

RISQUE D'INTRODUCTION DE LA DERMATOSE NODULAIRE CONTAGIEUSE EN FRANCE PAR LES IMPORTATIONS/ÉCHANGES DE BOVINS VIVANTS *

Étoré Florence¹, Bertagnoli Stéphane^{2,8}, Casal Jordi^{3,8}, Caufour Philippe^{4,8},
De Clercq Kris^{5,8}, Ganière Jean-Pierre^{6,8}, Hautefeuille Claire¹, Jacquiet Philippe^{2,8},
Meyer Gilles^{2,8} et Saegerman Claude^{7,8}



RÉSUMÉ

Afin d'estimer la menace pour la France, un modèle d'évaluation quantitative des risques à l'importation a été développé pour évaluer le risque d'introduction du virus de la dermatose nodulaire contagieuse (DNC) en France par les importations de bovins vivants. Sur la base des informations disponibles et en utilisant un modèle stochastique, la probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC en France après l'importation de lots de bovins vivants infectés a été estimée entre 4×10^{-5} et $3,3 \times 10^{-3}$ (avec un intervalle de confiance de 95 %). Ce modèle peut facilement être adapté à différents pays et à d'autres maladies.

Mots-clés : dermatose nodulaire contagieuse, analyse quantitative des risques à l'importation, analyse de risque, analyse de sensibilité, modèle stochastique, bovins, ruminants, France.

ABSTRACT

In order to estimate the threat for France, a quantitative import risk assessment (QIRA) model was developed to assess the risk of Lumpy Skin Disease (LSD) introduction in France by imports of cattle. Based on available information and using a stochastic model, the probability of a first outbreak of LSD in France following the import of batches of infected live cattle was estimated to be between 4×10^{-5} and 3.3×10^{-3} (in 95% of cases). This model can easily be adapted to different countries and to other diseases.

Keywords: Lumpy skin disease, Quantitative import risk assessment (QIRA), Risk analysis, Sensitivity analysis, Stochastic modelling, Cattle, Ruminants, France.



Article reçu le 1er octobre 2018, accepté le 6 novembre 2018

* Texte de la communication orale présentée lors de la Journée AEEMA, 1^{er} juin 2018

¹ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), Maisons-Alfort, France

² IHAP, Université de Toulouse, INRA, ENVT, Toulouse, France

³ Departament de Sanitat i Anatomia Animals. Universitat Autònoma de Barcelona/IRTA-CReSA, Barcelone, Espagne

⁴ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Montpellier, France

⁵ Sciensano, Bruxelles, Belgique

⁶ ONIRIS, Nantes, France

⁷ Faculté de médecine vétérinaire de Liège, Liège, Belgique

⁸ Membre du Comité d'experts spécialisé Santé et bien-être animal et/ou du groupe de travail relatif à la dermatose nodulaire contagieuse de l'ANSES, Maisons-Alfort, 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/EEC⁹, décision 89/162/EEC¹⁰). 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 ont 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 ont été déclarés en Bulgarie et dans l'Ancienne République Yougoslave de Macédoine (ARYM). L'épizootie s'est 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 (DNCV) en France 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 relatif à la DNC et se focalise sur l'estimation de la probabilité d'introduction du DNCV en France métropolitaine par l'importation de bovins vivants. L'avis de l'Anses traite également des autres modalités d'introduction telles que les arthropodes vecteurs, la semence, les véhicules, etc.

L'évaluation présentée ci-après porte sur l'appréciation de 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 DNCV 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 correspond à la zone 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^{er} 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^{er} 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.

⁹ [Directive 82/894/CEE du Conseil, du 21 décembre 1982, concernant la notification des maladies des animaux dans la Communauté.](#)

¹⁰ [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.](#)

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) 2016/2008¹¹, 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.

Figure 1

Carte de l'Europe indiquant la zone à risque au 1^{er} 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)



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).

¹¹ 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.

3. ESPÈCES ANIMALES CONSIDÉRÉES ET MOUVEMENTS D'ANIMAUX

Les animaux considérés pour l'analyse sont les bovins vivants, espèce majeure impliquée en Europe dans l'épidémiologie de la DNC. En effet, dans les pays récemment affectés, les foyers de DNC ont généralement été causés par l'introduction d'animaux vivants infectés ou de vecteurs. Pour la transmission sur de longues distances, les mouvements d'animaux infectés, de façon asymptomatique ou cliniquement atteints, semblent être la cause la plus probable de diffusion en plus de l'introduction éventuelle de vecteurs transportés par le vent [EFSA, 2015 ; Saegerman *et al.*, 2018].

