (arrêté du 29 juillet 2013 relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégories pour les espèces animales).

Fin août 2015, plusieurs foyers de DNC avaient été déclarés en Grèce, vraisemblablement à la suite d'une introduction de la maladie depuis la Turquie où une épizootie sévissait depuis quelques années. En avril 2016, des foyers avaient été déclarés en Bulgarie et dans l'Ancienne République Yougoslave de Macédoine (ARYM). L'épizootie s'était ensuite considérablement étendue avec de nombreux foyers en Serbie, au Kosovo, en Albanie et au Monténégro. Face à cette situation, la Direction générale de l'alimentation a saisi l'Anses en mai 2016 pour la réalisation d'une expertise sur le risque d'introduction du virus de la DNC (VDNC) en France

<sup>10</sup> Directive 82/894/CEE du Conseil, du 21 décembre 1982, concernant la notification des maladies des animaux dans la Communauté.

<sup>11</sup> 89/162/CEE : Décision de la Commission du 10 février 1989 complétant les annexes de la directive 82/894/CEE du Conseil concernant la notification des maladies des animaux dans la Communauté.

métropolitaine. Un avis de l'Agence nationale de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) rédigé sur la base des conclusions du travail du Comité d'experts spécialisé en santé et bien-être des animaux a été rendu en juin 2017 [Anses, 2017].

Cet article présente une partie du travail effectué par le groupe d'experts DNC et porte sur l'estimation de la probabilité d'introduction du VDNC en France métropolitaine par l'importation de vecteurs dans les camions à bestiaux. L'avis de l'Anses traite également des autres modalités

d'introduction telles que par les arthropodes vecteurs, la semence, les véhicules, etc.

L'évaluation présentée ci-après est la probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC sur le territoire français pour une année, fondée sur la situation épidémiologique de janvier 2017, la réglementation européenne existant à cette même date et les données des échanges sur l'année 2016. La diffusion à partir du premier foyer, et les conséquences de l'introduction du VDNC n'ont pas été prises en compte.

---

## II - MATÉRIEL ET MÉTHODE

---

### 1. DÉFINITION DE LA ZONE À RISQUE

À la date des travaux (juin 2016 à janvier 2017) aucun pays frontalier de la France n'était déclaré infecté de DNC. Pour les besoins de l'analyse, les experts ont défini une zone à risque. Cette zone est celle à partir de laquelle des bovins vivants (ou des produits) peuvent être échangés et dans laquelle il existe une probabilité que certains animaux soient infectés sans que la maladie ait été déclarée. Il s'agissait des régions indemnes des pays européens reconnus infectés (au 1<sup>er</sup> janvier 2017 : Grèce, Bulgarie, ARYM, Serbie, Kosovo, Albanie, Monténégro) et des pays indemnes frontaliers par la terre d'un pays où la DNC avait été notifiée (au 1<sup>er</sup> janvier 2017 : Roumanie, Croatie, Hongrie, Ukraine, Bosnie-Herzégovine). Cette zone à risque est représentée sur la carte ci-dessous (figure 1).

Les pays indemnes de DNC qui vaccinent sont des cas particuliers et n'ont pas été distingués dans l'analyse. De plus, les zones infectées des pays infectés n'ont pas été prises en compte dans l'analyse de risque car selon la décision d'exécution (UE) 2016/2008<sup>12</sup>, les échanges sont possibles avec ces zones mais ne peuvent se faire que sous condition stricte d'une analyse de risque spécifique et d'un accord bilatéral entre les deux pays concernés.

Les experts n'ont pas considéré, pour l'évaluation, les pays d'Europe du Nord (Finlande, Estonie et Lettonie), bien que frontaliers d'un pays infecté (la Russie), comme étant dans la zone à risque car les foyers déclarés en Russie sont localisés au sud de la

Russie (voir zone hachurée de la figure 1). Seuls les pays appartenant à l'Union Européenne ont été pris en compte pour l'importation de bovins vivants. En effet hors UE, seuls le Chili, le Canada et la Nouvelle Zélande sont autorisés à exporter vers l'UE et ils ne font pas partie de la zone à risque.

### 2. ÉVÈNEMENT INDÉSIRABLE CONSIDÉRÉ

L'évènement indésirable considéré pour l'analyse est l'apparition d'un premier foyer de DNC en France métropolitaine. Le foyer est défini comme la présence d'au moins un bovin autochtone infecté dans un élevage en France (un bovin importé qui présente des signes cliniques n'est pas considéré comme un foyer).

### 3. VECTEURS CONSIDÉRÉS ET MOUVEMENTS D'ANIMAUX

Outre les animaux vivants considérés dans le risque d'introduction à longue distance de la DNC en France [Saegerman *et al.*, 2018b], il y a lieu également de considérer les vecteurs qui accompagnent les animaux dans les camions à bestiaux. Un vecteur peut se déplacer de trois façons : transporté par les oiseaux, par un véhicule, ou alors par lui-même grâce aux vents. Les vecteurs considérés ici sont principalement les tabanidés, les culicidés et les stomoxes. Le transport des vecteurs par les oiseaux est considéré comme très négligeable dans le cas de la DNC pour deux raisons.

---

<sup>12</sup> Décision d'exécution (UE) 2016/2008 de la Commission du 15 novembre 2016 concernant des mesures zoosanitaires de lutte contre la dermatose nodulaire contagieuse dans certains États membres.

Figure 1

Carte de l'Europe indiquant la zone à risque au 1<sup>er</sup> janvier 2017 (seuls les pays de l'UE ont été pris en compte pour le risque d'introduction de la DNC *via* les échanges de bovins vivants car ce sont les seuls de la zone à risque qui peuvent échanger des bovins vivants avec la France)



Tout d'abord, ce type de transport n'est décrit que chez les tiques, or les connaissances sur le rôle des tiques européennes dans la transmission du VDNC sont peu nombreuses et la probabilité qu'une tique d'oiseau fasse son repas de sang sur un bovin est peu probable. D'autre part, la zone actuellement infectée de DNC et la France ne se trouvent pas sur la même route migratoire des oiseaux (même si certaines espèces d'oiseaux ne suivent pas les couloirs de migration et peuvent se déplacer d'Est en Ouest de l'Europe). Pour ces raisons, la probabilité d'introduction en France de vecteurs porteurs du VDNC par des oiseaux est estimée nulle (0 sur une échelle de 0 à 9) [Afssa, 2008] par les experts.

