

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 7 juillet 2014

AVIS

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

**relatif au risque d'émergence de la diarrhée épidémique porcine (DEP)
due à un nouveau variant du virus de la DEP en France»**

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L. 1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont rendus publics.

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie le 8 avril 2014 par la DGAI afin d'évaluer le risque d'introduction d'un nouveau variant du virus de la diarrhée épidémique porcine (DEP) en France.

A la vue des nouveaux éléments disponibles sur la situation aux Etats-Unis et au Canada, l'Anses a également été saisie le 12 mai 2014 sur des questions complémentaires relatives au risque d'introduction du virus de la DEP.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Depuis le mois d'avril 2013, les Etats-Unis sont confrontés à une épizootie de diarrhée épidémique porcine sans précédent dans le pays, à l'origine de la mort de plusieurs millions de porcelets (voir Bulletin épidémiologique 58, 21-22). Plus de 7 447 élevages ont été touchés aux Etats-Unis dans 30 Etats depuis le début de l'épizootie, au 15 juin 2014 et la maladie s'est propagée au Canada (68 élevages touchés au 15 juin 2014 : 62 en Ontario, 4 dans le Manitoba, 1 au Québec et 1 récemment sur l'île du prince Edward).

Les premiers éléments épidémiologiques concernant l'épizootie aux Etats Unis montrent une première phase de probable contamination d'élevages à une source commune, puis une diffusion rapide pouvant évoquer un transport mécanique du virus ou des échanges d'animaux. La situation aux Etats-Unis et au Canada est très préoccupante en raison d'une propagation efficace du virus de troupeau à troupeau, malgré la mise en place de mesures de biosécurité importantes

Le nouveau virus identifié est une souche du virus de la DEP très proche d'une souche chinoise. Il est différent des autres virus de la DEP ayant sévi en Europe où la DEP est identifiée cliniquement depuis 1972. A partir de cette date, le virus a largement diffusé dans la

population porcine européenne mais depuis les années 90, la maladie n'a plus été reconnue en Europe, à l'exception d'une épizootie en Italie de mai 2005 à juin 2006 (Martelli *et al.*, 2008).

La diarrhée épidémique porcine vient d'être ajoutée à la liste des dangers sanitaires de première catégorie pour les espèces animales faisant l'objet d'une émergence, en annexe I.b de l'arrêté du 29 juillet 2013, relatif à la définition des dangers sanitaires de première et deuxième catégorie pour les espèces animales. Cette décision a pour conséquence de rendre obligatoire la déclaration de tout cas apparaissant sur le sol français.

Au regard du risque de propagation du virus, en considérant que les Etats-Unis, le Canada, le Mexique, le Japon, la Colombie et la République Dominicaine sont confrontés à une épizootie de DEP, la DGAI a préparé un projet d'arrêté, listant certaines matières interdites d'importation en France selon leur pays d'origine (*cf* annexe 1).

Compte tenu des informations disponibles, l'avis de l'Agence est sollicité sur les questions suivantes :

Questions 1 : Identification des facteurs de risques, appréciation du risque d'introduction et mesures visant à réduire ce risque

- Comment qualifier le risque d'introduction du virus de la DEP en France par les différentes sources identifiées : porcs vivants, semences, alimentation, matières premières alimentaires « sensibles », autres source ?
- Ces risques sont-ils équivalents pour les différents pays dans lesquels sévit l'épizootie ?
- Quelles seraient les conditions minimales de fabrication des matières premières issues de porcs (produits sanguins, protéines hydrolysées, graisses, gélatines) pour garantir une maîtrise du risque pour un usage de ces matières en alimentation animale ? Arrêté relatif à des mesures conservatoires adoptées sur le territoire national vis-à-vis de la DEP : il liste certaines matières premières interdites d'importation en France selon le pays d'origine. Y a-t-il des produits à retirer / à ajouter ?

Questions 2 : risque de diffusion et mesures visant à réduire ce risque

- Si le risque d'introduction n'est pas négligeable (s'il n'est pas inférieur ou égal à quasi-nul selon l'échelle ci-dessous), quels moyens de maîtrise identifiés jusqu'à présent pourraient être mis en œuvre afin de limiter le risque de propagation ?
- Impact prévisible pour la filière en cas d'introduction sur le territoire national (la France vient de l'ajouter temporairement à la liste des maladies de catégorie 1 pour rendre sa déclaration obligatoire)
- Si le risque d'introduction n'est pas négligeable (s'il n'est pas inférieur ou égal à quasi-nul selon l'échelle ci-dessous), quels seraient les avantages/inconvénients d'une simple claustration (APDI¹ avec ou sans zonage) *versus* un abattage préventif ?
- Une simple claustration permettrait-elle de circonscrire un éventuel 1^{er} foyer lors des premières déclarations ?
- Un abattage total préventif à chaque déclaration permettrait-il de limiter les conséquences d'une introduction de DEP sur le territoire national ?
- Peut-on attendre une protection de la part des vaccins éventuellement disponibles ?

¹ APDI : Arrêté Préfectoral de Déclaration d'Infection

Il est souligné que le présent Avis a pour objectif de répondre à ces questions, en limitant le champ de l'expertise au variant du virus DEP tel que défini ci-dessus.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

2.1. Constitution d'un GECU

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

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise ».

Compte tenu de l'urgence sanitaire liée à la possible émergence d'une nouvelle maladie porcine en France, l'Anses a constitué un Groupe d'Expertise Collective en Urgence (GECU) « DEP » pour répondre aux questions de la saisine. Le rapport du GECU a pu être présenté au CES SANT du 2 juillet. Le GECU s'est réuni le 15 mai, les 3, 20, 30 juin et 3 juillet 2014. Les travaux du GECU ont fait l'objet d'un échange avec le CES Santé Animale, réuni le 2 juillet 2014.

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

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

2.2. Méthode d'expertise

Le GECU a utilisé la méthode d'estimation qualitative du risque mise au point par l'Afssa en 2008 (Afssa, 2008). Plus particulièrement, la méthode utilisée pour apprécier le risque d'introduction du virus en France a consisté à :

- Définir le contexte de l'expertise et établir un modèle conceptuel permettant de décrire les facteurs susceptibles d'intervenir dans l'occurrence du danger (*cf* annexe 5) ;
- Fournir les éléments de connaissance disponibles sur le virus variant de la DEP ;
- Identifier les différentes sources du virus et apprécier leur probabilité d'émission ;
- Apprécier la probabilité d'exposition à ces sources de virus ;
- Estimer la probabilité d'introduction du virus en fonction des sources ;
- Evaluer l'impact de la diffusion du virus en France à partir d'un premier foyer ;
- Evaluer différentes options de mesures de gestion permettant d'empêcher l'introduction et la diffusion de ce variant de la DEP en France.

Le GECU a conduit son évaluation en s'appuyant sur :

- Les éléments extraits de la base de données TRACES, fournis par la DGAL concernant les importations de porcs vivants et de produits du porc ;
- Les informations internationales fournies au fur et à mesure par la DGAL ;
- Les informations recueillies auprès de différents interlocuteurs :
 - o Madame Anne LEBOUCHER, référente nationale sous-produits animaux ;
 - o Madame Sandrine DELAFOSSE, référente nationale alimentation animale ;
 - o Madame Marie-Alix Roussillon, IFIP ;
 - o Monsieur Michel Dochez, Coop de France Nutrition animale ;

- Monsieur Alain Coupel, membre du Conseil Scientifique de la Nutrition Animale (CSNA).
- Les textes réglementaires relatifs au traitement des sous-produits animaux ;
- Les publications scientifiques figurant en fin de rapport.

Dans un but de compréhension homogène des termes utilisés dans le présent rapport, la grille de correspondance entre l'appréciation qualitative et une échelle ordinale, mise au point par l'Afssa en 2008, est rappelée dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 : qualificatifs des probabilités pour l'estimation qualitative du risque (Afssa, 2008)

Echelle ordinale	Qualitatifs
0	Nulle (N)
1	Quasi-nulle (QN)
2	Minime (M)
3	Extrêmement faible (EF)
4	Très faible (TF)
5	Faible (F)
6	Peu élevée (PE)
7	Assez élevée (AE)
8	Elevée (E)
9	Très élevée (TE)

Dans la suite du document les qualificatifs n'ont pas été repris. Seule l'échelle ordinale a été conservée de manière à pouvoir croiser les différentes probabilités.

L'incertitude quant à la qualité des données (poids des preuves) a été prise en compte et a été qualifiée selon les niveaux présentés dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Définition des « indices d'incertitude » de la notation

Note de l'indice d'incertitude	Qualité des données utilisées pour l'expertise (poids des preuves)
1 - Faible	La note attribuée est fondée sur des résultats convergents d'études scientifiques ou sur un système de collecte de données de fiabilité reconnue.
2 - Moyenne	La note attribuée est fondée sur un nombre limité d'études scientifiques ou sur un système de collecte de données de fiabilité limitée ET présence de convergence entre auteurs et/ou experts.
3 - Haute	La note attribuée est fondée sur : - un nombre limité d'études scientifiques ou sur un système de collecte de données de fiabilité limitée ET absence de consensus entre auteurs et/ou experts ; - ou sur un avis individuel d'expert en l'absence d'études scientifiques ou de système de collecte de données.
4 - Sans données	En cas d'absence totale de données (qui sera noté « 999 »), et avis d'expert

Cette qualité des données est ensuite indiquée lors des étapes conduisant à l'appréciation des probabilités d'émission et d'exposition au danger. L'indice d'incertitude est noté dans le texte par l'abréviation IC.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GECU

Le GECU « DEP » a adopté les travaux d'expertise collective ainsi que ses conclusions et recommandations, objets du présent rapport lors de sa séance du 3 juillet 2014 et a fait part de cette adoption à la direction générale de l'Anses.

3.1 Identification du danger : nouveau variant du virus de la diarrhée épidémique porcine

3.1.1 Agent causal : structure (IC : 1)

Le nouveau variant du virus de la DEP (vDEP) est un coronavirus, classé dans le genre *Alphacoronavirus* (Song et Park, 2012). Ce virus infecte le porc et ne présente pas de caractère zoonotique. Le génome viral présente la structure commune à tous les coronavirus. L'ordre des gènes est dans l'ordre canonique : réplicase- S-E-M-N. La réplicase contient deux cadres de lecture ouverts (ORF) 1a et 1b. Le gène S code la protéine de spicule à la surface du virion, le gène E une protéine d'enveloppe, le gène M la protéine de matrice et le gène N la protéine de nucléocapside qui entoure et protège l'ARN viral (Masters, 2006). Le vDEP présente un ORF supplémentaire appelé ORF3 et situé entre les gènes S et E. Par analyse phylogénétique, en se basant sur les séquences des gènes S, M et ORF3, il est possible d'identifier différents clusters selon la région d'origine. Des formes plus virulentes ont été décrites en 2011 et 2012 en Chine. Selon l'analyse phylogénétique conduite sur le génome complet, les souches isolées aux Etats-Unis en mai 2013 sont proches d'une souche isolée en 2012 dans la province d'Anhui en Chine. Les souches américaines de vDEP présentent des insertions aux acides aminés 56 à 59 et 139 et une délétion des acides aminés 160 à 161 dans la protéine S par rapport à la souche européenne de référence CV777. Ces particularités sont également identifiées chez les souches de vDEP isolées récemment en Corée du Sud et en Chine (Huang *et al.*, 2013).

Récemment, en mars 2014, un coronavirus différent appartenant au genre *Deltacoronavirus* a été isolé d'un élevage présentant une symptomatologie identique et a diffusé assez largement dans la population porcine aux États-Unis (https://www.aasv.org/pedv/SECoV_weekly_report_140425.pdf). Le présent rapport ne porte pas sur ce deltacoronavirus.

3.1.2 Pathogénie (IC : 1)

Après infection par voie orale de porcelets par la souche européenne de référence CV777 ou une souche américaine isolée en juin 2013, le vDEP se multiplie dans les cellules épithéliales des villosités de l'intestin grêle, plus particulièrement le jéjunum et l'iléon, et dans le côlon dès 12 h post-inoculation. L'excrétion fécale est détectée 24 h post-inoculation. Une grave diarrhée débute entre 22 et 36 h post-inoculation. Après inoculation avec une souche américaine isolée en juin 2013, une virémie est observée après l'apparition des signes cliniques chez le porcelet (Debouck *et al.*, 1981; Jung *et al.*, 2014) comme déjà démontré avec d'autres souches plus anciennes.