En France, il n'y a pas eu d'enregistrement d'une introduction de bovins vivants à partir de pays d'Afrique ou du Proche-Orient (zones où la DNC est enzootique). En outre, d'après la base de données TRACES (*TRAdE Control and Expert System*) pour la période allant de juillet 2015 à juillet 2016, il n'y a pas eu de mouvements d'animaux en provenance d'Etats membres infectés.

D'après les données de TRACES, sur la période d'un an (de juillet 2015 à juillet 2016), un petit nombre de bovins a été introduit en France par des pays de la zone à risque (182 animaux à travers sept lots en provenance de Roumanie et de Hongrie). Pendant cette période, aucun animal n'a été importé de pays à risque en dehors de l'UE. Tous les animaux des pays à risque ont été introduits dans des élevages français (NAE : nombre de bovins importés introduits dans les élevages). Cependant, afin d'évaluer l'impact potentiel de l'introduction d'animaux pour l'abattage, un scénario a été élaboré en utilisant le même nombre de bovins introduits que pour l'élevage mais cette fois à destination des abattoirs (NAA : nombre de bovins importés introduits dans les abattoirs). Ces valeurs ont été utilisées pour déterminer le nombre de bovins par lot introduits pour l'élevage (NAEt) et dans les abattoirs (NAAt). Chaque lot importé peut contenir ou pas un ou plusieurs animaux infectieux, dès lors la probabilité d'un lot importé contenant au moins un animal infectieux doit être estimée.

4. MODÈLE POUR L'APPRÉCIATION DU RISQUE D'INTRODUCTION DU DNCV EN FRANCE

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, pour les mouvements d'animaux vivants 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. La transmission à des animaux dans des abattoirs a également été prise en compte car en Grèce, l'hypothèse la plus probable d'infection identifiée a été l'abattage à proximité d'élevages, de bovins qui étaient originaires d'une zone infectée de DNC (K. De Clercq, communication personnelle).

5. PROBABILITÉS CONSIDÉRÉES DANS LE MODÈLE

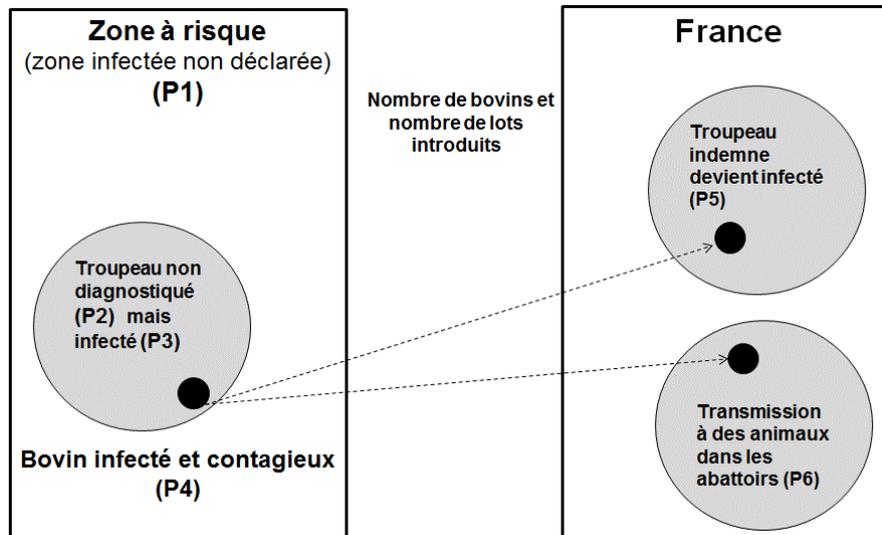
Six probabilités ont été estimées pour l'analyse.

P1 - Probabilité que les bovins échangés proviennent d'une zone infectée de DNC non déclarée :

- Les pays considérés sont les pays de l'UE qui échangent des bovins vivants avec la France métropolitaine, au départ de zones indemnes de pays infectés (Grèce et Bulgarie) ou de pays frontaliers des pays infectés (Roumanie, Hongrie et Croatie), c'est-à-dire des bovins provenant de la zone à risque telle que définie plus haut (figure 1) ;
- Sur base de l'expérience acquise lors de l'émergence d'une autre maladie virale qu'est la fièvre catarrhale ovine [Saegerman et Thiry, 2009] et dont le temps d'incubation est en général de 5 à 10 jours [OIE, 2013], les experts ont considéré dans l'estimation de la probabilité, que le délai entre le premier cas et sa déclaration, quel que soit le pays, est en moyenne de trois semaines (minimum 7 jours, maximum 60 jours). Tout d'abord, parce que la période d'incubation du DNCV est de 28 jours et ensuite parce que, au stade précoce de la maladie, la probabilité de sous-notification des foyers par les éleveurs est élevée car ils ne remarquent pas les premiers signes cliniques, particulièrement dans les zones où la maladie est nouvelle. Cette estimation a été validée par les spécialistes internationaux de la DNC lors d'auditions. C'est-à-dire que les propositions des estimations des experts du groupe de travail relatif à la DNC ont été soumises à l'appréciation d'experts internationaux ;