Le transport de vecteurs du VDNC par les vents a été évoquée dans la diffusion du Virus en Europe de l'Est et au Moyen-Orient [EFSA, 2015]. Toutefois, en considérant, d'une part, la distance entre la zone actuellement infectée et la France, et d'autre part,

les vents dominants en Europe, la probabilité que des vecteurs porteurs du VDNC soient transportés passivement par les vents et transmettent le VDNC à des bovins autochtones est estimée, par les experts, nulle à quasi-nulle (0 à 1 sur une échelle de 0 à 9) [Afssa, 2008].

Pour le transport de vecteurs du VDNC par les véhicules, les taons ne pénètrent ni dans les bâtiments ni dans les véhicules, leur rôle dans un transport à distance peut donc être considéré comme quasi-nul (1 sur une échelle de 0 à 9) [Afssa, 2008]. De plus, dans un milieu clos, il a été observé que les taons s'abiment rapidement les ailes et perdent toute capacité de vol en quelques heures seulement (P. Jacquet, observation personnelle lors de tentative d'élevage de *Tabanus bromius* et d'*Haematopota pluvialis*).

Pour les moustiques, *Aedes aegypti* peut transmettre le VDNC jusqu'à 6 jours après infection

[Chihota *et al.*, 2001]. Dans nos contrées, l'espèce équivalente *Aedes albopictus* est essentiellement anthropophile, ce qui signifie qu'il est très peu probable qu'elle soit transportée par un camion de bétail.

Par contre, les stomoxes peuvent se maintenir sur des surfaces lisses pendant de longues périodes et ils restent à proximité des sources de repas sanguin (chevaux ou bovins). Le risque est alors *via* le transport d'animaux vivants. La probabilité d'introduction par d'autres véhicules (de transport d'aliments, voitures particulières, *etc.*) est estimée par les experts, nulle à quasi-nulle (0 à 1 sur une échelle de 0 à 9) [Afssa, 2008].

Tout comme pour l'introduction de la DNC par des bovins domestiques vivants infectés, des camions transportant des bovins peuvent provenir d'une zone infectée qui n'a pas encore été déclarée. Comme les chevaux sont aussi attractifs que les bovins pour ces vecteurs, il faut également prendre en compte les transports de chevaux à partir de la zone à risque vers la France. En effet, la contamination d'un stomoxe par le VDNC à partir de bovins n'exclut pas la possibilité que ce dernier soit ensuite attiré par des chevaux. Un scénario établi par les experts serait alors des vecteurs provenant d'un élevage mixte de bovins et chevaux ou un élevage de chevaux voisin d'un élevage de bovins infectés. Les experts ont donc décidé de prendre également en compte les mouvements de chevaux provenant de la zone à risque. Les experts ont estimé au vu des distances entre la zone à risque actuelle et la France, qu'un camion voyagerait pendant 2 à 3 jours. Bien que la persistance du virus dans les stomoxes ne soit pas connue, la durée de vie d'un stomoxe est de 15 jours à 3 semaines, c'est-à-dire largement assez longue pour pouvoir survivre à ce déplacement. En effet, les stomoxes, au contraire des taons, survivent bien dans des milieux clos tels que les camions. De plus, le stomoxe voyage toujours en association avec son hôte (bovins, chevaux). Même si le camion est ouvert, les stomoxes restent là où sont présents les bovins ou les chevaux et donc restent dans le camion. Comme la durée du transport serait très courte (2-3 jours) comparée à la durée de vie des stomoxes (15 jours), le modèle considère que 80 à 90 % des stomoxes survivront à ce transport (7 % de mortalité par jour calculée si la durée de survie est de 15 jours). Par ailleurs, les experts considèrent que, chaque jour, un bovin contagieux peu symptomatique, peut générer entre un et quelques dizaines de stomoxes infectants. En considérant que le nombre de stomoxes est assez variable et que la proportion de bovins infectés est plus constante, la proportion de

stomoxes infectants devrait être au minimum équivalente à la proportion de bovins contagieux. Les experts ont considéré alors qu'il existe au moins un stomoxe infectant par bovin infecté.

#### 4. MODÈLE POUR L'APPRÉCIATION DU RISQUE D'INTRODUCTION DU VDNC EN FRANCE VIA LES VECTEURS PRÉSENTS DANS LES CAMIONS À BESTIAUX

La probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC en France résulte du croisement de la probabilité d'introduction de ce virus en France avec la probabilité que des bovins soient ensuite exposés à ce virus sur le territoire national. L'appréciation quantitative du risque d'apparition d'un premier foyer de DNC en France, par l'importation de vecteurs dans les camions à bestiaux a été réalisée en prenant en compte toutes les données scientifiques et commerciales disponibles, en estimant différentes probabilités prises en compte dans ce risque. Le modèle conceptuel utilisé pour l'analyse est représenté sur la figure 2.

#### 5. PROBABILITÉS CONSIDÉRÉES DANS LE MODÈLE

Le risque principal d'introduction étant représenté par les stomoxes, les experts ont estimé la probabilité d'introduction de la DNC en France *via* les stomoxes infectants qui se trouveraient dans des véhicules transportant des animaux vivants (bovins ou chevaux), en prenant en compte les probabilités (tableau 1) et les paramètres (tableau 2) suivants.

Pour cette analyse de risque, les mêmes données que pour les animaux échangés ont été utilisées : les statistiques sur 12 mois (juillet 2015 - juillet 2016) pour les bovins destinés à l'élevage et un scénario pour l'abattoir utilisant les mêmes données d'introduction que pour l'élevage. Entre septembre 2015 et septembre 2016, un faible nombre de chevaux a été introduit pour l'élevage à partir de la Bulgarie, la Croatie, la Grèce et la Hongrie : au total 44 animaux introduits en 44 lots (données issues de la base de données TRACES [TRAde Control and Expert System]). Tenant compte des probabilités (tableau 1) et des paramètres initiaux (tableau 2), il est possible de calculer la probabilité que des vecteurs transportés avec des bovins ou des chevaux transmettent le VDNC à des bovins autochtones et ce, selon trois modalités : soit les bovins sont destinés à l'élevage (R2), soit à l'abattage (R3), soit il s'agit d'un transport de chevaux (R4) (tableau 3).