3.1.3 Épidémiologie

L'épizootie au sein d'un élevage sensible survient quatre à cinq jours après l'introduction ou la vente de porcs. Le virus est ainsi probablement introduit en élevage *via* des porcs infectés ou par des vecteurs mécaniques (bottes, camions, etc.). Le vDEP est susceptible de persister plus facilement sous une forme enzootique au sein de l'élevage après une première phase

épizootique. Un cycle enzootique peut ainsi s'instaurer dans les élevages où le rythme de rotation est important et qui s'accompagne de mélanges de portées de bandes différentes et de statut immunitaire hétérogène.

- Dose minimale infectante (IC : 1)

Celle-ci est très faible ; la maladie est reproduite après l'inoculation avec une dilution de 10^{-8} d'un homogénat clarifié de muqueuses d'intestin prélevées sur un porcelet infecté par le vDEP isolé aux Etats-Unis en 2013 (Goyal, 2014). L'inoculation de la dilution 10^{-9} , non détectable par RT-PCR temps réel, entraîne tout de même l'infection de porcelets, soulignant la très faible dose minimale infectante.

- Transmission par voie oro-fécale (IC : 1)

Le vDEP se transmet essentiellement par voie oro-fécale entre porcs.

- Transmission par voie aérienne (IC : 2)

Le génome viral a été retrouvé jusqu'à 16 km d'un élevage infecté (sans pour autant qu'il y ait eu déclenchement de la maladie). Ceci suggère la possibilité d'une dissémination du virus par voie aérienne sans pour autant exclure d'autres moyens de transport (http://www.cvm.umn.edu/sdec/prod/groups/cvm/@pub/@cvm/@sdec/documents/content/cvm_content_474046.pdf)

- Transmission du virus par voie vénérienne (IC : 2)

Elle n'est pas connue pour le vDEP. Elle est néanmoins possible puisqu'une phase de virémie est observée au moins lors de primo-infection. Cette hypothèse de transmission est également supportée par la détection de génome viral dans les semences provenant de verrats infectés dans un centre d'insémination artificielle affecté par la DEP (Dufresne et Robbins, 2014). Cependant la possibilité d'une contamination croisée par des fèces lors de la collecte ou la préparation de la semence ne peut être exclue.

3.1.4 Signes cliniques et lésions (IC : 1)

Le principal signe clinique de la DEP est une diarrhée liquide parfois précédée de vomissements. Chez les animaux adultes, l'infection peut toutefois être subclinique ou provoquer uniquement des signes d'anorexie et de vomissement. Lors d'épizootie, les taux de mortalité peuvent varier de 50% en moyenne jusqu'à 95-100% chez les porcelets sous la mère comme lors de l'épizootie qui sévit actuellement en Amérique du Nord. Les animaux plus âgés récupèrent une semaine après l'apparition des signes cliniques. Les lésions macroscopiques se concentrent au niveau de l'intestin grêle dont la paroi devient fine et transparente et dont le contenu est aqueux et de couleur jaunâtre (Stevenson *et al.*, 2013) (Coussement *et al.*, 1982; Ducatelle *et al.*, 1982; Jung *et al.*, 2014; Pospischil *et al.*, 1982).

3.1.5 Résistance du virus (IC : 1)

- pH

Le vDEP est stable de pH 5 à 9 à 4°C et de pH 6,5 à 7,5 à 37°C (Pospischil *et al.*, 2002). Il apparaît donc que le virus peut survivre dans des conditions de pH assez larges à température basse.

- Biocides

Les désinfectants efficaces vis-à-vis du vDEP sont ceux contenant du phénol, du peroxygène, du chlore et ceux contenant de l'ammonium quaternaire et du glutaraldéhyde.

- Effet de la température et de l'humidité

L'infectivité est conservée (Goyal, 2014) :

- Dans les fèces infectées expérimentalement, jusqu'au moins 7 jours à 40, 50 et 60°C avec des taux d'humidité variant de 30, 50 à 70% ;
- Dans l'eau de boisson, jusqu'à 7 jours à température ambiante (25°C) ;
- Dans l'aliment humide (soupe), jusqu'à 28 jours de stockage à température ambiante, l'ARN du vDEP n'est pas dégradé ;
- Dans l'aliment sec, jusqu'à 7 jours ;
- Dans du lisier ;
 - o jusqu'au moins 28 jours à 4 et -20°C et jusqu'à 14 jours à 25°C ;
 - o lisier contaminé déposé sur un support métallique :
 - Inactivation à 71°C pendant 10 minutes et à 20°C pendant 7 jours ;
 - Absence d'inactivation à 54°C ou 62°C pendant 10 min, de 37°C pendant 12 h ou de 20°C pendant 24 h (Université de l'Iowa).

3.2 Description épidémiologique de la situation à l'égard de la diarrhée épidémique porcine dans les différents pays

3.2.1 Situation historique en Europe (IC : 1)

La description des premiers cas de DEP remonte au début des années 1970 au Royaume-Uni (Oldham, 1972) où une maladie proche de la gastro-entérite transmissible (GET) a été observée dans plusieurs élevages. La maladie s'est étendue à plusieurs pays en Europe et le coronavirus causal a été caractérisé (Chasey et Cartwright, 1978; Pensaert et De Bouck, 1978). Dans les années 1980, des enquêtes sérologiques conduites dans plusieurs pays européens (Belgique, Allemagne, France, Espagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suisse, Bulgarie) ont montré la très large diffusion du virus dans la population porcine. A partir des années 1990, la prévalence du virus tend à décliner dans ces pays (Pensaert et Van Reeth, 1998) avec cependant quelques cas sporadiques jusqu'à la fin des années 1990. Les cas décrits en Europe dans les années 1990 contrastaient avec ceux de certains pays d'Asie où l'on observait plutôt des épizooties sévères associées à de très forts taux de mortalité (Japon, Corée du Sud). Depuis, la maladie n'est plus décrite en Europe à l'exception de l'épidémie de diarrhée qui a affecté des porcs de tous âges en Italie de mai 2005 à juin 2006 (Martelli *et al.*, 2008). Récemment, une séroprévalence de 10% a été mise en évidence au Royaume-Uni (<http://www.defra.gov.uk/ahvla-en/science/bact-food-safety/2013-pig-abattoir-study/> ; D. Armstrong, BPEX, Comm. Personnelle).

3.2.2 Situation aux Etats-Unis (IC : 1)

Fin avril 2013, les premiers cas de DEP ont été détectés aux Etats-Unis alors que cette maladie n'avait jamais été décrite auparavant sur le continent américain. Au 21 juin 2014, plus de 7440 élevages ont été touchés dans trente Etats (Figure 1).

L'incidence des élevages confirmés positifs aux Etats-Unis peut être approchée par le nombre de dossiers des laboratoires confirmés positifs à l'égard du virus de la DEP (Figure 2). Ces nombres surestiment potentiellement l'incidence vraie si notamment des prélèvements issus d'un même élevage ont été soumis successivement dans le temps ou à des laboratoires distincts. Néanmoins, dans la mesure où ces prélèvements sont effectués pour établir le diagnostic, une fois celui-ci établi, il est peu probable que des prélèvements soient répétés.

Sur la première partie de l'épizootie (de début avril au 10 juin 2013), le R_0^2 de propagation de l'épizootie inter-élevages est estimé à 48,3 95%IC [28,9 ; 81,6] (Figure 3). Ceci suggère une contamination groupée de plusieurs élevages *via* une exposition commune dans les premiers temps de l'épizootie. Sur la partie la plus récente de la courbe épidémique (de septembre 2013 à fin janvier 2014) le R_0 est de 2,4 95% IC[2,2 ; 2,5]. Cette estimation suggère quant à elle une propagation inter-troupeaux efficace de la maladie, ce qui est cohérent avec un mode de propagation par un transport mécanique du virus par des vecteurs (véhicules, personnels, etc.), des échanges d'animaux ou éventuellement des aérosols pour des élevages voisins. La maladie est à déclaration obligatoire aux Etats-Unis depuis le 21 avril 2014, soit près d'un an après son apparition en Amérique du Nord.

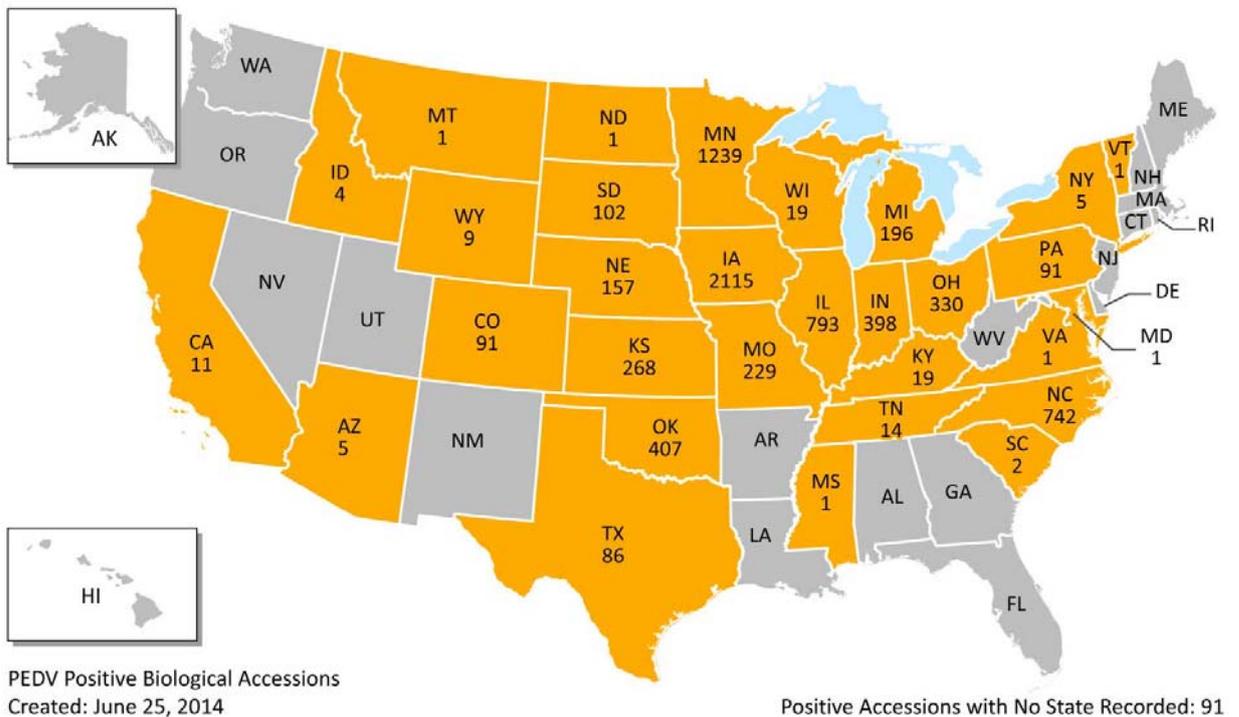


Figure 1 : Distribution géographique des élevages positifs à l'égard du virus de la diarrhée épidémique porcine (confirmations de laboratoire) aux États-Unis au 25 juin 2014.

(<http://www.aasv.org/aasv%20website/Resources/Diseases/PorcineEpidemicDiarrhea.php>).

² Le R_0 estime le nombre d'élevages secondaires infectés à partir d'un élevage infecté. Estimation par la méthode du taux d'accroissement exponentiel de l'épidémie (Package 'R0', R), sous l'hypothèse d'une distribution du temps de génération de l'épidémie de type Gamma et de moyenne de 40 jours (Poulin, M.C. et Klopfenstein, C., 2013. Évaluation et gestion du risque d'introduction et de dispersion de la diarrhée épidémique porcine (DEP) au Québec, Centre de Développement du Porc du Québec Inc., CDPO, Québec, Canada.)

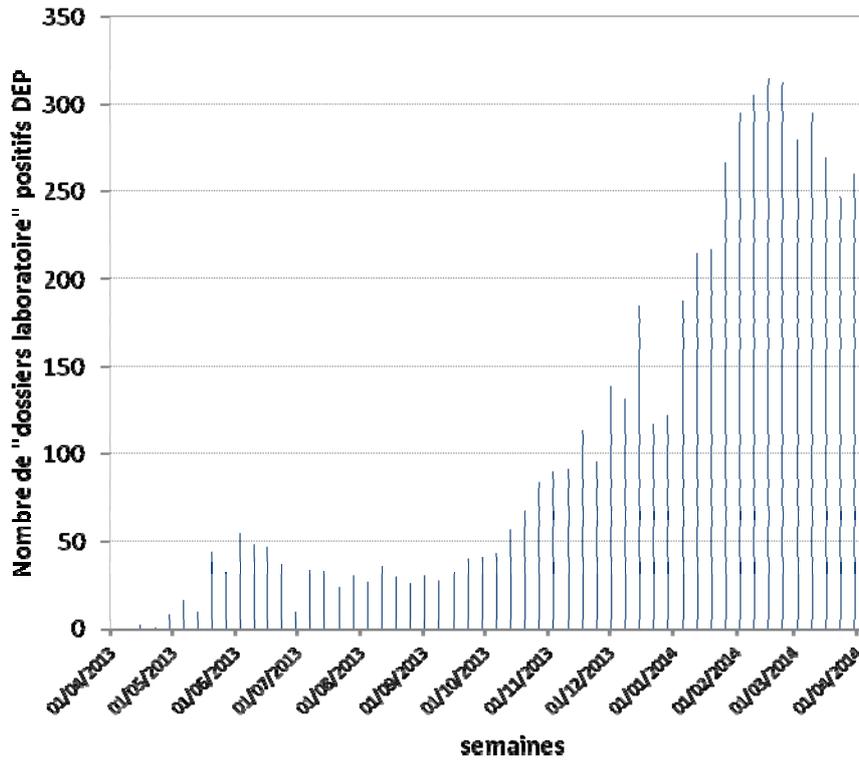


Figure 2 : Nombre de « dossiers laboratoire » positifs à l'égard de la DEP (positive PEDV laboratory accessions) aux Etats-Unis depuis le début de l'épizootie.