Figure 2

Schéma conceptuel utilisé pour l'évaluation quantitative du risque à l'importation



- Les experts ont estimé la probabilité qu'un pays à risque s'infecte au cours du mois en calculant l'incidence de la maladie pour un pays. En 2016, parmi les pays de la zone à risque six pays ont été infectés et cinq pays sont restés indemnes (tout en étant à risque d'être infectés). Sur l'année 2016, les pays infectés ont été infectés en moyenne au bout de 4,5 mois¹², c'est-à-dire qu'ils sont considérés à risque d'être infectés pendant 4,5 mois. Les pays qui sont restés indemnes sont considérés à risque d'être infectés pendant toute l'année (12 mois). Pour le calcul, les experts obtiennent donc 87 mois à risque d'être infecté ((6x4,5) + (5x12)). L'incidence est donc de 6 pays par 87 mois à risque, soit de 7 %. Cela signifie qu'un pays à risque d'être infecté a une probabilité de 7 % de devenir infecté au cours du mois.

Sur la base de ces éléments la probabilité que les bovins échangés proviennent d'une zone infectée non déclarée de DNC (P1) a été estimée comprise entre 5 et 20 %, avec un mode à 7 %.

P2 - Probabilité que les animaux échangés proviennent d'un élevage infecté de DNC :

- Les experts ont considéré que dans un pays récemment infecté, le nombre d'élevages infectés sera faible (vraisemblablement moins d'une dizaine) ;
- Cette valeur dépend toutefois de la densité des élevages et en UE ce sont surtout les gros élevages qui exportent.

À dire d'experts, la fourchette estimée de la probabilité P2 est comprise entre 0,5 et 1 % pour l'UE avec un mode à 0,75 % (hors UE, cette probabilité serait sans doute plus élevée).

P3 - Probabilité qu'un bovin de cet élevage soit infecté de DNC (et soit non détecté) :

- La morbidité intra-troupeau a été calculée en utilisant les données des rapports de déclaration d'infection à l'OIE. Les experts ont sélectionné 59 élevages (de plus de 50 animaux) déclarés infectés entre avril et septembre 2016 en Grèce et en Bulgarie. La prévalence intra-troupeau calculée était : minimum 0,3 %, médiane 3 %, maximum 25 %. Cette valeur n'est calculée que sur le nombre de bovins présentant des signes cliniques, la Grèce et la Bulgarie n'effectuant pas de test virologique pour les animaux ne

¹² Bulgarie et ARYM ont été infectées en avril (3 mois en étant indemnes à risque d'être infectés), Serbie, Kosovo et Albanie en juin (5 mois) et le Monténégro en juillet (6 mois). Donc en moyenne, ils sont considérés à risque d'être infectés pendant $(2x3+3x5+1x6)/6=4,5$ mois.

présentant pas de signes cliniques. Il ne s'agit donc pas de prévalence intra-troupeau mais de la morbidité dans le troupeau ;

- L'estimation de la prévalence intra-troupeau correspond à cette valeur de morbidité multipliée par 2 car seulement 50 % des animaux infectés ont des signes cliniques [Tuppurainen et Oura, 2012] ;
- Cependant, les experts ont estimé que seuls les bovins ne présentant pas de signes cliniques seront exportés. C'est pourquoi, les experts ont choisi de ne considérer que les 50 % des bovins infectés sans signes cliniques, c'est-à-dire la valeur de la morbidité calculée.

La fourchette estimée de probabilité P3 est donc comprise entre 0,3 et 25 %, avec un mode à 3 %.

P4 - Probabilité qu'un bovin infecté de DNC soit contagieux :

- Un animal sur deux n'exprime pas de signes cliniques [Tuppurainen et Oura, 2012]. Toutefois, les bovins asymptomatiques ne sont peut-être pas contagieux [Gale *et al.*, 2016]. Les experts ont donc considéré uniquement le pourcentage d'animaux présentant des signes cliniques.

Ainsi, les experts ont choisi de considérer l'ensemble de l'intervalle de confiance calculé de la prévalence intra-troupeau, soit de 0,6 % à 50 %, selon une distribution uniforme.