Figure 2

**Schéma conceptuel utilisé pour l'évaluation quantitative du risque à l'importation de la DNC en France métropolitaine *via* les vecteurs (Stomoxes) se trouvant dans les camions à bestiaux**

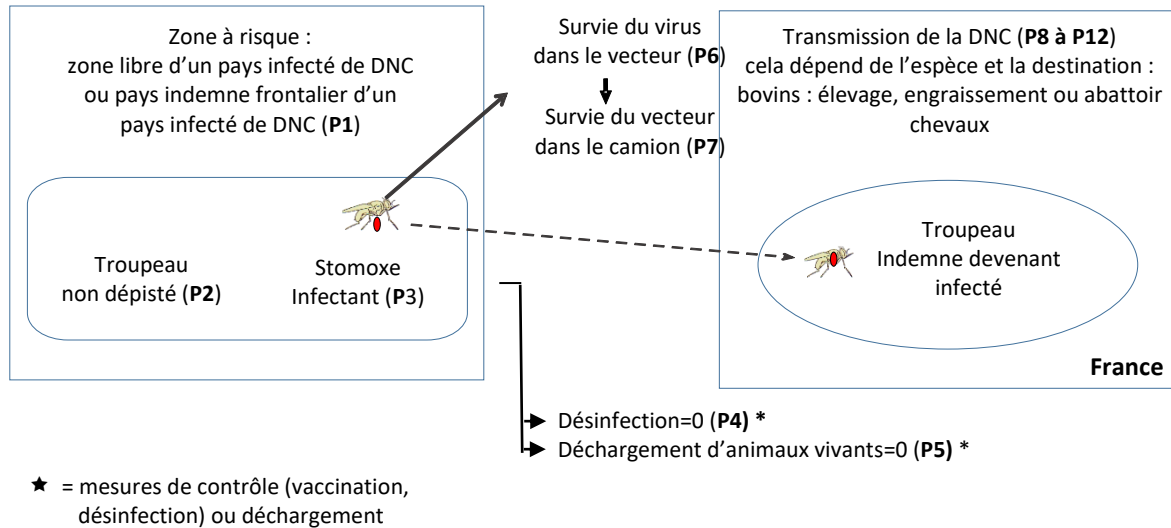


Tableau 1

**Probabilités prises en compte dans le risque d'introduction de la DNC en France par le biais de stomoxes qui se trouveraient dans des véhicules transportant des animaux vivants (bovins ou chevaux)**

<b>P1</b>	Probabilité que les bovins échangés proviennent d'une zone infectée non déclarée de DNC
<b>P2</b>	Probabilité que les animaux échangés proviennent d'un élevage infecté de DNC
<b>P3</b>	Probabilité qu'un stomoxe soit infectant
<b>P4</b>	Probabilité qu'un camion soit désinsectisé (un scénario du pire a été considéré=absence de désinsectisation)
<b>P5</b>	Probabilité que les animaux soient débarqués dans un centre de rassemblement (un scénario du pire a été considéré=absence de débarquement)
<b>P6</b>	Probabilité de survie du virus dans le vecteur
<b>P7</b>	Probabilité de survie des stomoxes dans le véhicule
<b>P8</b>	Probabilité que le VDNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport de bovins entre dans un élevage
<b>P9</b>	Probabilité que le VDNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport de bovins va à l'abattoir
<b>P10</b>	Probabilité que le VDNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va en élevage de chevaux
<b>P11</b>	Probabilité que des chevaux proviennent d'une ferme mixte (avec des bovins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité des écuries
<b>P12</b>	Probabilité que des chevaux arrivent dans une ferme mixte (bovins/équins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité des écuries

Tableau 2

**Paramètres initiaux pris en compte dans le risque d'introduction de la DNC en France par le biais de stomoxes qui se trouveraient dans des véhicules transportant des animaux vivants (bovins ou chevaux)**

<b>N1</b>	Nombre de stomoxes introduits dans un camion. En moyenne le nombre de bovins par camion est de 20 (données TRACES). Le nombre de stomoxes ( <i>S. calcitrans</i> ) présents dans une ferme de bovins laitiers et atteinte de DNC a été récemment estimé entre une vingtaine et environ 250 en fonction de la saison [Kahana-Sutin <i>et al.</i> , 2016]. Les experts ont estimé que le nombre de stomoxes introduits dans un véhicule contenant des bovins devait être au moins égal ou supérieur au nombre de bovins introduits et inférieur au nombre de stomoxes présents dans une ferme. <b>Ils ont donc estimé que ce nombre pouvait être compris entre 20 et 250 avec un mode de 100, selon une distribution Pert.</b>
<b>n1</b>	Nombre de lots de bovins transportés par année à destination d'élevages (données issues de TRACES)
<b>n2</b>	Nombre de lots de bovins transportés par année à destination d'abattoirs (scénario)
<b>n3</b>	Nombre de lots de chevaux transportés par année (données issues de TRACES)

Tableau 3

**Probabilités d'introduction de la DNC en France par le biais de stomoxes qui se trouveraient dans des véhicules transportant des animaux vivants (bovins ou chevaux)**

Probabilité	Calcul
<b>R1</b>	Probabilité qu'un stomoxe infectant arrive à destination $=1-(P1*P2*P3*(1-P4)*(1-P5)*P6*P7)^{N1}$
<b>R2</b>	Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un élevage $=1-(1-R1*P8)^{n1}$
<b>R3</b>	Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un abattoir $=1-(1-R1*P9)^{n2}$
<b>R4</b>	Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des chevaux destinés à un troupeau mixte (bovins/équins) ou arrivant dans un élevage de chevaux proche d'un troupeau bovin $=1-(1-R1*P10*P11*P12)^{n3}$

Le nombre de stomoxes infectants par bovin et les probabilités P1 à P11 ont été discutés et estimés au sein du groupe de travail DNC et partagés avec des spécialistes internationaux de la DNC lors d'auditions et, le cas échéant, elles ont été traduites en distribution de probabilité (tableaux 4 et 5).