Un dossier est spécifique d'un élevage et peut contenir plusieurs prélèvements issus du même élevage.

<http://www.aasv.org/aasv%20website/Resources/Diseases/PorcineEpidemicDiarrhea.php>

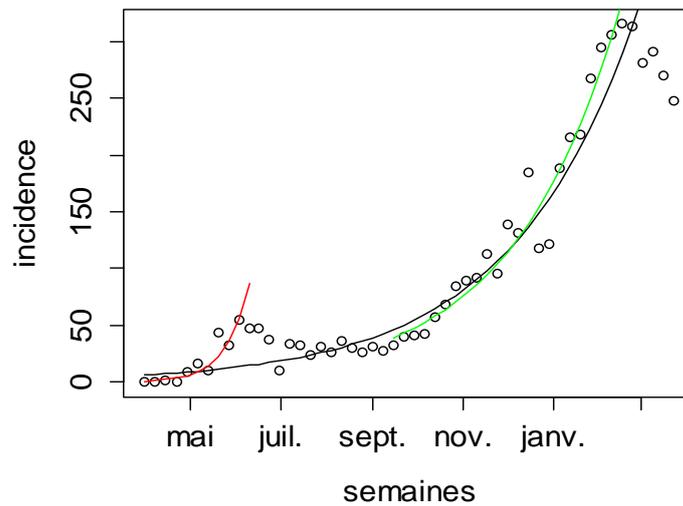


Figure 3 : Modélisation de l'accroissement de l'incidence aux Etats-Unis sur différentes périodes pour estimation du R0 (méthode du taux d'accroissement exponentiel de l'épidémie, Package 'R0', R).

3.2.4 Situation en Amérique centrale et du Sud (IC : 2)

Mexique

Le début de l'épizootie est daté au 30 juillet 2013 et elle s'est propagée à la partie centrale et ouest du pays ; elle touche jusqu'ici 83 élevages dans 17 états différents (*Déclaration OIE du Dr Joaquin Braulio Delgadillo Alvarez, [director general for Animal Health, National Service for Health, Food Safety and Quality (SENASICA), Secretariat of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food], Mexico, Mexico*).

Sur 2309 prélèvements collectés dans 19 états entre août 2013 et mai 2014, 30% se sont avérés positifs pour le vDEP.

République Dominicaine

Une déclaration à l'OIE en date du 13 juin 2014 rapporte 7 foyers distincts en République Dominicaine, les premiers cas étant apparus en novembre 2013. L'épizootie a entraîné jusqu'ici la mort de plus de 26000 porcelets. Les prélèvements réalisés et analysés aux Etats-Unis ont confirmé la présence du vDEP et, par séquençage, une identité avec les souches circulant aux Etats-Unis.

(*Déclaration OIE du Dr Nimia Lissette Gomez Rodriguez, Directora, Direccion de Sanidad Animal Direccion General de Ganaderia (DIGEGA), Ministerio de Agricultura, Santo Domingo, Dominican Republic*)

Colombie

Les informations sont moins précises dans d'autres pays d'Amérique latine même si 45 foyers ont aujourd'hui été confirmés en Colombie (élevages et basse-cour). La sévérité est apparemment beaucoup moins importante que celle décrite aux Etats-Unis (moins de mortalité et retour à un état normal en moins de 2 semaines). Le vDEP a bien été confirmé comme étant l'agent étiologique et les données de séquençage semblent indiquer une forte proximité également vis à vis des souches américaines.

(*Déclaration OIE du Dr Luis Humberto Martinez Lacouture, [general manager, Colombian Agricultural Institute, (ICA), Ministry of Agriculture and Rural Development], Bogota, Colombia*)

3.2.5 Situation en Chine (IC : 3)

Les premiers cas de DEP ont été décrits en Chine en 1973. Vingt plus tard, un vaccin inactivé adjuvé a été développé et est largement utilisé dans la population porcine du pays. Il semble que jusqu'en 2010, la prévalence de la maladie était relativement faible avec seulement des cas sporadiques de faible gravité. Fin 2010, la prévalence des cas de DEP a brusquement augmenté dans les provinces à forte densité porcine. Les cas décrits sont alors plus sévères que ceux précédemment rencontrés et les élevages vaccinés sont aussi affectés, même si la mortalité peut être moins importante dans ce cas (Li *et al.*, 2012). Les analyses réalisées montrent l'existence de vDEP en association avec les souches classiquement isolées jusqu'ici dans les cas sporadiques (Bi *et al.*, 2012; Pan *et al.*, 2012). Ces virus variants sont très proches des souches émergentes isolées aux Etats-Unis (Huang *et al.*, 2013). Aucune donnée chiffrée n'est cependant disponible pour décrire l'évolution de l'épizootie liée aux nouveaux virus variants en Chine.

3.2.6 Situation au Japon (IC : 1)

La maladie est réapparue au Japon en octobre 2013 après 7 ans d'absence. Depuis, 664 élevages ont été touchés dans 38 préfectures (figure 6).

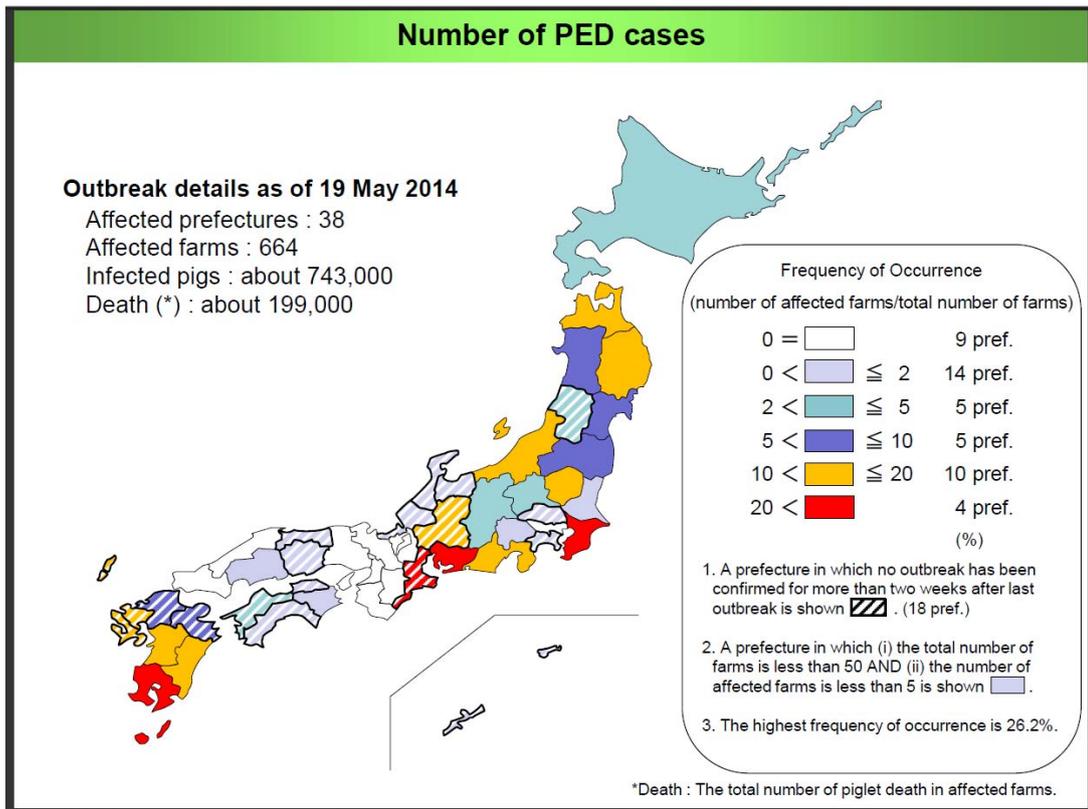


Figure 6 : Répartition géographique des foyers de DEP au Japon (confirmations de laboratoire) au 19 mai 2014.
(Source : ambassade du Japon en France)

L'évolution de l'incidence hebdomadaire au Japon depuis le début de l'épizootie présente des similitudes avec ce qui est observé aux Etats-Unis : après une première phase, de décembre 2013 à janvier 2014, d'accroissement modéré de l'incidence, puis de déclin dans la province de Kyusyu/Okinawa, un accroissement brutal et très rapide est observé début mars 2014 atteignant un pic épidémique de près de 100 nouveaux cas hebdomadaires à la mi-avril. Si l'incidence reste assez stable dans la province initialement touchée de Kyusyu/Okinawa, l'augmentation de l'incidence globale semble être liée à une extension très rapide à d'autres régions (Tokai, Kanto et Tohoku principalement). Depuis la mi-avril 2014 l'incidence semble en diminution. L'accroissement a cependant été beaucoup plus rapide qu'aux Etats-Unis conduisant à un R0 de propagation de l'épizootie très élevé de 40,1 95%IC[26.2 ; 61,8] en conservant les mêmes hypothèses de calcul que celles utilisées pour les Etats-Unis.

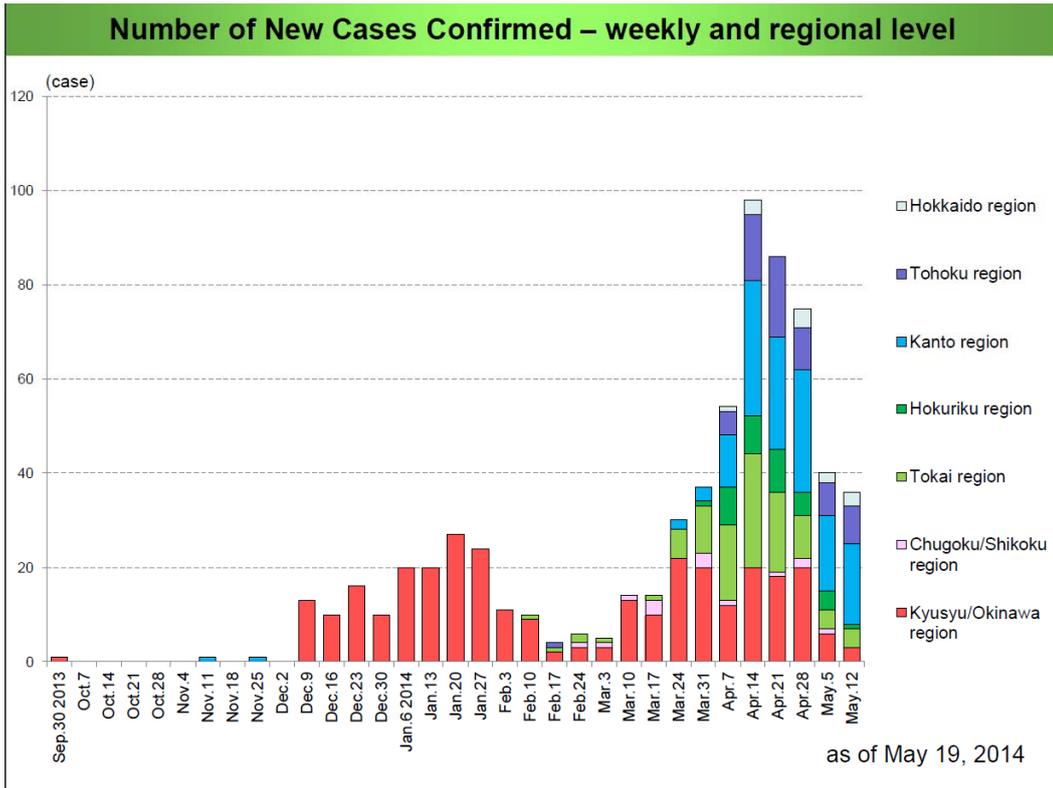


Figure 7 : Incidence hebdomadaire des foyers de DEP au Japon de septembre 2013 à mai 2014. (Source : ambassade du Japon en France)

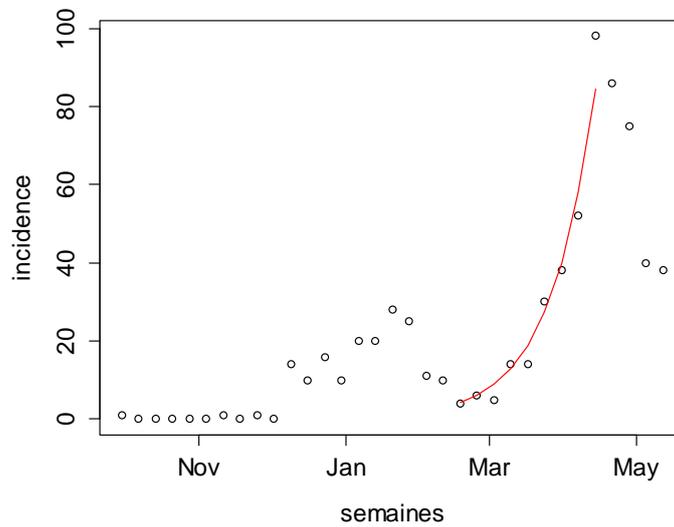


Figure 8 : Modélisation de l'accroissement de l'incidence hebdomadaire de la DEP au Japon pour estimation du R0 (méthode du taux d'accroissement exponentiel de l'épidémie, Package 'R0', R).