P5 - Probabilité qu'un bovin infecté de DNC et contagieux, destiné à l'élevage, transmette le DNCV à des bovins autochtones :

- En élevage, la transmission va dépendre de la saison. S'il y a beaucoup de vecteurs, la probabilité est élevée qu'un bovin infecté transmette le DNCV à un autre bovin. En Israël, une étude a calculé un taux reproductif de base (R_0) de 16. Cela signifie que dans les conditions d'élevage et dans cette région particulière, un bovin infecté peut transmettre le virus à 16 autres bovins [Magori-Cohen *et al.*, 2012]. Même si les conditions environnementales en France peuvent être moins favorables que dans

cette étude, surtout en fonction de la saison, cette valeur indique qu'un animal infecté a une probabilité de 100 % de transmettre le virus à un animal indemne ;

- S'il y a peu de vecteurs, par exemple en hiver [P. Jaquiet, communication personnelle], cette probabilité est diminuée jusqu'à environ 30 %. Cette valeur inclut également les autres modes de transmission sans vecteurs (par exemple le contact direct, la semence, *etc.*).

De ce fait, la probabilité P5 a été estimée entre 30 % et 95 %.

P6 - Probabilité qu'un bovin infecté et contagieux, destiné à l'abattage, transmette le DNCV à des bovins autochtones :

- À l'abattoir, il n'y a pas de contacts avec des animaux vivants hormis ceux qui seront prochainement abattus ;
- Il y a un risque très faible de transmission du DNCV par voie vectorielle des bovins abattus vers un élevage qui se situerait en bordure d'un abattoir ;
- Malgré tout, les experts reconnaissent que cette probabilité n'est pas nulle. En effet, en Grèce, pour certains foyers apparus en zone indemne, l'hypothèse la plus probable d'infection identifiée par l'enquête épidémiologique est l'abattage à proximité des élevages, de bovins originaires de la zone infectée [K. De Clercq, communication personnelle]. Par contre, en Bulgarie, il n'y a eu aucun cas identifié comme relié à un abattoir.

De ce fait, à dire d'experts, la probabilité P6 a été estimée comprise entre 0,1 et 1 %.

La distribution des probabilités énoncées ci-dessus est présentée dans le tableau 1. Une distribution Pert a été utilisée lorsque les experts ont pu estimer les valeurs minimale, modale et maximale de chaque 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).

Tableau 1
Paramètres d'entrée du modèle d'analyse du risque d'introduction du DNCV

Paramètres d'entrée		Estimation quantitative	Min.	Mode	Max.	Prob.	Distribution de probabilité (fonction dans @Risk)
Probabilité que les bovins échangés proviennent d'une zone infectée non déclarée		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 bovins échangés proviennent d'un élevage infecté de DNC		0,5 à 1 %, avec un mode à 0,75 %	0,005	0,0075	0,01	P2	RiskPert(0,005;0,0075;0,01)
Probabilité qu'un bovin de cet élevage soit infecté de DNC et soit non détecté		0,3 à 25 %, avec un mode de 3 %	0,003	0,03	0,25	P3	RiskPert(0,003;0,03;0,25)
Probabilité qu'un bovin infecté de DNC soit contagieux		0,6 à 50 %	0,006	-	0,50	P4	RiskUniform(0,006;0,5)
Probabilité qu'un bovin infecté de DNC et contagieux, destiné à l'élevage ou à l'abattoir, transmette le DNCV à des bovins autochtones		Elevage : 30 à 95 %	0,3	-	0,95	P5	RiskUniform(0,3;0,95)
		Abattoir : 0,1 à 1 %	0,001	-	0,01	P6	RiskUniform(0,001;0,01)
Nombre de bovins introduits	Élevage	Données réelles	90	182	270	NAE	RiskPert(90;182;270)
	Abattoir	Scénario	90	182	270	NAA	RiskPert(90;182;270)
Nombre de lots de bovins introduits	Élevage	Données réelles	3	7	11	NTE	RiskPert(3;7;11)
	Abattoir	Scénario	3	7	11	NTA	RiskPert(3;7;11)
Nombre de bovins introduits par lot pour l'élevage =						NAEt	=NAE/NTE
Nombre de bovins introduits par lot pour l'abattage =						NAAt	=NAA/NTA

6. CALCUL DE LA PROBABILITÉ D'INTRODUCTION DU VIRUS DE LA DNC EN FRANCE PAR DES BOVINS VIVANTS

Tenant compte des probabilités estimées et des paramètres initiaux (nombre de bovins/lots introduits) (tableau 1), la probabilité que des bovins contagieux importés ou échangés, provenant d'une ferme infectée, transmettent le DNCV à des bovins autochtones a été calculée et ce, avec deux modalités selon que les bovins sont destinés à l'élevage (P7) ou à l'abattage (P8) (tableau 2).