Ensuite, 100 000 simulations Monte Carlo ont été réalisées, avec le logiciel @Risk 7.5, afin d'obtenir les distributions de probabilités résultantes R1 à R4. Une analyse de sensibilité a également été réalisée. Afin d'identifier les paramètres d'entrée qui ont le plus d'influence sur le résultat final, une analyse de

sensibilité a été réalisée (tableau 2). Cette analyse de sensibilité a été réalisée en utilisant la méthode de corrélation des rangs de Spearman. Avec cette analyse, le coefficient de corrélation de rang est calculé entre la variable de sortie sélectionnée et les échantillons pour chacune des distributions d'entrée. Plus la corrélation entre l'entrée et la sortie est élevée, plus l'entrée est importante pour déterminer la valeur de la sortie. La corrélation par ordre de classement est la méthode recommandée par l'OIE, aucune hypothèse n'étant faite quant à la nature de la relation entre les variables [OIE, 2004].

Tableau 4

## Argumentation ayant permis d'estimer le nombre de stomoxes infectants par bovin infecté et les probabilités P1 à P11

Paramètres	Argumentation de l'estimation
<b>N1</b> - Nombre de stomoxes introduits dans un camion	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ À un instant t, un bovin peut subir entre une dizaine et 50 piqûres de stomoxes [Campbell <i>et al.</i> 2001]. Sachant que la période d'activité des stomoxes dans une journée s'étale entre 10 et 18 h, le nombre total de piqûres de stomoxes par bovin et par jour peut être compris entre quelques centaines et plusieurs milliers. Les repas interrompus chez les stomoxes sont très fréquents (au moins les 2/3 des repas sont interrompus par des mouvements de défense des animaux), ce qui signifie qu'un même stomoxe va piquer plusieurs fois, à plusieurs endroits, sur un même animal ou sur plusieurs animaux différents. Chez un bovin en phase peu symptomatique (phase de début ou forme fruste), la probabilité qu'un stomoxe pique une zone contaminée (présence de virus dans ou autour d'un nodule) est faible.</li> <li>▪ Les experts ont considéré que, <b>chaque jour</b>, un bovin contagieux peu symptomatique peut générer entre un et quelques dizaines de stomoxes contaminés. Considérant que la transmission vectorielle est largement majoritaire, cette estimation est cohérente avec la prévalence intra-troupeau moyenne (inférieure à 20 %) et le taux de reproduction de base (R0) estimé de 16 [Magori-Cohen <i>et al.</i>, 2012]. Considérant que le nombre de stomoxes est assez variable et que la proportion de bovins infectés est plus constante, le modèle utilise la proportion de stomoxes infectants, qui devrait être <b>au minimum</b> équivalente à la proportion de bovins contagieux.</li> <li>▪ Les animaux atteints de DNC, surtout ceux avec de la fièvre, se défendent moins vis-à-vis des vecteurs et donc seront plus piqués que les animaux sains (communication personnelle d'un vétérinaire officiel grec).</li> <li>▪ En moyenne, le nombre de bovins par camion est de 20 (données TRACES). Le nombre de stomoxes (<i>S. calcitrans</i>) piégés dans 12 grandes fermes de bovins laitiers, affectées par la DNC a été récemment déterminé [Kahana-Sutin <i>et al.</i>, 2016]. Ce nombre a été déterminé par piégeage à l'aide de la pose de plusieurs pièges par ferme durant 48 heures. Il était en moyenne d'une centaine de stomoxes (minimum 40, maximum 240). Cela correspond aux densités apparentes dans ces exploitations avec ce type de piège. Les experts ont estimé que le nombre de stomoxes introduits dans un véhicule contenant des bovins devait être au moins égal ou supérieur au nombre de bovins introduits et inférieur au nombre de stomoxes présents dans une ferme (arrondi à 250 unités).</li> <li>▪ <b>Les experts ont donc estimé que ce nombre pouvait être compris entre 20 et 250 avec un mode de 100, selon une distribution Pert.</b></li> </ul>
<b>P1</b> - Probabilité que les animaux échangés proviennent d'une zone infectée non déclarée de DNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>La fourchette estimée de probabilité est comprise entre 5 à 20 %, avec un mode à 7 %.</b></li> <li>▪ Pour la justification de P1, voir l'article de [Étore <i>et al.</i>, 2018].</li> </ul>
<b>P2</b> - Probabilité que les animaux échangés proviennent d'un élevage infecté de DNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La fourchette estimée de probabilité est comprise entre <b>0,5 et 1 % pour l'UE, avec un mode à 0,75 %</b> (hors UE cette probabilité serait sans doute plus élevée).</li> <li>▪ Pour la justification de P1, voir l'article de [Étore <i>et al.</i>, 2018].</li> </ul>

.../..



.../..