3.2.7 Situation dans d'autres pays asiatiques (IC : 4)

- Corée du Sud

Selon le dernier rapport trimestriel (janvier- mars 2014) du Korea Rural Economic Institute (KREI), 19% des élevages de porcs de Corée du Sud enquêtés ont connu un épisode de DEP réduisant la production en porcelets de ces élevages de près de 25%. Le KREI estime que 5,8% des porcelets ont été perdus à l'échelle du pays et projette une réduction de 6,4% des abattages entre juin et août en raison de la DEP.

- Vietnam du Sud

Début 2009, des foyers émergents de DEP ont été confirmés par les examens nécropsiques et la réalisation de RT-PCR dans la plupart des provinces du Vietnam du Sud. Les investigations conduites ont révélé que les syndromes diarrhéiques aigus touchaient toutes les catégories d'âge. Les animaux affectés présentaient une diarrhée aqueuse aiguë avec un retour à la normale exclusivement chez les animaux adultes. Les porcelets souffraient d'une diarrhée aqueuse très sévère systématiquement fatale en quelques jours. La morbidité chez les porcelets atteignait 100% et la mortalité pouvait varier de 65% à 91% selon les provinces. Les isolats vietnamiens de ces foyers divergent assez nettement des isolats européens de référence (C777) mais forment un groupe homogène avec des souches chinoises (JS-2004-2 et DX), thaïlandaises 07NP01, 08NP02 et 08CB01) et coréennes (KNU-0802 etyCPF299) identifiées en 2011 (Do *et al.*, 2011).

3.3 Réponse à la question 1 sur le risque d'introduction du nouveau variant du virus de la diarrhée épidémique porcine et les mesures visant à réduire ce risque

3.3.1 Risque d'introduction

Les différentes sources potentielles de vDEP ont été envisagées en réalisant le modèle conceptuel de l'introduction et de la diffusion de la DEP (cf annexe 5). En fonction des éléments de connaissance disponibles, il s'agit ici de déterminer si chaque source identifiée, en fonction du pays, peut contenir une dose infectante du virus d'une part (estimation de la probabilité d'émission), et d'évaluer la probabilité d'exposition des porcs français à ces différentes sources, d'autre part (estimation de la probabilité d'exposition).

- La probabilité d'émission dépend de 2 facteurs : la possibilité pour les différentes sources identifiées de contenir du virus d'une part et le niveau d'infection du pays d'origine d'autre part. Si la situation de certains pays contaminés (Etats-Unis, Canada) est assez bien connue, pour d'autres, les informations épidémiologiques sont lacunaires : en Asie, la maladie est endémique mais sa prévalence est inconnue ; en Amérique du Sud, l'épizootie est présente mais mal documentée. Il est donc particulièrement difficile, en l'état actuel des connaissances, de prendre en compte une différence objective entre les différents pays infectés. Aussi, le GECU a-t-il décidé :
 - De ne prendre en compte la probabilité d'introduction du vDEP qu'à partir des pays infectés ;
 - De ne pas faire de différence entre ces pays en termes de prévalence de la maladie. Ainsi, la probabilité d'émission du virus ne dépendra que des différentes sources de vDEP.

- L'exposition des porcs français à la DEP dépend de 2 éléments :
 - La probabilité qu'une de ces sources puisse être en contact avec des porcs.
 - Le niveau d'importation en France des différents produits identifiés comme sources potentielles ;

Concernant les importations, grâce à l'outil TRACES, il est possible d'obtenir les flux entrants en France via les postes frontaliers français ou via les autres postes frontaliers des Etats Membres dès lors que la France comme destination finale est prédéfinie au moment de l'envoi. En revanche, il n'est pas possible d'avoir accès aux flux entrés par les autres Etats Membres, s'ils ne sont pas destinés à la France en première intention (libre circulation des marchandises au sein de l'UE).

Grâce à la Décision n°2007/275/CE, il est possible de voir à quels produits se réfèrent les codes douaniers ayant servi de base discriminante aux différentes requêtes effectuées sur TRACES. Pour la plupart des codes douaniers, le distinguo n'est pas toujours fait selon les espèces animales dont provient le produit (exemples : produits sanguins). Pour d'autres, l'espèce animale peut être identifiée aisément (semences et embryons, denrées alimentaires, animaux vivants).

Ainsi, les données d'importation restent partielles, à la fois vis-à-vis de l'identité des produits et au regard des quantités importées.

L'ensemble des données recueillies figure en annexe 6.

Il faut noter que l'évaluation du risque a été réalisée à un instant donné, en considérant tous les éléments disponibles au moment de l'évaluation, mais elle est susceptible d'évoluer rapidement, notamment en ce qui concerne la liste des pays infectés, l'évolution des réglementations sanitaires et la connaissance du virus.

3.3.1.1 Porcs vivants (IC : 1)

Sont sources potentielles : les animaux malades, les animaux porteurs sub-cliniques et les animaux en incubation. Au regard du risque d'introduction, il importe néanmoins de prendre aussi en considération le type d'animal le plus susceptible d'être exporté par le pays infecté. Il s'agit plus vraisemblablement des animaux infectés de manière subclinique et ceux en incubation, que des animaux malades qui seraient retirés du marché.

Le nombre d'animaux vivants importés est faible (Données TRACES : 23 animaux en 2013 du Canada, 8 des Etats-Unis et 2 du Canada de janvier à mai 2014) et l'importation concerne plutôt les animaux adultes moins sensibles à l'infection par le vDEP. Aucun porc vivant n'est entré en 2013 et 2014 sur le territoire français en provenance d'autres pays où sévit la DEP : Mexique, Japon, Chine, République Dominicaine, Corée du Sud et Vietnam du Sud (données TRACES).

Eu égard à la différence d'expression de la maladie selon les catégories d'âge, il convient de différencier les types d'animaux vivants susceptibles d'être importés :

- Reproducteurs : il peut s'agir d'animaux porteurs de manière sub-clinique (Dufresne et Robbins, 2014). L'ampleur de l'excrétion virale n'est cependant pas connue dans de tels cas. Comme la dose infectante est extrêmement faible, si ces animaux excrètent du virus, même faiblement, la probabilité qu'ils infectent alors d'autres animaux n'est pas nulle. Toutefois, la faible valeur de la dose infectante conduit à considérer cette probabilité d'émission comme non nulle. En outre, avec le vDEP, même les adultes peuvent présenter des symptômes cliniques. Cependant les données sur la fréquence de ces situations sont inexistantes. Les experts peuvent seulement indiquer que cette probabilité n'est pas nulle.
 - Porcelets : il s'agit le plus souvent d'animaux présentant des signes cliniques, avec une probabilité plus élevée de représenter une source de virus. L'excrétion virale chez des porcelets infectés commence 48 h avant le début des symptômes. Chez les animaux qui survivent, l'excrétion après les symptômes n'est pas connue avec précision. Elle est considérée comme relativement courte et compatible, en termes de sécurité, avec la durée d'une quarantaine de 30 jours.
 - Porcs charcutiers : les experts estiment la probabilité d'émission du virus similaire à celle des animaux reproducteurs.
- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment la probabilité d'émission de virus par des porcs vivants issus d'un pays contaminé, aux niveaux suivants :
 - porcelet : probabilité de 7 sur une échelle ordinale de 0 à 9. En effet, même si la probabilité d'excréter du virus pour un porcelet infecté est proche de 9, le fait qu'il est peu probable que des porcelets malades soient exportés ramène cette probabilité à 7 ;
 - animaux reproducteurs et porcs charcutiers : probabilité de 6 sur une échelle ordinale de 0 à 9, pour tenir compte d'une moindre excrétion de virus que par les porcelets.
 - La probabilité de contact de porcs vivants contaminés, avec d'autres porcs a été évaluée à la même hauteur par les experts quelle que soit la catégorie d'âge :
 - Porcs charcutiers et reproducteurs : 9 sur une échelle ordinale de 0 à 9 ;
 - Porcelet : 9 sur une échelle ordinale de 0 à 9.
 - Niveau d'importation : le contact précédemment évalué ne peut se produire avec des porcs français que s'il existe des flux d'importation de porcs vivants vers la France (directement ou via un autre état membre de l'Union européenne). Ces flux sont faibles mais pas nuls.

Le GECU a jugé que pour évaluer la probabilité de survenue d'un premier cas en France, l'ampleur des flux importait peu. Les experts ont donc considéré que la réponse à cette question était binaire : pas d'importation = « non » / existence d'importation = « oui ». Dans le premier cas, l'absence d'importation annule la probabilité de contact évaluée ci-dessus ; dans l'autre cas, la probabilité de contact est confirmée. Ici, la réponse est « oui ».

3.3.1.2 Semences (IC : 2)

La présence de vDEP dans la semence de porc ne peut être écartée du fait que l'infection par ce virus entraîne une virémie. Par conséquent le virus se retrouve dans la circulation sanguine et peut alors être présent au niveau des organes sexuels des animaux. On ne sait cependant pas s'il y a virémie chez des animaux porteurs sub-cliniques. Par ailleurs, la contamination des prélèvements durant la préparation de la semence ne peut être exclue.

Il a été rapporté aux Etats-Unis lors d'un épisode de DEP aiguë dans une centre d'insémination en 2013 que du génome viral avait été détecté dans les semences (Dufresnes, 2014). La probabilité que la semence puisse être une source de virus n'est donc pas nulle. Si la semence est contaminée, compte tenu du tropisme digestif de ce virus, les experts soulignent néanmoins que la transmission serait plus envisageable par contact avec l'animal que par transfert *via* la matrice.

De même, le risque de transmission du virus à des reproducteurs via des blisters contaminés lors des manipulations n'est pas nul (le virus peut survivre 7 jours sur des surfaces inertes).

- Les experts estiment la probabilité d'émission de virus par des semences à 5 sur une échelle ordinale de 0 à 9 ;
- La destination des semences de porc étant obligatoirement les porcs eux-mêmes, la probabilité de contact de semence avec des porcs est estimée à 9 sur une échelle ordinale de 0 à 9 ;
- Niveau d'importation : l'existence de flux d'importation est documentée pour les semences et embryons, sans pouvoir distinguer les 2 types de produits. Durant la période de janvier 2013 à mai 2014, des semences ou embryons identifiés d'origine porcine ont été importés en provenance seulement du Canada (1191 au total). Des semences et/ou embryons d'origine animale non spécifiée ont également été envoyés des Etats Unis (49) et du Japon (3) vers la France (Données TRACES). Comme indiqué précédemment, ces données conduisent le GECU à adopter la réponse « oui » au facteur importation.

3.3.1.3 Embryons (IC : 4)

De même que pour les semences, la virémie peut conduire à infecter un embryon chez un animal reproducteur malade. Si cette probabilité n'est théoriquement pas nulle, aucune connaissance n'est cependant avérée aujourd'hui. En effet, s'il existe des éléments disponibles sur la contamination possible des semences, le niveau d'incertitude demeure important sur l'introduction du vDEP par les embryons.