Ces probabilités ont été calculées selon les formules suivantes :

P7 - Probabilité qu'un bovin contagieux importé/échangé provenant d'une ferme infectée

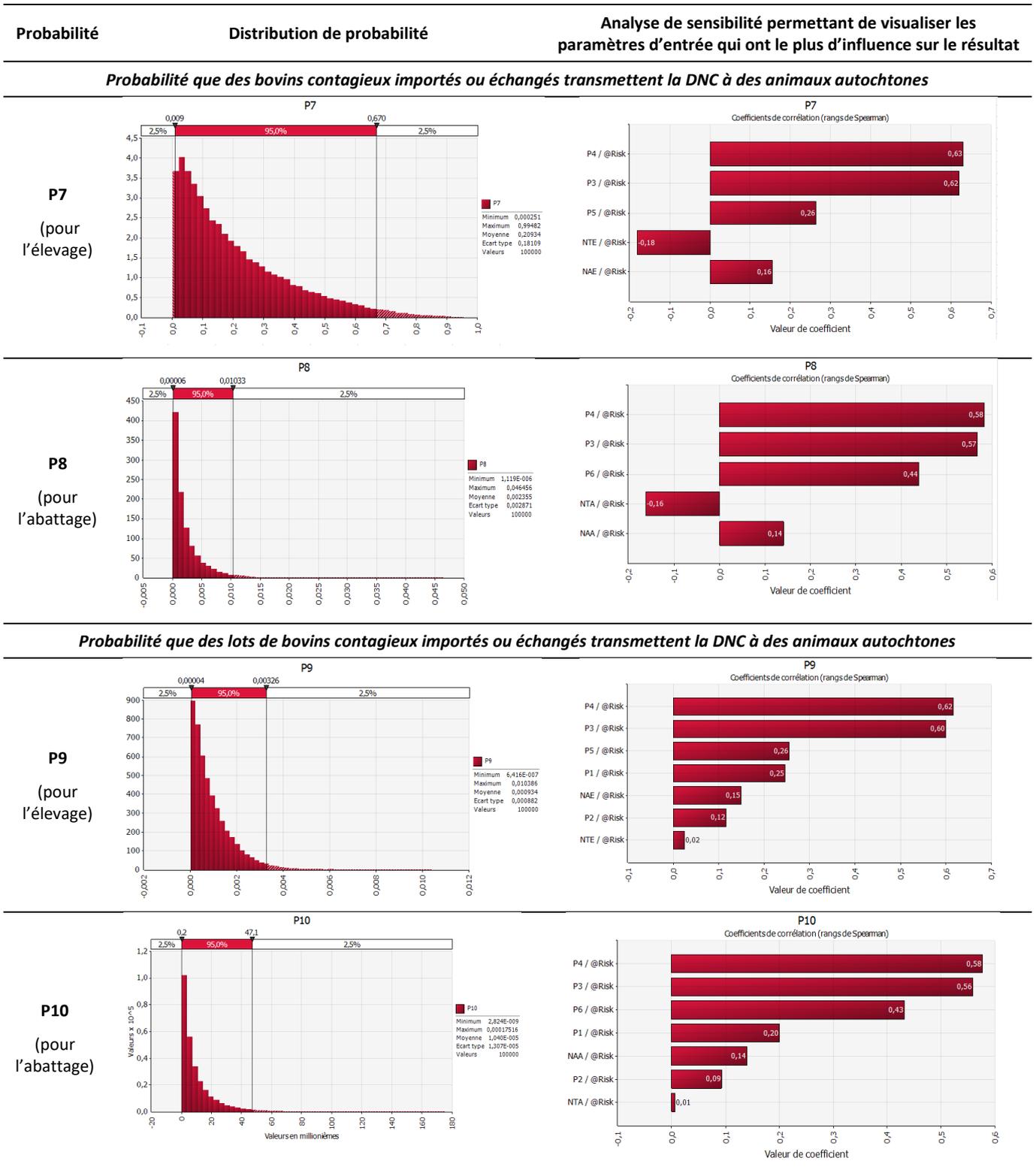
transmette le DNCV à des bovins autochtones de l'élevage de destination : $1-(1-P3* P4* P5) ^{NAEt}$

P8 - Probabilité qu'un bovin contagieux importé/échangé provenant d'une ferme infectée et destiné à l'abattoir transmette le DNCV à des bovins autochtones : $1-(1-P3* P4* P6) ^{NAAt}$

De la même manière, la probabilité que des lots de bovins importés ou échangés, provenant de la zone à risque, proviennent de fermes infectées et transmettent le DNCV à des animaux autochtones a été calculée et ce, avec deux modalités selon que les lots de bovins sont destinés à l'élevage (P9) ou à l'abattage (P10).