<p><b>P3</b> - Probabilité qu'un stomoxe soit infectant</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comme indiqué précédemment, les experts considèrent au moins un vecteur infectant par bovin contagieux. C'est la raison pour laquelle les experts considèrent que la probabilité qu'un vecteur soit infectant est la même que la probabilité qu'un bovin infecté soit contagieux, soit le produit de la probabilité P3 (probabilité qu'un bovin de cet élevage soit infecté de DNC) et P4 (probabilité qu'un bovin infecté de DNC soit contagieux).</li> <li>▪ <b>Cette probabilité calculée a un mode de 1 %, un minimum de 0,06 % et un maximum de 5,4 %.</b></li> <li>▪ Pour la justification de P1, voir l'article de [Étore <i>et al.</i>, 2018].</li> </ul>
<p><b>P4</b> - Probabilité qu'un camion soit désinsectisé</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le modèle considère le scénario du pire qui est « les camions ne sont jamais désinsectisés » bien que la réglementation européenne impose la désinsectisation des véhicules ayant été en contact avec des animaux sensibles avant de sortir d'une zone à risque.</li> <li>▪ En effet, les experts considèrent que malgré la réglementation, il n'est pas certain que la qualité de la désinsectisation des véhicules soit rigoureusement contrôlée.</li> <li>▪ <b>Cette probabilité est donc estimée à 0 %.</b></li> </ul>
<p><b>P5</b> - Probabilité que les animaux soient débarqués dans un centre de rassemblement</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Le modèle considère également le scénario du pire : les animaux ne sont pas débarqués dans un centre de rassemblement, comme cela est préconisé par la réglementation. Si les animaux sont sortis du camion, les stomoxes vont les suivre et sortir également. Ils peuvent ensuite partir dans un autre camion ou rester dans le centre de rassemblement (si d'autres animaux sont présents). Pour l'analyse de risque, les experts considèrent que les animaux ne sont pas débarqués entre les pays d'origine et leur arrivée en France. Au vu du temps de trajet estimé (2 à 3 jours), cette hypothèse n'est pas réaliste mais pour le modèle, les experts ont choisi le scénario du pire (pas de déchargement des animaux).</li> <li>▪ <b>Cette probabilité est donc estimée à 0 %.</b></li> </ul>
<p><b>P6</b> - Probabilité de survie du virus dans le vecteur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dans une étude [Chihota <i>et al.</i>, 2003], le VDNC a pu être retrouvé dans des stomoxes (<i>S. calcitrans</i>) seulement au jour zéro après s'être nourris sur un bovin infecté par le VDNC. Par contre, une PCR positive a été trouvée chez plusieurs stomoxes (5 sur 12 testés au jour 0 et 3 sur 12 testés au jour 1 après le repas sanguin). Par la suite et ce jusqu'au jour 20 après le repas sanguin, aucune PCR positive n'a été trouvée sur un total de 8 à 12 stomoxes testés en fonction des jours d'observation.</li> <li>▪ Dans une approche conservative, les experts ont décidé de se fonder sur l'ensemble des résultats de PCR pour estimer la survie du virus dans les stomoxes. Comme il s'agit d'un comptage du nombre de stomoxes positifs, ils ont utilisé une loi binomiale en vue d'estimer la probabilité de survie du virus dans les stomoxes et ce, en tenant compte aussi d'une durée de trajet des véhicules de 2 à 3 jours (voir calculs détaillés dans l'article de [Saegerman <i>et al.</i>, 2018a]).</li> <li>▪ <b>Ainsi, après usage de ce modèle de régression, la probabilité de survie du virus au sein d'un stomoxe a été estimée être entre 6,5 % (3 jours de trajet) et 13 % (2 jours de trajet), selon une distribution uniforme.</b></li> </ul>
<p><b>P7</b> - Probabilité de survie des stomoxes dans le véhicule</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La durée moyenne de vie d'un stomoxe est de 15 jours. Ce qui correspond à un taux de mortalité naturelle des stomoxes de 7 % par jour.</li> <li>▪ En considérant une durée de trajet de 2 à 3 jours et un scénario du pire, c'est-à-dire que les animaux ne sont pas débarqués durant leur transport (voir hypothèse de départ), <b>cette probabilité a été estimée comprise (en arrondissant) entre 80 et 90 %.</b></li> </ul>

.../..

.../..

<p><b>P8</b> - Probabilité que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va en l'élevage</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faute d'information bibliographique pertinente, les experts ont considéré qu'un vecteur infectieux suffisait à transmettre le virus à un bovin autochtone (scénario du pire).</li> <li>▪ <b>Cette probabilité a été estimée à 100 %.</b></li> </ul>
<p><b>P9</b> - Probabilité que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va à l'abattoir.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si les animaux sont à destination de l'abattoir, le plus probable est que les stomoxes piquent des bovins présents dans l'étable de l'abattoir et donc l'infection ne se propagera pas, même s'il y a des bovins autochtones à proximité.</li> <li>▪ De plus, comme dit précédemment, les experts considèrent qu'un vecteur infectant suffit à transmettre le virus à un bovin autochtone.</li> <li>▪ <b>Les experts du GT estiment cette probabilité de 0,1 à 1 %</b>, valeur confirmée par les spécialistes internationaux de la DNC lors des auditions.</li> </ul>
<p><b>P10</b> - Probabilité que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va en élevage de chevaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les chevaux provenant des pays de la zone à risque ou des régions infectées sont surtout de loisir, il est donc plus probable qu'à leur destination il n'y ait pas de bovins à proximité, et que les stomoxes piquent uniquement des chevaux présents à proximité.</li> <li>▪ Les experts du GT estiment donc cette <b>probabilité de 0,1 à 1 %</b>, valeur confirmée par les spécialistes internationaux de la DNC lors des auditions.</li> </ul>
<p><b>P11</b> - Probabilité que des chevaux proviennent d'une ferme mixte (contenant des bovins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité d'écuries</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ne disposant pas d'information à ce sujet pour les pays de provenance, la même probabilité que P12 a été considérée.</li> </ul>
<p><b>P12</b> - Probabilité que des chevaux arrivent dans une ferme mixte (bovins/équins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité des écuries</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Un total de 34 500 élevages de chevaux a été recensé en France en 2013 dont 3 420 élevages qui ont une activité mixte bovins et équins (Interbev 2015). La variabilité régionale de ces densités n'a pas pu être prise en compte dans le modèle.</li> <li>▪ Cette <b>probabilité est estimée à 10 % selon une distribution Bêta.</b></li> </ul>

**Tableau 5**  
**Paramètres d'entrée et de sortie du modèle d'analyse du risque d'introduction de la DNC par le biais de stomoxes**  
**qui se trouveraient dans des véhicules transportant des animaux vivants (bovins ou chevaux)**