- En l'absence de données spécifiques aux embryons, les experts ont décidé d'adopter la même estimation pour la probabilité d'émission des semences, soit 5 sur une échelle ordinale de 0 à 9.
- La destination des embryons de porc étant obligatoirement les porcs eux-mêmes, la probabilité de contact d'embryons avec des porcs est estimée à 9 sur une échelle ordinale de 0 à 9 ;
- Niveau d'importation : l'existence de flux d'importation étant documentée pour les semences et embryons, sans pouvoir distinguer les 2 types de produits, les experts ont considéré que l'importation d'embryons en provenance de pays infectés existait (réponse « oui » au facteur importation).

3.3.1.4 Homme comme vecteur mécanique (IC : 2)

Compte tenu de la valeur extrêmement faible de la dose infectante, de la capacité du virus à résister dans l'environnement et des grandes quantités de virus émises par les animaux malades (Goyal, 2014; Jung *et al.*, 2014), l'homme est un vecteur mécanique efficace (le virus ne présente aucun caractère zoonotique dans l'état actuel des connaissances), soit en intervenant en tant que tel dans les élevages, soit en interagissant avec les produits. Seules les catégories professionnelles directement ou indirectement liées à la filière porcine sont concernées : les professionnels du secteur porcin, ainsi que les métiers au service de ce secteur.

Leur rôle doit être évalué en zone contaminée et en zone indemne.

- En zone contaminée

Les vecteurs humains concernent avant tout les intervenants qui passent d'un élevage à un autre : d'abord vétérinaires et techniciens, vecteurs potentiellement plus dangereux d'autant qu'ils interviennent dans des élevages infectés, et, dans une moindre mesure, intervenants occasionnels : personnels de maintenance, par exemple, qui constituent des vecteurs potentiels dangereux dans la mesure où ce ne sont pas des professionnels de l'élevage et qu'ils sont souvent moins au fait des procédures de biosécurité.

Les livreurs de semence qui circulent d'un élevage à un autre et peuvent transporter passivement le virus.

L'homme peut se contaminer par contact direct avec les porcs contaminés, mais aussi de façon indirecte à partir des camions : roues, volants, sièges, tapis de sol. Les lieux de réception des animaux : élevages approvisionnés dans le cas de livraisons de reproducteurs, abattoirs et, plus dangereux que n'importe quel autre site, l'équarrissage.

- En zone indemne

Au début de l'épizootie aux Etats-Unis, 50% des élevages ont été contaminés par la voie alimentaire et dans 50% des cas par les voies habituelles de transmission, incluant l'homme comme vecteur mécanique.

Les visiteurs constituent des vecteurs potentiels : en période d'enzootie, les voyages d'étude et même touristiques des éleveurs, techniciens et vétérinaires dans des élevages antérieurement atteints, et a fortiori en pleine phase clinique, et même simplement dans un périmètre infecté, peuvent conduire à l'introduction du virus, y compris à de très grandes distances.

Les foires et marchés constituent aussi des lieux de circulation virale, à partir desquels l'homme peut se contaminer et véhiculer le virus. Les conditions de biosécurité appliquées par l'ensemble des exposants sont habituellement très insuffisantes (Thunes et Carpenter, 2007).

- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment à 4 sur une échelle ordinale de 0 à 9, la probabilité d'émission de virus par l'homme en tant que vecteur ;
- Eu égard à la population ciblée dans cette analyse (professionnels venant de pays contaminés), la probabilité de contact de ces personnes avec des porcs est estimée à 7 sur une échelle ordinale de 0 à 9, en l'absence de mesures de restriction ;
- Niveau d'importation : il n'y a aucune restriction aux mouvements des personnes en lien avec la DEP aujourd'hui entre les différents pays. Le niveau « d'importation » est donc noté « oui ».

3.3.1.5 Matériel agricole et véhicules de transport (IC : 1)

Pour les mêmes raisons que celles évoquées dans le point précédent, le matériel agricole et surtout les véhicules de transport des animaux ou sous-produits animaux constituent des sources de virus dans les pays atteints. Ce matériel peut aussi être représenté par l'importation de silos-tour d'occasion démontés et transportés par container depuis les Etats-Unis. De tels

silos d'occasion sont aujourd'hui commercialisés par des entreprises françaises pour être installés dans des élevages fabriquant l'aliment à la ferme (Nicolas. Rose, communication personnelle).

Ce point fait l'objet d'une très forte sensibilisation de la filière porcine dans les pays touchés, notamment au Canada³.

- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment à 6 sur une échelle ordinale de 0 à 9 la probabilité d'émission de virus par le matériel agricole et les véhicules de transport dans un pays où sévit l'épizootie ;
- La probabilité de contact entre ces matériels et des porcs est estimée à 6 sur une échelle de 0 à 9 ;
- Niveau d'importation : les éléments chiffrés relatifs à l'introduction en France de ces matériels ne sont pas disponibles. Cependant, l'existence relatée d'importation en France de matériel d'élevage d'occasion, depuis les Etats Unis, conduit le GECU à considérer ce niveau d'importation comme non nul : « oui ».

3.3.1.6 Les eaux grasses (IC : 2)

On appelle eaux grasses les déchets organiques solides issus de la préparation (restauration, industries agro-alimentaires) ou des restes de repas. La récupération de ces sous-produits est soumise à une réglementation (arrêté du 28 février 2008⁴), qui fixe la liste positive des destinataires autorisés : centres de collecte et certains utilisateurs finaux autorisés. Aucun établissement d'élevage (hormis ceux d'animaux à fourrure) ne figure dans cette liste positive.

Il convient de rappeler également qu'au travers de l'interdiction des protéines d'origine animale en alimentation animale (règlement (CE) n° 999/2001⁵), l'utilisation des eaux grasses dans les aliments destinés aux porcs est interdite en France.

Selon les utilisateurs finaux, les eaux grasses sont ou non soumises à certains traitements. L'article 17 de l'arrêté du 28/02/2008 précise ainsi que les déchets de cuisine et de table destinés à l'alimentation des carnivores domestiques sont soumis à un traitement thermique respectant au minimum l'un des couples temps / température suivants : 30 min à 60° C ; 10 min à 70° C ; 3 min à 80° C ; 1 min à 100° C°. Ces traitements ne semblent pas obligatoires pour d'autres utilisateurs finaux autorisés.

Selon un rapport de la FAO de 2011 (FAO, 2011), les eaux grasses peuvent être contaminées et l'organisation internationale souligne que la plus grande rigueur est de mise quand les eaux grasses sont utilisées en alimentation porcine ; en effet elles peuvent inclure des viandes séchées et salées n'ayant donc pas subi de traitement thermique.

Les eaux grasses contenant des produits de porcs contaminés par le vDEP peuvent donc être sources de virus, dès lors que celui-ci est suffisamment résistant dans ces matrices séchées et salées. Aucune donnée n'est aujourd'hui disponible sur ce point. La résistance du vDEP dans l'environnement conduit à considérer comme non nulle la probabilité de sa survie dans de telles matrices.

Une note de service en vigueur de la DGAL sur la gestion des déchets en provenance de pays tiers (déchets de vols/catering et déchets issus des saisies en poste frontalier ou en contrôle voyageurs/frêt) précise que les déchets des vols internationaux (les restes d'aliments, ayant été en partie consommés ou non distribués au cours du transport) sont traités en catégorie 1 de sous-produits animaux. Ces déchets sont accompagnés d'un document d'accompagnement (format commun défini à l'annexe VIII, chapitre III du règlement (UE) 142/2011). Chacune des parties (responsable de l'établissement expéditeur, transporteur, responsable de l'établissement

³<http://www.leseleveursdeporcsduquebec.com/les-eleveurs-fr/dep/reseignements-generaux.php>, consulté le 11 juin 2014.

⁴ Arrêté du 28 février 2008 relatif aux modalités de délivrance de l'agrément sanitaire et de l'autorisation des établissements visés par le règlement (CE) n° 1774/2002 du Parlement européen et du Conseil du 3 octobre 2002 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine.

⁵ Règlement (CE) n° 999/2001 du Parlement européen et du conseil du 22 mai 2011 fixant les règles pour la prévention, le contrôle et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles.

destinataire) doit conserver un exemplaire de chaque DAC pendant une durée minimale de deux ans. Cependant, on ne peut pas exclure totalement leur utilisation hors réglementation.

- Compte tenu de ces éléments et pour prendre en compte une possible survie du virus aux techniques de salaison, les experts estiment à 2 à 4 sur une échelle ordinale de 0 à 9 la probabilité d'émission de virus par les eaux grasses dans un pays où sévit l'épizootie ;
- Compte tenu de la réglementation, la probabilité de contact d'eaux grasses avec des porcs est estimée à 1 sur une échelle de 0 à 9 ;
- Niveau d'importation : les données TRACES pour l'importation d'eaux grasses fournissent un tableur vierge qui laisse à penser que le niveau d'importation de ces produits est nul : « non ».

3.3.1.7 Lisier

Comme indiqué au chapitre 3.1, le vDEP est largement excrété dans les fécès. Le lisier provenant d'une exploitation contaminée sera donc infecté et peut transmettre l'infection par ingestion (IC : 1).

Le niveau de contamination ne peut pas être estimé de manière précise, car il dépend du nombre de porcs excréant le vDEP au même moment. Expérimentalement, du lisier contaminé maintenu 12 h à 37°C infecte par voie orale 2 porcelets sur 4 ; maintenu 24 h à 20°C, il infecte 1 porcelet sur 4 (IC : 1) (Iowa State Univ, cité par Rose et Grasland). Cependant, en considérant que la dose infectante est très faible, on peut faire l'approximation que toute litière ou lisier provenant d'une porcherie infectée par le vDEP sera infectante (IC : 3).

Résistance du virus dans le lisier :

- Lisier liquide : résistance supérieure à 28 jours à 4°C et à 14 jours à 25°C (Goyal, 2014) (IC : 1) ;
 - Lisier déshydraté : en l'absence de données sur l'effet de la déshydratation du virus, les données de résistance en lisier liquide sont conservées (IC : 3) ;
 - Données de stockage du lisier : le lisier peut être stocké « plusieurs mois » (Quideau *et al.*, 2013) (IC : 1) ; cette étape de stockage permettant éventuellement d'envisager un effet « assainissant » vis-à-vis du virus. Toutefois, la question de l'accumulation de lisier de dates différentes dans une fosse est posée. Si 2 fosses sont disponibles dans l'élevage, le lisier peut-être daté. Si ce n'est pas le cas, le lisier du dernier jour se mélange à celui des précédentes journées.
- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment à 8 sur une échelle ordinale de 0 à 9 la probabilité d'émission de virus par le lisier de porc frais, dans un pays où sévit l'épizootie. En l'absence de données sur le lisier déshydraté, le même niveau de probabilité est conservé.
 - La probabilité de contact des porcs avec le virus provenant de lisier dépend de la possibilité de transmission du virus *via* l'épandage, qui donne lieu à une aérosolisation et, éventuellement à une transmission dans les porcheries à distance. La transmission du virus par aérosolisation est évoquée aux Etats-Unis. Mais le niveau d'émission de virus à partir de l'épandage est inconnu, de même que la distance pouvant ainsi être parcourue par le virus (IC : 4). Par ailleurs, il convient de différencier le lisier humide du lisier déshydraté (utilisé dans les engrais). Compte tenu de ces éléments, la probabilité de contact de lisier avec des porcs français est estimée à 4 sur une échelle de 0 à 9.
 - Niveau d'importation : les données TRACES relatives à l'introduction en France de lisiers fournissent un tableur vierge qui laisse à penser que le niveau d'importation de ces produits est nul. En outre, le lisier non transformé est interdit d'importation

selon le Règlement (UE) n° 142/2011, chapitre 8, article 25. La réponse pour ce facteur est donc « non ».

3.3.1.8 Engrais organiques (IC : 4)

Les engrais organiques d'origine animale doivent respecter la norme NF U 42-001.

Plusieurs produits sont cités dans ces textes relatifs aux engrais organiques :

- Le sang desséché (produit obtenu par la mouture de sang déshydraté) ;
- Les soies de porcs qui peuvent entrer dans la composition des engrais ;
- L'engrais NP issu de lisier déshydraté (produit obtenu par extraction de la phase solide des lisiers suivie de compostage avec ou sans addition de matière végétale et/ou séchage et contenant au moins 40% de matière sèche)

La norme ne contient aucun processus de transformation/décontamination.

D'autres procédés de transformation existent comme celui du lisier en méthanisation (Quideau *et al.*, 2013) Il s'agit d'une digestion anaérobie dans un digesteur chauffé à 38°C. La durée de stockage indicative est de 5 mois. Le pH du digestat atteint 8,2 à 8,3.