Tableau 2

Probabilité que des bovins et lots de bovins contagieux importés ou échangés transmettent la DNC à des animaux autochtones (distribution de probabilité et analyse de sensibilité)



P9 - Probabilité que des lots de bovins importés/échangés et destinés à l'élevage proviennent d'une ferme infectée et transmettent le DNCV à des bovins autochtones : $1-(1-P1 * P2 * P7)$
^ NTE

P10 - Probabilité que des lots de bovins importés/échangés et destinés à l'abattoir proviennent d'une ferme infectée et transmettent le DNCV à des bovins autochtones $1-(1-P1 * P2 * P8)$
^ NTA

Les calculs ont été effectués dans Microsoft Excel (Microsoft® Office 2013, Redmond, WA). Ensuite 100 000 simulations Monte Carlo ont été réalisées, avec le logiciel @Risk 7.5, afin d'obtenir les distributions de probabilités résultantes P7 à P10.

7. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

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), 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].

III - RÉSULTATS

1. PROBABILITÉ D'APPARITION D'UN PREMIER FOYER DE DNC EN FRANCE À LA SUITE DE L'INTRODUCTION DE BOVINS VIVANTS

La probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC en France à la suite de l'introduction de bovins vivants infectés destinés à l'élevage (P9) a été ainsi estimée entre 0,004 % et 0,326 % (avec un

intervalle de confiance de 95 %) ce qui correspond à une probabilité qualitative allant d'« extrêmement faible » à « faible » [Afssa, 2008], 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 (voir tableau 3).

Tableau 3

Probabilités que des bovins ou lots de bovins infectants importés ou échangés transmettent le DNCV à des bovins autochtones*

Probabilité	Percentile 2,5	Médiane	Percentile 97,5
P7 - Probabilité qu'un bovin contagieux importé/échangé provenant d'une ferme infectée transmette le DNCV à des bovins autochtones de l'élevage de destination	0,009	0,157	0,670
P8 - Probabilité qu'un bovin contagieux importé/échangé provenant d'une ferme infectée et destiné à l'abattoir transmette le DNCV à des bovins autochtones	0,00006	0,00013	0,01
P9 - Probabilité que des lots de bovins importés/échangés et destinés à l'élevage proviennent d'une ferme infectée et transmettent le DNCV à des bovins autochtones	0,00004	0,00067	0,00326
P10 - Probabilité que des lots de bovins importés/échangés et destinés à l'abattoir transmettent le DNCV à des bovins autochtones	$0,2 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$47,1 \cdot 10^{-6}$

* 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.

En 2016, il n'y a pas eu d'introduction de bovins destinés à l'abattoir provenant de la zone à risque. La probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC en France à la suite de l'introduction de bovins vivants infectés destinés à l'abattoir (P10) est donc estimée nulle. Toutefois, un scénario a été analysé pour estimer une probabilité P10. Dans ce scénario, il a été estimé que s'il y avait autant de bovins destinés à l'abattoir introduits en France que le nombre introduit pour l'élevage, la probabilité serait comprise entre $0,2 \cdot 10^{-6}$ et $47 \cdot 10^{-6}$ (avec un intervalle de confiance de 95 %) ce qui correspond à un qualificatif de « quasi nulle » à « minime », pour une année, sur la base de la situation épidémiologique de janvier 2017, de la réglementation européenne existant à cette même date et des données des échanges sur l'année 2016. À quantité égale d'animaux importés/échangés, le risque est donc plus faible si les animaux sont destinés à l'abattage plutôt qu'à l'élevage (ou l'engraissement d'ailleurs).

2. ANALYSE DE SENSIBILITÉ

L'analyse de sensibilité 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 (tableau 2).

Dans le cas des bovins destinés à l'élevage il s'agit des probabilités P3, P4 et P5 : probabilité qu'un bovin de cet élevage soit infecté de DNC et soit non détecté, probabilité qu'un bovin infecté de DNC soit contagieux, probabilité qu'un bovin infecté de DNC et contagieux, destiné à l'élevage, transmette le DNCV à des bovins autochtones.

Dans le cas des bovins destinés à l'abattoir, il s'agit des probabilités P3, P4 et P6 (probabilité qu'un bovin infecté de DNC et contagieux, destiné à l'élevage ou à l'abattoir, transmette le DNCV à des bovins autochtones).

IV - DISCUSSION

La DNC est une maladie émergente qui s'est répandue ces dernières années dans différents pays du Moyen-Orient et de la péninsule balkanique.

Peu d'analyses qualitatives des risques à l'importation ont été réalisées pour la DNC [Alemayehu *et al.*, 2013 ; FLI, 2016]. Pour estimer le risque d'introduire le virus de la DNC en France par les importations de bovins vivants des Balkans, un premier modèle d'analyse quantitatif des risques à l'importation a été mis au point par un groupe interdisciplinaire d'experts scientifiques.