Paramètres d'entrée (inputs)	Estimation quantitative	Min.	Mode	Max.	Proba	Distribution, valeur ou calcul
Nombre de stomoxes introduits dans un camion	100	20	100	250	N1	RiskPert(50;100;500)
Probabilité que les animaux échangés proviennent d'une zone infectée non déclarée de DNC	5 à 20 % avec un mode à 7 %	0,05	0,07	0,2	P1	RiskPert(0,05;0,07;0,2)
Probabilité que les animaux échangés proviennent d'un élevage infecté de DNC	0,5 à 1 %	0,005	-	0,01	P2	RiskUniform(0,005;0,01)
Probabilité qu'un stomoxe soit infectant=produit des probabilités P3 et P4 concernant le modèle relatif aux animaux vivants infectés	Probabilité qu'un bovin de cet élevage soit infecté de DNC, soit 0,3 à 25 % avec un mode de 3 %	0,003	0,03	0,25	-	RiskPert(0,003;0,03;0,25)
	Probabilité qu'un bovin infecté de DNC soit contagieux, soit 0,6 à 50 %	0,006	-	0,5	-	RiskUniform(0,006;0,5)
Probabilité qu'un stomoxe soit infectant	Produit des 2 probabilités précédentes	0,0006	0,01	0,054	P3	calcul
Probabilité qu'un camion soit désinsectisé (scénario du pire)	0 %	-	0	-	P4	scénario du pire
Probabilité que les animaux soient débarqués dans un centre de rassemblement (scénario du pire)	0 %	-	0	-	P5	scénario du pire
Probabilité de survie du virus dans le vecteur	6,5 à 13 %	0,065	-	0,13	P6	RiskUniform(0,065;0,13)
Probabilité de survie des stomoxes dans le véhicule	80 à 90 % après un trajet de 2 à 3 jours	0,8	-	0,9	P7	RiskUniform(0,8;0,9)
Probabilité que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va en l'élevage	100 %	-	1	-	P8	scénario du pire
Probabilité que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va à l'abattoir	0,1 à 1 %	0,001	-	0,01	P9	RiskUniform(0,001;0,01)
Probabilité que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans	0,1 à 1 %	0,001	-	0,01	P10	RiskUniform(0,001;0,01)

.../..

.../..

le cas où le camion de transport va en élevage de chevaux						
Probabilité que des chevaux proviennent d'une ferme mixte (contenant des bovins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité d'es écuries	10 %	0	0,1	1	P11	RiskBeta(3421 ; 31081)
Probabilité que des chevaux arrivent dans une ferme mixte (bovins/équins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité des écuries	10 %	0	0,1	1	P12	RiskBeta(3421 ; 31081)
Nombre de lots de bovins transportés par année à destination d'élevages (données issues de TRACES)		3	7	11	n1	RiskPert(3;7;11)
Nombre de lots de bovins transportés par année à destination d'abattoirs (scénario)		3	7	11	n2	RiskPert(3;7;11)
Nombre de lots de chevaux transportés par année (données issues de TRACES)		22	44	66	n3	RiskPert(22;44;66)
<b>Paramètres de sortie (outputs)</b>					<b>Proba</b>	<b>Calcul</b>
Probabilité qu'un stomoxe infectant arrive à destination	calcul				R1	$=1-(P1*P2*P3*(1-P4)*(1-P5)*P6*P7)^{N11}$
Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un élevage	calcul				R2	$=1-(1-R1*P8)^{n1}$
Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un abattoir	calcul				R3	$=1-(1-R1*P9)^{n2}$
Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des chevaux destinés à un troupeau mixte (bovins/équins) ou arrivant dans un élevage de chevaux proche d'un troupeau bovin	calcul				R4	$=1-(1-R1*P10*P11*P12)^{n3}$

Légende : Une distribution Pert a été utilisée lorsque les experts ont pu estimer des valeurs minimale, modale et maximale d'une distribution. Il s'agit d'une distribution alternative (plus plausible) à la distribution triangulaire. Une distribution uniforme a été utilisée lorsque les experts ont pu estimer seulement les valeurs minimale et maximale d'une distribution (équiprobabilité que la valeur réelle se situe entre ces deux valeurs). Une distribution Bêta a été utilisée pour la probabilité que des chevaux proviennent ou arrivent dans une ferme mixte (contenant des bovins) ou qu'une exploitation de bovins soit à proximité des écuries. Les deux paramètres de cette distribution en caractérisent sa forme

### III - RÉSULTATS

#### 1. PROBABILITÉ D'INTRODUCTION

Les résultats sont résumés au tableau 6.

#### 2. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Une analyse de sensibilité a ensuite été réalisée. Celle-ci permet de visualiser les paramètres d'entrée qui ont le plus d'influence sur le résultat final. Les trois entrées les plus critiques du modèle d'évaluation quantitative du risque ont ainsi été identifiées. Il s'agit de la probabilité qu'un bovin de l'élevage de provenance soit infecté de DNC, la probabilité qu'un bovin infecté de DNC soit contagieux et le nombre de stomoxes introduits dans le véhicule lors du chargement des animaux (N1). Pour la probabilité (R3) qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un abattoir, une

entrée supplémentaire est aussi à considérer ; il s'agit de la probabilité (P9) que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va à l'abattoir. Pour la probabilité (R4) qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des chevaux destinés à un troupeau mixte (bovins/équins) ou arrivant dans un élevage de chevaux proche d'un troupeau bovin, une entrée supplémentaire est également à considérer ; il s'agit de la probabilité (P10) que le virus de la DNC soit transmis à des bovins autochtones par des stomoxes infectants dans le cas où le camion de transport va en élevage de chevaux. Bien qu'il soit probable que plus d'un vecteur soit nécessaire pour transmettre mécaniquement la maladie à un bovin, il a été considéré dans le modèle qu'un vecteur était suffisant pour assurer cette transmission.

Tableau 6

Probabilités d'introduction de la DNC par le biais de stomoxes qui se trouveraient dans des véhicules transportant des animaux vivants (bovins ou chevaux)\*

Probabilité	Paramètre	Valeur	Expression qualitative selon la grille de transposition développée par l'Afssa (Annexe 8)
R1 - Probabilité qu'un stomoxe infectant arrive à destination	Percentile 2,5 : Médiane : Percentile 97,5 :	4 10 <sup>-6</sup> 78 10 <sup>-6</sup> 612 10 <sup>-6</sup>	Minime à très faible (2-4 sur une échelle de 9)
R2 - Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un élevage	Percentile 2,5 : Médiane : Percentile 97,5 :	2 10 <sup>-5</sup> 53 10 <sup>-5</sup> 440 10 <sup>-5</sup>	Extrêmement faible à faible (3-5 sur une échelle de 9)
R3 - Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des bovins destinés à un abattoir	Percentile 2,5 : Médiane : Percentile 97,5 :	0,1 10 <sup>-6</sup> 2,49 10 <sup>-6</sup> 27 10 <sup>-6</sup>	Quasi-nulle à minime (1-2 sur une échelle de 9)
R4 - Probabilité qu'un bovin autochtone soit infecté par des stomoxes ayant voyagé avec des chevaux destinés à un troupeau mixte (bovins/équins) ou arrivant dans un élevage de chevaux proche d'un troupeau bovin	Percentile 2,5 : Médiane : Percentile 97,5 :	0,01 10 <sup>-6</sup> 0,156 10 <sup>-6</sup> 1,67 10 <sup>-6</sup>	Quasi-nulle (1 sur une échelle de 9)

Légende : \* Probabilités calculées sur une année, fondées sur la situation épidémiologique de janvier 2017, la réglementation européenne existant à cette même date et les données des échanges sur l'année 2016.