- En l'absence de données sur le processus de transformation/décontamination des engrais, le même niveau de probabilité que celui du lisier frais est conservé pour l'émission de virus par cette source. Les experts estiment donc la probabilité d'émission de virus par les engrais organiques, dans un pays où sévit l'épizootie à 8 sur une échelle ordinale de 0 à 9.
- La probabilité de contact des porcs avec le virus provenant d'engrais (contenant du lisier déshydraté) est plus faible qu'avec le lisier frais (pas ou peu d'aérosolisation). Cette probabilité est estimée à 1-2 sur une échelle de 0 à 9.
- Niveau d'importation : aucune information n'est disponible concernant le niveau d'importation des engrais organiques, ne permettant pas d'arbitrer entre les réponses « oui » ou « non ». On ne peut donc pas exclure la possibilité d'importation d'engrais contenant du lisier de porc (noté : « oui).

3.3.1.9 Produits issus du porc

Les produits issus du porc peuvent trouver des débouchés très différents, à la fois en alimentation humaine, en alimentation animale et en industrie. Le tableau 3 résume ces différents débouchés (IC : 1).

Tableau 3 : description des viandes et produits de porc destinés à la consommation humaine et alimentation animale
(France Agrimer, 2013a; France Agrimer, 2013b; SIFCO, 2011)

Type de produit	Usage	Débouchés
Viande de porc		Alimentation humaine
Graisse et Saindoux	Enveloppe de produits	Industrie de la viande (ex : Roasbeef) ; alimentation humaine
	Fonte	Savons ; bougies, alimentation humaine (insignifiant), lipochimie, oléochimie, petfood, énergie, biocarburants
Abats		Alimentation humaine
Pancréas	Insuline Pancréatine Enzymes de fermentation	Pharmacie
Muqueuses de l'intestin		Pharmacie Biogaz
Reste appareil digestif, Appareil reproducteur, Poumon, Trachée		Petfood
Contenu du tractus digestif, déchets		Production de biogaz et compostage
Cartilage		Pharmacie, cosmétique, industrie biochimique Petfood
Os	Gélatine	Alimentation humaine Pharmacie, cosmétique Industrie de la photo, fabrication textiles, colle, papier
	Farine d'os	Petfood, engrais
Peau	Cuir	Tannerie
	Colle	Industrie
	Gélatine	Alimentation humaine Pharmacie, cosmétique Industrie de la photo, fabrication textiles, colle, papier
Sous produit de gélatine	Phosphate dicalcique	Alimentation animale, engrais
Soies (1kg/porc)	Extraction AA	Pharmacie
	Brosses, pinceaux	Industrie
	Farine de soie (sans kératine)	Alimentation animale, petfood Engrais
Sang (4 kg/porc)	Sang entier (principale valorisation)	Alimentation humaine
	Farine de sang entier	Petfood, alimentation animale autres espèces (poisson)
	Plasma	Charcuterie, salaisonnerie Petfood, alimentation animale autres espèces
	Globules rouges séchés (cruor)	Pigmentation viande rouge (alimentation humaine) Petfood, alimentation animale autres espèces Engrais
Restes d'abattoir	Protéine animale transformée (PAT)	Petfood, alimentation animale autres espèces (poisson)

A) SOUS-PRODUITS ISSUS DU PORC POUR L'ALIMENTATION ANIMALE

Un cadre réglementaire européen

Il existe une législation stricte depuis la crise de l'ESB, sur l'utilisation en alimentation animale de protéines animales et produits d'origine animale tels que le plasma. De même, la réglementation européenne encadre les modalités de traitement de ces différents produits destinés à l'alimentation des animaux.

• Matières premières d'origine animale autorisées en alimentation porcine (IC : 1)

Le règlement (CE) n° 999/2001⁶ limite et encadre l'utilisation des protéines animales dans l'alimentation des animaux. Le principe général d'interdiction des protéines animales dans l'alimentation des ruminants est étendu aux autres espèces, hormis certaines dérogations figurant à l'annexe IV, chapitre II de ce règlement. Ainsi, sont autorisés dans l'alimentation des porcs en Europe :

- les produits sanguins dérivés de non-ruminants (ex : plasma, globules rouges) ;
- les protéines hydrolysées ;
- les graisses dérivées de non-ruminants ;
- les gélatines/collagène de non-ruminant.

L'ensemble de ces 4 familles de sous-produits est donc à prendre en compte dans la saisine.

• Traitement des matières premières d'origine animale destinées à l'alimentation porcine

Le règlement (CE) n°142/2011⁷ encadre la façon dont doivent être fabriqués les produits comme les protéines animales transformées, les protéines hydrolysées, les produits sanguins, les graisses, gélatines et collagène, autorisés pour l'alimentation animale (annexe 3 du présent rapport).

Les produits sanguins doivent avoir été soumis :

- à l'une des méthodes de transformation 1 à 5 ou à la méthode de transformation 7 décrites à l'annexe 4 du présent rapport ou ;
- à une autre méthode garantissant la conformité du produit sanguin avec les normes microbiologiques applicables aux produits dérivés, concernant deux indicateurs : *Salmonella* et entérobactéries (annexe 3 du présent rapport).

Concernant les méthodes de transformation préétablies, les méthodes 1 à 5 précisent les paramètres technologiques mis en œuvre dans les traitements. Mais il n'en est pas de même pour la méthode 7, qui regroupe différents traitements pouvant être validés par l'autorité compétente, dès lors qu'une obligation de résultat est respectée concernant trois indicateurs microbiologiques : *Salmonella*, entérobactéries et *Clostridium perfringens*. Les normes microbiologiques fixées sont considérées comme correspondant à des procédés de stérilisation (Anne Leboucher, référente nationale sous-produits animaux au Ministère de l'Agriculture).

Concernant « une autre méthode », il faut noter que les normes microbiologiques applicables sont moins exigeantes que pour la méthode 7, puisqu'elles ne concernent que *Salmonella* et entérobactéries, sans objectif sur *Clostridium perfringens*.

⁶Règlement (CE) n° 999/2001 du Parlement européen et du conseil du 22 mai 2011 fixant les règles pour la prévention, le contrôle et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles.

⁷Règlement (UE) n° 142/2011 de la Commission du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n° 1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et portant application de la directive 97/78/CE du Conseil en ce qui concerne certains échantillons et articles exemptés des contrôles vétérinaires effectués aux frontières en vertu de cette directive.

Ainsi, la question se pose de savoir si les différents traitements possibles pour les produits sanguins peuvent apporter une garantie d'inactivation du vDEP.

S'il est possible d'interroger les fabricants français de plasma pour connaître le type de traitement appliqué dans leurs établissements, il est plus difficile d'obtenir une telle information depuis un état membre ou un pays tiers.

Lorsqu'un importateur souligne que ces produits sanguins respectent la réglementation européenne, cela signifie qu'ils peuvent être traités selon l'une de ces diverses méthodes. Seule l'obligation de résultat sur *Salmonella* et entérobactéries est visible à l'importation. Il faut souligner que s'il y a absence de bactéries dans le produit à l'origine, les normes microbiologiques peuvent être atteintes sans traitement.

Un nouveau règlement européen datant du 8 mai 2014⁸ modifie ces dispositions en imposant, pour le sang et le plasma de l'espèce porcine, « *un traitement thermique à une température à cœur d'au moins 80°C, le sang et le plasma séchés ne présentant pas plus de 8% d'humidité avec une activité de l'eau (Aw) inférieure à 0,60* » ainsi qu'un « *entreposage dans un endroit sec à température ambiante pendant au moins 6 semaines* ». Les experts remarquent que ce règlement n'indique pas de temps d'exposition à la température de 80°C. Compte tenu des éléments scientifiques actuellement disponibles sur la résistance du virus (inactivé après chauffage à 71°C pendant 10 min), le traitement ainsi proposé devrait avoir fait l'objet d'une validation quant à sa capacité à inactiver le vDEP. Cette validation (essai sur porcelet par exemple) ne figure pas dans les considérants du Règlement.

A l'issue de cette analyse des différents traitements des matières premières d'origine animale, le GECU conclut que si les produits porcins ont subi un des modes de transformation de 1 à 6, le produit peut être considéré comme assaini vis-à-vis du virus vDEP.

Les experts ne peuvent en revanche pas se prononcer sur la méthode 7 ni sur une « autre méthode » et considèrent que la probabilité d'émission de virus par ces produits porcins ainsi traités ne peut être nulle.

En l'absence de plus de précisions sur les conditions de traitement du sang et du plasma porcins présentées dans le Règlement européen du 8 mai 2014, et au regard des données scientifiques actuellement disponibles, les experts considèrent que la probabilité que le virus ne soit pas inactivé n'est pas nulle.

La dose infectante très faible qui caractérise ce virus conduit à souligner le risque important de contaminations croisées : les produits ou leurs emballages peuvent en effet être contaminés par les manipulations du personnel. Dans une usine traitant des produits sanguins par exemple, les traitements appliqués aux produits peuvent être sécurisants, mais le risque est non nul que le personnel qui reçoit et manipule les matières premières puisse être en contact avec le produit fini, avec la capacité de le recontaminer si des mesures drastiques de séparation des étapes de fabrication et de conditionnement ne sont pas appliquées.

Ce risque de contaminations croisées est à prendre en considération avec beaucoup de vigilance dans les différents procédés de transformation.

Enfin, l'origine géographique des matières premières destinées à la fabrication des différents produits du porc ainsi que la traçabilité de leur provenance sont aussi d'importants facteurs pouvant influencer la sécurité sanitaire des produits finis. Ainsi, les produits obtenus par mélange de différentes origines représentent un risque sanitaire plus élevé que des produits dont l'origine est unique et connue et en provenance d'un pays indemne.

⁸ Regulation (UE) N°483/2014 of 8 May 2014 on protection measures in relation to porcine diarrhoea caused by a deltacoronavirus as regards the animal health requirements for the introduction into the Union of spray dried blood and blood plasma of porcine origin intended for the production of feed for farmed porcine animals.

Cas du plasma (IC : 2)

Intérêt et utilisation du plasma sanguin dans l'alimentation des porcs

Le plasma sanguin semble peu utilisé par les fabricants d'aliments situés en France. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer cette situation. En premier lieu le fait de la mise en place de productions sous cahier des charges excluant les matières premières d'origine animale, a pour conséquence de réduire fortement l'introduction de ce type de matières premières dans les usines d'aliments pour éviter les possibles contaminations croisées.

Cependant, certains fabricants d'aliment porcelet 1^{er} âge utilisent le plasma de porc à raison de 6 à 10% dans les formules alimentaires. Cette matière première n'est pas indispensable pour la formulation des aliments mais se positionne pour apporter des protéines de très bonne qualité et présente comme allégation nutritionnelle un effet immunomodulateur pour le porcelet.

L'ensemble du tonnage représenté par ces aliments est par conséquent limité. Tous ces aliments sont caractérisés par des teneurs en énergie et en protéines élevées afin de satisfaire les besoins nutritionnels particulièrement importants des porcelets à ce stade et dont les capacités d'ingestion sont limitées.

Toutefois, comme indiqué précédemment, l'intérêt du plasma sanguin peut ne pas être uniquement comparé de ce strict point de vue nutritionnel. En effet, la bibliographie mentionne un effet positif du plasma sanguin sur l'appétence de l'aliment entraînant une augmentation de la vitesse de croissance, l'indice de consommation étant légèrement amélioré. Cependant, cet effet bénéfique est limité à la première semaine après le sevrage et ce, jusqu'au taux de 6% d'incorporation (van Dijk *et al.*, 2001). L'écart de performances entre aliment contenant du plasma et aliment témoin dépend des caractéristiques de ce dernier ; un aliment correctement pourvu sur le plan nutritionnel et ne comportant pas de facteurs d'inappétence réduit l'intérêt pour le plasma. Pour expliquer l'effet promoteur de croissance du plasma, Oswald et Gallois (Oswald et Gallois, 2009) émettent l'hypothèse d'une amélioration de l'état de santé des animaux. En cas de challenge infectieux, le plasma prévient les retards de croissance et les signes cliniques associés, ceci d'autant plus si le plasma provient d'animaux ayant été vaccinés contre la souche pathogène *E. Coli* utilisée. Mais l'effet positif persiste lorsque ce n'est pas le cas, ce qui suggère le rôle de certains constituants du plasma ; mention est faite sur ce point par Oswald et Gallois sur la fraction glycane des glycoprotéines du plasma qui pourrait concurrencer l'adhésion à la paroi intestinale des bactéries pathogènes.