Les mouvements d'animaux sont probablement la principale cause de propagation de la DNC sur de grandes distances. En effet, dans les pays touchés par ce virus, la propagation de l'infection entre des zones éloignées a été associée à des mouvements d'animaux, généralement des mouvements illégaux d'animaux atteints cliniquement ou asymptomatiques [EFSA, 2016]. En Turquie, les foyers apparus dans les provinces de Sivas et de Konya, à plus de 400 km au nord et à 500 km au nord-ouest du foyer antérieur, ont également été attribués à des mouvements d'animaux [EFSA, 2015]. En Éthiopie, les mouvements d'animaux étaient le principal facteur significatif associé à la DNC clinique au cours de la période 2007-2008, avec un odds ratio de 8,5 [Gari *et al.*, 2010]. Les bovins de

boucherie provenant des zones pastorales de la région de Borena représentaient un facteur de risque dans l'introduction de la DNC dans les parcs d'engraissement [Alemayehu *et al.*, 2013].

Malgré les bas niveaux des probabilités estimées grâce à ce modèle, la situation dans la région des Balkans doit être scrutée de manière approfondie et continue en raison de la vitesse de propagation de la DNC, estimé en 2017 à 7,3 km/semaine [Mercier *et al.*, 2017].

De plus, le réseau représentant les mouvements d'animaux entre la France et d'autres pays plus éloignés de la région des Balkans (et donc plus proches de la France) est plus étendu. La notification des modifications du statut vis-à-vis de la DNC dans les pays des Balkans et les autres pays périphériques de la zone à risque est d'une importance primordiale pour prévenir l'introduction de la DNC en France.

Au cours du développement du modèle, certains points clés ont émergé. Les informations sur les échanges entre pays européens autres que la France (notamment entre pays infectés et pays limitrophes de la France) n'étaient pas disponibles pour les experts français. Ce type d'information revêt toutefois une grande importance pour

estimer le risque d'introduction de la DNC lié aux mouvements d'animaux vivants, en particulier dans un contexte d'extension de la zone infectée. En outre, certains pays de la zone à risque des Balkans, exempts de DNC, ont lancé des campagnes de vaccination préventive qui n'ont pas été prises en compte dans l'analyse. L'intégration de données sur la vaccination pourrait permettre d'améliorer le modèle. Cependant, des données quantitatives fiables sur les vaccins doivent être fournies par les pays.

Enfin, le modèle développé présente certains avantages, notamment sa nature stochastique permettant l'intégration de l'incertitude sur

certaines paramètres d'entrée (par exemple, l'intégration de toutes les valeurs possibles des paramètres à l'aide de l'échantillonnage de Monte-Carlo de la distribution des valeurs). Il peut facilement être adapté à l'évolution de la situation sanitaire de la DNC (avec interpolation de nouvelles données) et au fait que certaines mesures de prévention et de contrôle devraient également être davantage intégrées dans le modèle (par exemple, la vaccination). De plus, ce modèle est facile à adapter à différents pays et à d'autres maladies.

En outre, l'analyse de sensibilité a permis d'identifier les paramètres d'entrée qui ont eu le plus d'influence sur les conclusions.

V - CONCLUSION

Dans un contexte épidémiologique d'émergence de la DNC en Europe, une évaluation du risque d'introduction du DNCV en France a été conduite par un groupe d'experts dans le cadre des travaux du Comité d'experts spécialisé en santé et bien-être des animaux de l'Anses. Compte tenu du délai imparti, les experts ont apprécié « uniquement » 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.

Le groupe d'experts, en prenant en compte toutes les données scientifiques et commerciales à sa disposition, a réalisé une appréciation du risque d'apparition d'un premier foyer de DNC en France, en fonction des différentes sources de virus et de leurs modalités d'introduction possibles (par les animaux vivants et leurs produits (semence et embryons), par les vecteurs, par les supports inertes, etc.). L'appréciation de risque a été réalisée selon une approche quantitative pour la modalité d'introduction considérée comme parmi les plus probables : l'introduction de bovins vivants. Seuls les animaux provenant des pays de l'UE appartenant à la zone à risque (Grèce, Bulgarie, Roumanie, Croatie, Hongrie) ont été pris en compte dans l'analyse.

La probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC en France à la suite de l'introduction de lots de bovins vivants infectés destinés à l'élevage a été estimée entre 0,004 % et 0,32 % (avec un intervalle de confiance de 95 %), soit « extrêmement faible » à « faible ».