---

## IV - DISCUSSION

---

En utilisant un modèle d'analyse quantitative de risque, la probabilité d'une introduction de la DNC en France à la suite de l'introduction de vecteurs par camion transportant du bétail à destination d'un élevage a été estimée entre  $2 \times 10^{-5}$  et  $4,4 \times 10^{-3}$ , avec une valeur médiane de  $53 \times 10^{-5}$ .

Selon ces résultats, lorsque nous évaluons le risque d'introduction de DNC par le transport de bovins, nous devons prendre en compte non seulement le risque posé par les animaux, mais également le risque possible de transmission par les insectes, en particulier les stomoxes qui voyagent avec eux. Le risque dû aux vecteurs peut être facilement réduit en désinsectisant les véhicules. En fait, la législation européenne exige le nettoyage, la désinfection et la désinsectisation des véhicules avant de quitter une zone à risque [European Commission, 2018]. Il n'est pas certain que la qualité de la désinsectisation des véhicules (par exemple par fumigation) soit strictement contrôlée. Pour cette raison, nous avons considéré le pire scénario du modèle, dans lequel les camions ne sont jamais désinfectés ni désinsectisés. Selon ces résultats, des efforts doivent être déployés pour appliquer la législation afin de réduire le risque d'introduction de DNC dans les zones indemnes de cette maladie.

Le voyage entre les pays balkaniques et la France dure entre deux et trois jours. Pendant cette période, les animaux doivent être déchargés pendant plusieurs heures afin de pouvoir se reposer conformément à la législation européenne sur le bien-être des animaux [European Council, 2005]. Si les animaux quittent le camion, les stomoxes les suivront et sortiront. Il est également possible qu'ils aillent dans un autre camion ou restent au centre de rassemblement si d'autres animaux sont présents. Le déchargement d'animaux (et des vecteurs infectés associés) au cours d'un voyage peut également introduire une infection de DNC dans des pays autres que la France. La durée maximale autorisée pour le transport routier de bovins adultes est actuellement de huit heures pour les véhicules non développés (déchargement nécessaire des animaux) et de 29 heures pour les véhicules développés (déchargement non nécessaire des animaux) [CIV, 2004 ; European Council, 1998]. Il convient de noter que les dispositions relatives au déchargement d'animaux semblent être remises en cause en raison du risque de propagation de maladies infectieuses entre animaux d'origines différentes et du stress

supplémentaire provoqué par leur déchargement et leur rechargement par rapport à leur capacité à rester dans le véhicule dans des conditions qui répondent aux exigences réglementaires [European Council, 1998]. Pour ces raisons, le modèle d'analyse quantitative du risque d'importation considère uniquement le scénario correspondant au non-déchargement des animaux.

À l'heure actuelle, aucun bovin n'a été introduit pour l'abattage en France en provenance de la zone à risque. Si le bétail devait être abattu en France (scénario), le risque serait beaucoup plus faible que celui des animaux à destination de l'élevage. Le risque lié aux vecteurs voyageant avec des chevaux est toujours inférieur au risque lié au transport de bovins à abattre.

Pendant la période au cours de laquelle nous avons obtenu les données sur les mouvements d'animaux, aucun cheval n'a été introduit à partir de zones où la DNC est présente. Considérant qu'en cas d'épizootie de DNC, les mouvements de chevaux ne sont pas interdits, il est important de désinsectiser les camions en provenance des zones touchées afin de minimiser les risques.

Selon l'analyse de sensibilité, certaines mesures d'atténuation intéressantes ont été mises en évidence, telles que l'importance de la détection précoce de la DNC dans le pays d'origine (limitation de la propagation de la DNC), l'importance des campagnes de vaccination dans les pays touchés par la DNC (réduction de la circulation du VDNC), et l'importance de réduire le nombre de stomoxes dans le camion en procédant au nettoyage, à la désinfection et à la désinsectisation conformément à la législation européenne [European Commission, 2016]. Ces mesures devraient être encouragées pour limiter le risque d'importer des vecteurs qui voyagent à l'intérieur de camions avec des animaux.

En outre, il convient de noter que le transport à longue distance d'animaux destinés à l'abattage devrait être remplacé, dans la mesure du possible, par le transport de carcasses.

Dans le modèle d'analyse quantitative du risque, la variabilité régionale des exploitations mixtes équins/bovins n'a pas été prise en compte en raison du manque d'information. En effet, les données disponibles en France ont été utilisées comme données de substitution pour simuler la situation dans le pays d'origine des animaux en voyage [Interbev, 2015].

Pour les autres voies d'introduction de vecteurs, le risque associé au transport de vecteurs par des oiseaux est considéré comme négligeable pour deux raisons. Premièrement, il est peu probable qu'une tique transportée par un oiseau prenne un repas de sang sur du bétail. Deuxièmement, la zone actuellement infectée par le DNC et la France ne sont pas situées le long des principales voies de migration des oiseaux. Pour ces raisons, on estime que la probabilité d'introduction de DNC par des oiseaux en France est pratiquement nulle. Cependant, le rôle joué par les tiques européennes dans la transmission du VDNC est mal connu.