Risque sanitaire lié au plasma

L'agence canadienne de l'inspection alimentaire (The Canadian Food Inspection Agency (CFIA)) avait annoncé en février 2014 que de l'ARN du vDEP avait été détecté dans des échantillons de plasma en provenance des Etats-Unis qui entrait dans la composition d'aliment porcelet premier âge et d'aliment truie. Les résultats en RT-PCR temps réel présentaient des Ct de valeur comprise entre 30 et 33 équivalent à 10^2 - 10^3 particules virales infectieuses (Nitikanchana, 2014). Les lots d'aliments mis en cause ont été retirés du marché. L'agence canadienne a alors émis l'hypothèse que l'alimentation pouvait contribuer à véhiculer le virus. Un bioessai a ensuite été réalisé à l'université du Minnesota au cours duquel des porcelets ont été inoculé avec du plasma positif pour la présence de vDEP. Les animaux ont été infectés. Par contre, lorsque les granulés utilisés en alimentation (de l'ordre de 5 à 10% de plasma incorporé dans l'aliment (Gallois *et al.*, 2009) ont été distribués aux porcelets, aucun animal n'a présenté d'infection par le vDEP.

Après le rappel des lots d'aliment porcelets et truies positifs pour la présence de vDEP, 190 sacs de plasma ont été prélevés et regroupés par 10 pour être testés par RT-PCR temps réel. Les 19 lots étaient positifs pour la présence d'ARN de vDEP. Les enquêtes réalisées par la suite en Ontario, Canada, sur les premiers élevages affectés par la DEP montrent que 18 de ces 20 premiers élevages étaient livrés par la même usine d'aliments, ainsi que l'élevage atteint de DEP situé sur l'Île-du-Prince-Edouard, une île très isolée

(<http://www.farmscape.com/f2ShowScript.aspx?i=24577&q=Contaminated+Feed+Most+Likely+Source+of+Ontario+PED+Outbreak>).

Enfin, la possibilité de transmission du vDEP par voie alimentaire a été démontrée par un essai expérimental conduit par Scott Dee en 2014 (http://www.cvm.umn.edu/sdec/prod/groups/cvm/@pub/@cvm/@sdec/documents/content/cvm_content_474046.pdf). Dans des élevages ayant des truies présentant des signes cliniques de DEP dans les 24 à 48 h après la livraison d'aliments, des prélèvements ont été effectués dans les silos stockant l'aliment à l'aide de chiffonnettes et de rouleaux. L'ARN viral a pu être mis en évidence dans ces échantillons montrant que l'aliment pouvait être contaminé par le virus. L'aliment stocké dans les silos et positifs pour la présence de vDEP a été mélangé à de l'aliment indemne de virus et utilisé en libre accès pour nourrir des porcelets en animalerie confinée. Les porcelets ont développé des signes cliniques de diarrhée et vomissement 4 jours après l'ingestion d'aliment.

Ces travaux établissent que le plasma pourrait être un facteur de risque pour l'introduction du virus de la DEP dans des élevages indemnes.

Comme indiqué précédemment, il convient de rappeler également le risque de contamination croisée qui conduirait à ce que le plasma une fois traité, soit recontaminé du fait d'un manque de séparation entre les différentes étapes du procédé de fabrication et de conditionnement.

Enfin, le plasma utilisé dans l'alimentation des animaux est obtenu à partir d'un mélange de matières premières issues de porcs d'origines différentes d'où une perte de traçabilité des matières premières constitutives du plasma. Ceci augmente la probabilité d'émission du virus par rapport à un produit dont l'origine serait unique et connue.

- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment la probabilité d'émission de virus par le plasma traité de porc à 7 sur une échelle ordinale de 0 à 9, dans un pays où sévit l'épizootie.
- Le plasma est utilisé en France dans la fabrication des aliments pour les porcelets, animaux les plus sensibles à la DEP. En outre, les produits sanguins ont un potentiel important en tant que matière première pouvant être utilisée en vue de réduire l'utilisation des antibiotiques, dans les troubles digestifs du porcelet. Il s'agit donc d'un produit à opportunité. Le GECU estime la probabilité de contact des produits sanguins avec le porc à 7 sur une échelle de 0 à 9, pour tenir compte à la fois de la faible utilisation actuelle et des potentialités d'utilisation.
- Niveau d'importation : les données TRACES relatives à l'introduction en France de produits sanguins montrent que le niveau d'importation est non nul, mais sans pouvoir différencier les espèces d'origine de ces produits sanguins. Aux dires de certaines entreprises, il n'y aurait pas d'importation de produits sanguins en provenance de pays contaminés (IC : 3). Compte tenu de l'incertitude liée à ces données, il n'est pas possible de garantir une absence d'importation. La réponse pour ce facteur est donc « oui ».

Cas des globules rouges (IC : 3)

L'utilisation des globules rouges semble assez faible en alimentation porcine, mais son intérêt en tant qu'apport de protéines très digestibles rend son utilisation possible, notamment pour les porcelets, qui sont les animaux les plus sensibles à la DEP.

Cependant, le fort déséquilibre en certains acides aminés (leucine) rend son utilisation peu probable du fait du coût de la supplémentation obligatoire en acides aminés de synthèse. (Alain Coupel, communication personnelle).

Le traitement de ces matières premières doit suivre le même règlement que celui du plasma sanguin. Lors de l'évaluation du risque, les experts ont globalisé le plasma et les globules rouges dans les produits sanguins.

Cas des protéines hydrolysées

Les protéines hydrolysées sont définies comme des polypeptides, peptides et acides aminés ainsi que leurs mélanges, obtenus par hydrolyse de sous-produits animaux. Le traitement des produits de porcs pour obtenir des protéines hydrolysées fait intervenir un couple hydrolyse alcaline/température (annexe 3) qui permet de considérer que le produit est sécurisé au regard du risque vDEP (IC : 1).

En revanche, aucune information n'est disponible quant à l'utilisation en alimentation des porcs de protéines hydrolysées. Les auditions de parties prenantes ont conduit à ne pas exclure cette possibilité, dans la mesure où les protéines hydrolysées peuvent représenter une source de protéines, voire d'acides aminés, intéressante, notamment pour les porcelets. Si le niveau d'utilisation n'est pas connu, la présence de ces produits sur le marché est avérée (IC : 3).

- Compte tenu des éléments relatifs au traitement des protéines hydrolysées, les experts estiment à 1 sur une échelle ordinale de 0 à 9, la probabilité d'émission de virus par les protéines hydrolysées, dans un pays où sévit l'épizootie.
- Probabilité de contact avec des porcs : compte tenu d'une utilisation proche de celle des produits sanguins en termes nutritionnels (alimentation des porcelets), le groupe d'experts estime aussi à 7 sur une échelle ordinale de 0 à 9, la probabilité de contact avec les porcs.
- Le niveau d'importation de ces produits : le groupe d'experts n'a pu disposer de données. On ne peut donc pas exclure la possibilité d'importation de protéines hydrolysées en France (noté : « oui »).

Il existe une note des syndicats de la nutrition animale datant du 2 mai 2014 qui, « *dans l'attente de l'avis de l'Anses, recommandent de suspendre les approvisionnements des usines d'aliment en protéines hydrolysées et produits sanguins de porcs à destination de l'alimentation porcine (toute origine)* ». Cette recommandation n'ayant pas valeur de réglementation, le GECU a décidé de ne pas la prendre en compte dans l'évaluation de risque.

Cas des graisses dérivées de non-ruminants

Si les normes de transformation de ces sous-produits animaux sont comparables à celles des produits sanguins (*cf* annexe 3), avec des incertitudes sur certaines d'entre elles, il faut néanmoins souligner que le vDEP, même au stade virémique, a un tropisme essentiellement digestif. Aussi sa présence dans les graisses est-elle très peu probable. Seules des contaminations croisées à partir d'autres produits sont envisageables.

En outre, l'usage des graisses animales dans l'alimentation des animaux est peu répandu, du fait de l'existence de cahiers des charges déjà évoqués dans le cas du plasma.

- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment à 3 sur une échelle ordinale de 0 à 9 la probabilité d'émission de virus par les graisses animales, dans un pays où sévit l'épizootie.
- Les graisses animales sont très peu utilisées en alimentation porcine, pour les mêmes raisons que les autres produits d'origine animale. Ces matières premières, qui apportent

essentiellement de l'énergie seraient plutôt utilisées en finition. Ainsi, la probabilité de contact des graisses animales avec des porcs est estimée à 2 sur une échelle de 0 à 9.

- Les données sur les importations de graisses animales indiquent que les flux existent avec un facteur importation : « oui ».

Cas de la gélatine de non ruminants (IC : 3)

Le traitement des sous-produits pour l'obtention de gélatine fait appel à une hydrolyse à pH 3 pendant 3 h et à un traitement thermique (60°C). Ce procédé est *a priori* inactivant pour le vDEP, mais d'autres traitements sont possibles selon la réglementation (cf annexe 3), impliquant également un traitement acide ou alcalin suivi de plusieurs opérations de chauffage (température non précisée). Le manque de précisions sur les paramètres de ces autres traitements fait qu'il est plus difficile de se prononcer avec certitude sur le caractère inactivant de ces autres traitements.

Le risque de contamination croisée ne doit pas être négligé : la gélatine peut se trouver recontaminée après traitement si des mesures drastiques de séparation des étapes de fabrication et de conditionnement ne sont pas appliquées.

Qualitativement, la gélatine fait partie des ingrédients pouvant entrer dans la fabrication de certains additifs pour l'alimentation animale (enrobage). Les quantités de ces produits utilisés en alimentation des porcs sont en revanche inconnues.

- Compte tenu des éléments relatifs au traitement des produits pour obtenir la gélatine et du risque de contamination croisée qui ne peut être négligé, les experts estiment la probabilité d'émission de virus par la gélatine issue de porcs contaminés, dans un pays où sévit l'épizootie à 2-3 sur une échelle ordinale de 0 à 9.
- Probabilité de contact avec des porcs : le groupe d'experts n'a pu disposer d'information concernant le niveau d'incorporation de la gélatine dans l'alimentation des porcs. Cependant, sa présence en tant que support d'additifs destinés à l'alimentation animale permet d'envisager avec une haute probabilité le contact de cette gélatine avec des porcs *via* l'alimentation. En l'absence de données précises sur ce point, la probabilité la plus élevée a été adoptée par le GECU : 9 sur une échelle ordinale de 0 à 9.
- Le niveau d'importation de ces produits n'est pas non plus documenté. Comme indiqué précédemment, il est toutefois avéré que les additifs pour l'alimentation animale peuvent contenir de la gélatine comme support. La gélatine est donc importée par ce biais. La réponse à ce facteur est donc « oui ».

Cas du collagène de non-ruminants (IC : 3)

Le procédé d'extraction du collagène, quant à lui, comporte un lavage, une adaptation du pH au moyen d'un acide ou d'un alcali, puis un ou plusieurs rinçages, une filtration et une extrusion. L'étape de l'extrusion peut être omise lors de la fabrication de collagène à poids moléculaire réduit à partir de matières premières ne provenant pas de ruminants. L'absence de chauffage est donc possible. Les précisions sont insuffisantes pour se prononcer avec certitude sur le caractère inactivant de ces autres traitements.

L'utilisation du collagène est non documentée, mais son intérêt nutritionnel dans l'alimentation des porcelets est considéré comme faible.

- Compte tenu des éléments relatifs au traitement mis en œuvre pour l'obtention du collagène, les experts estiment à 3 sur une échelle ordinale de 0 à 9, la probabilité

d'émission de virus par le collagène issus de porcs contaminés, dans un pays où sévit l'épizootie.

- Probabilité de contact avec des porcs : le groupe d'experts n'a pas eu d'information concernant le niveau d'incorporation du collagène dans l'alimentation des porcs, mais compte tenu de son faible intérêt nutritionnel, la probabilité pour le contact avec les porcs a été estimée à 1.
- Niveau d'importation de ces produits : le groupe d'experts n'a pu disposer de données. On ne peut donc pas exclure la possibilité d'importation de collagène en France (noté : « oui »).

B VIANDES ET PRODUITS DU PORC POUR L'ALIMENTATION HUMAINE

Le vDEP peut être présent dans le sang des porcs et peut donc potentiellement se retrouver dans tous les tissus et produits porcins dont le muscle, lorsqu'ils proviennent de porcs en phase de virémie.

Les viandes et autres produits du porc (charcuterie et salaison) sont très majoritairement issus d'animaux en fin d'engraissement. La virémie ne peut être exclue chez ces animaux, mais la probabilité est plus faible que pour le porcelet.

L'amplification du virus est nulle chez l'homme : en effet, le virus n'a pas de caractère zoonotique dans l'état actuel des connaissances. L'homme ne serait donc pas un relais de contamination par la consommation de ces produits.

Seul le contact direct d'un produit de porc avec des porcins serait à envisager (en plus du rôle de vecteur mécanique de l'homme déjà envisagé précédemment). Lors de l'épizootie de peste porcine en 2000, au Royaume-Uni, l'explication avancée sur le cas index par le Ministère de l'Agriculture est la consommation, par des truies en plein air, d'un sandwich donné aux animaux par des promeneurs (<http://www.pighealth.com/diseases/csfsources.htm>).