Actuellement, il n'y a pas d'introduction de bovins destinés à l'abattoir provenant de la zone à risque. La probabilité d'apparition d'un premier foyer de DNC en France à la suite de l'introduction de bovins vivants infectés destinés à l'abattoir est donc estimée nulle. Les experts ont toutefois estimé que, s'il y avait autant de bovins destinés à l'abattoir introduits en France que le nombre introduit pour l'élevage, la probabilité serait entre $0,2 \cdot 10^{-6}$ et $47 \cdot 10^{-6}$ (avec un intervalle de confiance de 95 %), soit « quasi nulle » à « minimale ».

Les variables utilisées dans le modèle développé pour l'appréciation de risque quantitative peuvent être facilement modifiées en fonction de l'évolution de la situation épidémiologique en Europe, des données relatives aux échanges entre les différents Etats membres mais également de l'évolution des connaissances, notamment sur les vecteurs ou les modalités de transmission du DNCV. La vaccination pourrait également être intégrée à ce modèle. Ce modèle pourrait également être adapté pour d'autres maladies ou même d'autres pays.

BIBLIOGRAPHIE

- Afssa - Une méthode qualitative d'estimation du risque en santé animale. Agence Française de sécurité sanitaire des aliments, Maisons-Alfort, France, 2008, 69 pages.
- Alemayehu G., Zewde G., Admassu B. - Risk assessments of lumpy skin diseases in Borena bull market chain and its implication for livelihoods and international trade. *Tropical Animal Health and Production*, 2013, **45**(5), 1153-1159.
- Anses - Saisine n° 2016-SA-0120 relative au risque d'introduction de la dermatose nodulaire contagieuse en France, Février 2017, Anses, Maisons-Alfort, France.
- EFSA - Scientific Opinion on lumpy skin disease. *EFSA Journal*, 2015, **13**(1), 3986-4073.
- EFSA - Strengthening regional cooperation in South East Europe and Middle East for prevention and control of Lumpy Skin Disease (LSD). *EFSA Supporting publication*, **13**(7), 2016, 1059E.
- FLI - Qualitative Risikobewertung zur Einschleppung von Lumpy Skin Disease (LSD; auch Dermatitis nodularis) in die Bundesrepublik Deutschland. Friedrich-Loeffler-Institute, Federal Research Institute for Animal Health, 2016, 34 pages.
- Gale P., Kelly L., Snary E.L. - Qualitative assessment of the entry of capripoxviruses into Great Britain from the European Union through importation of ruminant hides, skins and wool. *Microbiol. Risk Analysis*, 2016, **1**, 13-18.
- Gari G., Waret-Szkuta A., Grosbois V., Jacquet P., Roger F. - Risk factors associated with observed clinical lumpy skin disease in Ethiopia. *Epidemiology and Infection*, 2010, **138**(11), 1657-1666.
- Mercier A., Arsevska E., Bournez L., Bronner A., Calavas D., Cauchard J., Falala S., Caufour P., Tisseuil C., Lefrançois T., Lancelot R. - Spread rate of lumpy skin disease in the Balkans, 2015-2016. *Transboundary and Emerging Diseases*, 2017, **65**(1), 240-243.
- 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. *Veterinary Research*, 2012, **43**(1), 1.
- Office International des Epizooties (OIE). 2013 "Bluetongue". Dernière modification 04/2013 Consulté le 12/2016.
http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/Disease_cards/BLUETONGUE.pdf.
- Office International des Epizooties (OIE) - Handbook on Import Risk Analysis for Animals and Animal Products - Volume II, World Organisation for Animal Health (OIE), Paris, France, 2004, 126 pages.
- Saegerman C., Thiry E. - Historique du sérotype 8 du virus de la fièvre catarrhale ovine en Europe. In : La fièvre catarrhale ovine. Guides France Agricole (Ed.), Paris, France, 2009, 17-26.
- Saegerman C., Bertagnoli S., Meyer G., Ganière J.P., Caufour P., De Clercq K., Jacquet P., Hautefeuille C., Étore F., Casal J. - La dermatose nodulaire contagieuse : risque d'introduction en France. *Point Vétérinaire*, 2018, **384**, 76-83.
- Saegerman C., Bertagnoli S., Meyer G., Ganière J.P., Caufour P., De Clercq K., Jacquet P., Fournié G., Hautefeuille C., Etore F., Casal J. - Risk of introduction of lumpy skin disease in France by the import of vectors in animal trucks. *PLoS One*, 2018, **13**(6), e0198506.
- Tuppurainen E., Oura C. - Review: Lumpy Skin Disease: An Emerging Threat to Europe, the Middle East and Asia. *Transboundary and Emerging Diseases* **59**(1), 40-48.
doi: 10.1111/j.1865-1682.2011.01242.x.