Le transport par le vent a été mentionné pour la propagation du VDNC en Europe de l'Est et au Moyen-Orient [EFSA, 2015]. Toutefois, compte tenu de la distance qui sépare la zone actuellement infectée de la France et des vents dominants en Europe, la probabilité que les porteurs de VDNC soient transportés passivement par les vents et transmettent la maladie en France est négligeable.

Le modèle d'analyse quantitative du risque présente certaines limites pour le choix des hypothèses et des pires scénarios (proportion de Stomoxes infectés équivalente à la proportion de

bovins contagieux, absence de nettoyage, de désinfection et de désinsectisation du camion utilisé pour le transport des animaux, absence de déchargement des animaux au cours du transport, seuls *Stomoxys calcitrans* a été considéré comme un vecteur mécanique du VDNC, la proportion d'exploitations mixtes bovines et équinées dans les pays d'origine était inconnue et, par conséquent, estimée au même niveau qu'en France, et la probabilité d'infection par le bétail dans la ferme de destination a été estimée être de 100 %).

Pour la DNC et le VDNC, certains besoins en données existent pour le temps écoulé entre l'infection d'une ferme et le dépistage de la maladie, la durée réelle du transport et le nombre de déchargements, la survie du VDNC dans les stomoxes, l'efficacité de la transmission par piqûres (nombre de piqûres nécessaires), l'éradication efficace des insectes dans les camions de transport d'animaux (traitement insecticide ou méthodes de lutte alternatives), la densité/dynamique de *Stomoxys calcitrans* dans les exploitations européennes et les risques associés aux autres insectes suceurs de sang européens.

---

## V - CONCLUSION

---

En conclusion, le développement d'une modélisation QIRA stochastique a permis de quantifier le risque d'introduction de DNC en France par l'importation de vecteurs voyageant dans des camions transportant des animaux. Cette

estimation était limitée au risque d'introduction par *Stomoxys calcitrans*. La désinsectisation des camions transportant des animaux vivants est d'une importance capitale pour réduire ce risque.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

Afssa - Une méthode qualitative d'estimation du risque en santé animale. Agence Française de sécurité sanitaire des aliments, Maisons-Alfort, France, 2008, 69 p.

Anses - Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective sur le risque d'introduction de la dermatose nodulaire contagieuse en France, 137 p.

Campbell J.B., Skoda S.R., Berkebile D.R., Boxler D.J., Thomas G.D., Adams D.C., Davis R. - Effects of stable flies (Diptera: *Muscidae*) on weight gains

of grazing yearling cattle. *J. Econ. Entomol.*, 2001, **94**(3), 780-783.

Chihota C.M., Rennie L.F., Kitching R.P., Mellor P.S. - Mechanical transmission of lumpy skin disease virus by *Aedes aegypti* (Diptera: *Culicidae*). *Epidemiology and Infection*, 2001, **126**(2), 317-321.

Chihota C.M., Rennie L.F., Kitching R.P., Mellor P.S. - Attempted mechanical transmission of lumpy skin disease virus by biting insects. *Medical and Veterinary Entomology*, 2003, **17**(3), 294-300.

- CIV - Transport et bien-être des ruminants. Le point sur la situation aujourd'hui en France. Centre d'Information des Viandes, Paris, France, 2004, 11 p.
- EFSA - Scientific Opinion on lumpy skin disease. *EFSA Journal*, 2015, **13**(1), 3986-3973.
- Étoré F., Bertagnoli S., Casal J., Caufour P., De Clercq K., Ganière J.P., Hautefeuille C., Jacquet P., Meyer G., Saegerman C. - Risque d'introduction de la dermatose nodulaire contagieuse en France par les importations/échanges de bovins vivants. *Épidémiol. et santé anim.*, 2018, **74**, sous presse.
- European Commission - Decision (EU) No 2016/2008 of 15 November 2016 concerning animal health control measures relating to lumpy skin disease in certain Member States. *Official Journal of the European Union*, 2016, **L310**, 51-65.
- European Council: Council Regulation (EC) No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97. *Official Journal of the European Union*, 2005, **L3**, 1-44.
- European Council: Regulation (EC) No 411/98 of 16 February 1998 on additional animal protection standards applicable to road vehicles used for the carriage of livestock on journeys exceeding eight hours. *Official Journal of the European Communities*, 1998, **L52**, 8-11.
- Interbev - L'essentiel de la filière équine française 2015. Interbev, 2015. Available at the URL address: <http://www.interbev.fr/wp-content/uploads/2015/10/LIVRET-VIANDES-EQUINE-2015-BD.pdf> (consulted at January 17, 2017).
- Kahana-Sutin E., Klement E., Lensky I., Gottlieb Y. - High relative abundance of the stable fly *Stomoxys calcitrans* is associated with lumpy skin disease outbreaks in Israeli dairy farms. *Med. Vet. Entomol.*, 2017, **31**(2), 150-160.
- Kazarina A., Japiņa K., Keišs O., Salmane I., Bandere D., Capligina V., Ranka R. - Detection of tick-borne encephalitis virus in *I. ricinus* ticks collected from autumn migratory birds in Latvia. *Ticks Tick Borne Dis.*, 2015, **6**(2), 178-180.
- Magori-Cohen R., Louzoun Y., Herziger Y., Oron E., Arazi A., Tuppurainen E., Shpigel N.Y., & Klement E. - Mathematical modelling and evaluation of the different routes of transmission of lumpy skin disease virus. *Vet. Res.*, 2012, **43**, 1.
- OIE - Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products- Volume II, World Organisation for Animal Health (OIE), Paris, France, 2004, pp. 126.
- Saegerman C., Bertagnoli S., Meyer G., Ganière J.P., Caufour P., De Clercq K., Jacquet P., Fournié G., Hautefeuille C., Étoré F., Casal J. - Risk of introduction of lumpy skin disease in France by the import of vectors in animal trucks. *PLoS One*, 2018a, **13**(6), e0198506.
- Saegerman C., Bertagnoli S., Meyer G., Ganière J.P., Caufour P., De Clercq K., Jacquet P., Hautefeuille C., Étoré F., Casal J. - Risk of introduction of Lumpy Skin Disease into France through imports of cattle. *Tansboundary Emerging Diseases*, 2018b, Accepted.



## Remerciements

Cette étude a été réalisée par un groupe de travail *ad hoc* de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).