- Compte tenu de ces éléments, les experts estiment à 4 sur une échelle ordinale de 0 à 9 la probabilité d'émission de virus par les viandes et autres produits de porcs, dans un pays où sévit l'épizootie.
- La probabilité de contact de viande ou de charcuterie et salaison avec des porcs est estimée à 1 sur une échelle de 0 à 9.
- Les données sur les importations de viandes et autres produits de porc mettent en évidence qu'il est possible d'importer des viandes fraîches porcines et des produits à base de viande de porc en provenance des Etats-Unis sous certaines conditions (exigences de l'UE en matière de promoteurs de croissance / « Quality system assessment programm » agréé par l'USDA) (ce facteur est donc noté : « oui »).

3.3.1.10 *Tableaux de synthèse des probabilités*

Les tableaux ci-dessous (tableaux 4 et 5) récapitulent les estimations des probabilités de l'émission par les différentes sources de virus, d'une part et de l'exposition des porcs français à ces sources d'autre part.

Tableau 4 : Estimation de la probabilité d'émission du vDEP par les différentes sources depuis les pays reconnus infectés

Sources	Probabilité d'émission par la source	
	Porcs vivants	Porcelets 7
Semences	5	
Embryons	5	
Homme	4	
Matériel, véhicules	6	
Eaux grasses	2-4	
Lisiers	8	
Engrais organiques	8	
Produits sanguins	7	
Protéines hydrolysées	1	
Graisses animales	3	
Gélatine	2-3	
Collagène	3	
Viande de porc	4	

Tableau 5 : Estimation de la probabilité d'exposition des porcs français au vDEP
via les différentes sources

Sources	Probabilité de contact			Importation	Probabilité d'exposition		
	Porcelets 9	Charcutiers 9	Reproducteurs 9		Porcelets 9	Charcutiers 9	Reproducteurs 9
Porcs vivants	9	9	9	oui	9	9	9
Semences	9			oui	9		
Embryons	9			oui	9		
Homme	7			oui	7		
Matériel, véhicules	6			oui	6		
Eaux grasses	1			non	0		
Lisiers	4			non	0		
Engrais organiques	1-2			oui**	1-2		
Produits sanguins (plasma, globules rouges)	7			oui	7		
Protéines hydrolysées	7			oui**	7		
Graisses animales	2			oui	2		
Gélatine	9*			oui	9		
collagène	1			oui**	1		
Viande de porcs	1			oui	1		

*En l'absence de données, la plus haute probabilité a été adoptée : 9

**En l'absence de données, on ne peut exclure la possibilité d'importation : oui

3.3.1.11 Conclusions sur la probabilité d'introduction du virus de la diarrhée épidémique porcine

Compte tenu de ces estimations, la probabilité d'introduction du vDEP s'obtient en croisant la probabilité d'émission par celle de l'exposition, selon les tableaux de croisement de la méthode Afssa, 2008.

Le tableau 6 présente l'appréciation de cette probabilité pour les différentes sources identifiées. Le tableau 7 classe les probabilités d'introduction obtenues de la plus faible à la plus élevée, permettant d'identifier les sources les plus à risque. Il convient toutefois de noter que ces probabilités ne sont pas assorties des mêmes niveaux d'incertitude pour toutes les sources de virus.

Tableau 6 : Appréciation de la probabilité d'introduction du virus de la DEP en fonction des différentes sources

Sources	Probabilité d'émission		Probabilité d'exposition		Probabilité d'introduction	
	Porcelets 7	Charcutiers et reproducteurs 6	Porcelets 9	Charcutiers et reproducteurs 9	Porcelets 7	Charcutiers et reproducteurs 6
Porcs vivants						
Semences	5		9		5	
Embryons	5		9		5	
Homme	4		7		3	
Matériel, véhicules	6		6		5	
Eaux grasses	2-4		0		0	
Lisiers	8		0		0	
Engrais organiques	8		1-2		1-2	
Produits sanguins (plasma, globules rouges)	7		7		6	
Protéines hydrolysées	1		7		1	
Graisses animales	3		2		1	
Gélatine	2-3		9		2-3	
Collagène	3		1		1	
Viande de porc	4		1		1	

Tableau 7 : Hiérarchisation des différentes sources en fonction de la probabilité d'introduction du virus de la DEP

Sources	probabilité d'introduction
Eaux grasses	0
Lisier	0
Protéines hydrolysées	1
Graisses animales	1
Viande de porc	1
Collagène	1
Engrais organiques	1-2
Gélatine	2-3
Homme	3
Matériel, véhicules	5
Semences	5
Embryons	5
Produits sanguins (plasma, globules rouges)	6
Porcs vivants	6-7

Compte tenu des éléments scientifiques actuellement disponibles et notamment :

- la dose minimale infectante extrêmement faible pour ce virus variant vDEP ;
- sa résistance dans l'environnement ;
- la quantité de virus excrétée par les animaux malades,

le GECU considère que le risque d'introduction de la DEP en France, à partir d'un pays infecté, est avéré.

L'évaluation effectuée en expertise collective conduit à caractériser les différentes sources de virus, selon leur probabilité d'introduction. Cette dernière s'étend de 0 à 7, sur une échelle ordinale de 0 à 9.

Néanmoins, compte tenu des caractéristiques du virus rappelées ci-dessus, les experts rappellent que le risque de contamination croisée par du virus provenant de produits de porcs est omniprésent. La plus grande vigilance s'impose donc en ce qui concerne l'origine de tout intrant en élevage de porc.

3.3.2 Mesures visant à réduire le risque d'introduction

- Quelles seraient les conditions minimales de fabrication des matières premières issues de porcs (produits sanguins, protéines hydrolysées, graisses, gélatines) pour garantir une maîtrise du risque pour un usage de ces matières en alimentation animale ?

Dans l'état actuel des connaissances, le virus semble inactivé lorsqu'il est traité thermiquement à une température minimum de 71 °C pendant 10 min (cf 3.1.5). Les autres valeurs du couple temps-température ne sont aujourd'hui pas documentées vis-à-vis de leur capacité à inactiver le virus. Ainsi, tout autre traitement nécessite d'être évalué.

Un stockage des produits pendant un minimum de 7 jours à une température de 20 °C en milieu sec semble également inactiver le virus. Cependant, l'inactivation du virus pendant le stockage dépend fortement de la température et du taux d'humidité. Il est ainsi difficile de se prononcer sur l'effet du stockage des différents produits concernés, sur l'inactivation du virus, en l'absence de conditions d'hygrométrie précises et de contrôle de la température ambiante.

Le GECU rappelle que la dose minimale infectante est particulièrement faible pour le vDEP. Le risque de contamination croisée est donc important. Les matières premières obtenues peuvent ainsi être recontaminées lors du conditionnement si toutes les précautions ne sont pas prises pour séparer les différentes étapes de fabrication des produits. Il est donc important de respecter les mesures d'hygiène avant et après traitement thermique (mesures de type « marche en avant », séparation des zones propres et sales, personnel différent dans les zones).

En outre, l'inoculation de la dilution 10⁻⁹ d'un homogénat clarifié de muqueuses d'intestin, prélevées sur un porcelet infecté par le vDEP, non-détectable par RT-PCR temps réel, entraîne l'infection de porcelets (cf 3.1.3). Ainsi, dans l'état actuel des connaissances, l'évaluation de la sécurité du produit au regard de la DEP ne peut être totalement garantie par analyse RT-PCR.

Compte tenu des sources les plus à risque identifiées dans le chapitre précédent, le GECU recommande pour le plasma et les autres produits sanguins de porc :

- **de traiter thermiquement les produits à une température de plus de 71 °C pendant au moins 10 min, tout autre couple temps-température nécessitant d'être validé à partir d'essais expérimentaux pertinents ou d'éléments bibliographiques nouveaux ;**
- **de stocker le produit traité thermiquement pendant au moins 7 jours à une température de 20 °C, en milieu sec ; ce stockage n'étant pas une alternative au traitement thermique. Les paramètres de température et d'hygrométrie doivent être contrôlés ;**
- **de respecter les mesures d'hygiène afin d'éviter la recontamination des produits traités avec des produits contaminés par contamination croisée.**
- Arrêté relatif à des mesures conservatoires adoptées sur le territoire national vis-à-vis de la DEP : il liste certaines matières premières interdites d'importation en France selon le pays d'origine. Y a-t-il des produits à retirer / à ajouter ?

Pour des raisons de temps, le GECU n'a pas statué sur cette liste des matières premières à interdire à l'importation en France. La hiérarchisation des différentes sources en fonction du risque d'introduction du vDEP fournit des éléments de réponse à cette question concernant les mesures conservatoires adoptées sur le territoire national (cf 3.3.1).

3.4 Réponse à la question 2 relative au risque de diffusion de la diarrhée épidémique porcine et aux mesures visant à limiter ce risque

Les différentes questions relatives au risque de diffusion de la DEP ainsi qu'aux mesures de gestion associées ont été regroupées et réorganisées dans les trois points suivants :

1. Impact prévisible pour la filière en cas d'introduction sur le territoire national (la France vient de l'ajouter temporairement à la liste des maladies de catégorie 1 pour rendre sa déclaration obligatoire) → 3.4.1
2. Si le risque d'introduction n'est pas négligeable, quels seraient les avantages/inconvénients d'une simple claustration *versus* un abattage préventif ? Une simple claustration permettrait-elle de circonscrire un éventuel 1^{er} foyer lors des premières déclarations ? Un abattage total préventif à chaque déclaration permettrait-il de limiter les conséquences d'une introduction de DEP sur le territoire national ? Quels moyens de maîtrise identifiés jusqu'à présent pourraient être mis en œuvre afin de limiter le risque de propagation → 3.4.2
3. Peut-on attendre une protection de la part des vaccins éventuellement disponibles ? → 3.4.3

3.4.1 Impact prévisible pour la filière en cas d'introduction du virus de la diarrhée épidémique porcine en France

L'impact sur la filière a été analysé sous deux angles :

- L'angle épidémiologique au travers d'un modèle de propagation inter-troupeau du vDEP ;
- L'angle économique pour lequel une estimation provisoire a été conduite.

3.4.1.1 Modèle de propagation du virus de la diarrhée épidémique porcine après introduction en France

➤ Interface utilisée

L'outil de modélisation utilisé est le North American Animal Disease Spread Model version 4.0.13 (Harvey *et al.*, 2007) qui permet de représenter la propagation d'une épizootie dans une ou plusieurs populations animales qui interagissent dans le temps et l'espace. Cet outil en accès libre a été utilisé à plusieurs reprises, notamment pour la modélisation de la propagation et l'évaluation de stratégies d'éradication de la maladie d'Aujeszky (Ketusing *et al.*, 2014) et la représentation d'un modèle de type « One Health » de transmission de virus influenza entre des populations animales et humaines (Dorjee *et al.*, 2014). L'outil a été développé et est mis à jour par l'Université de Guelph au Canada et l'université du Colorado aux Etats-Unis.

➤ Principes généraux du modèle et grandes caractéristiques

Le modèle est de type individu-centré (agent-based), en temps discret (pas de temps = 1 jour) et stochastique. Il est basé sur une représentation des unités épidémiologiques dans l'espace (géolocalisation) et permet la représentation de différents types d'élevage, éventuellement différentes productions animales si la maladie touche différentes espèces. La taille des troupeaux peut être prise en compte notamment si le processus de transmission nécessite la

représentation d'une probabilité de transmission fonction de la prévalence intra-cheptel atteinte (non utilisé dans le cas de la DEP).

Le modèle infectieux repose sur un modèle compartimental permettant de représenter les unités épidémiologiques en fonction de leur statut :

- sensible : sensible à l'infection (**S**) ;
- infecté latent : infecté sans transmission de l'infection (**E**) ;
- infectieux subclinique : transmission possible de l'infection pendant une phase asymptomatique (**I1**) ;
- infectieux clinique : transmission de l'infection pendant une phase clinique (**I2**) ;
- naturellement Immunisés : acquisition d'une immunité naturelle de troupeau, ne transmettent plus l'infection et ne peuvent plus être infectés (**R**) ;
- mortalité due à la maladie : troupeau éliminé en raison d'une mortalité touchant tous les animaux (**M**) ;
- troupeau détruit : dans le cadre d'une mesure de gestion consistant à abattre tout le troupeau ;
- vaccinés : acquisition d'une immunité liée à la vaccination dans le cadre de la mise en place d'une mesure de gestion.

Seuls les états **S**, **E**, **I1**, **I2**, **R** et **M** sont utilisés pour le modèle DEP. La probabilité de mortalité est fonction du type d'élevage. Le modèle compartimental conceptuel utilisé est représenté à la figure 9.

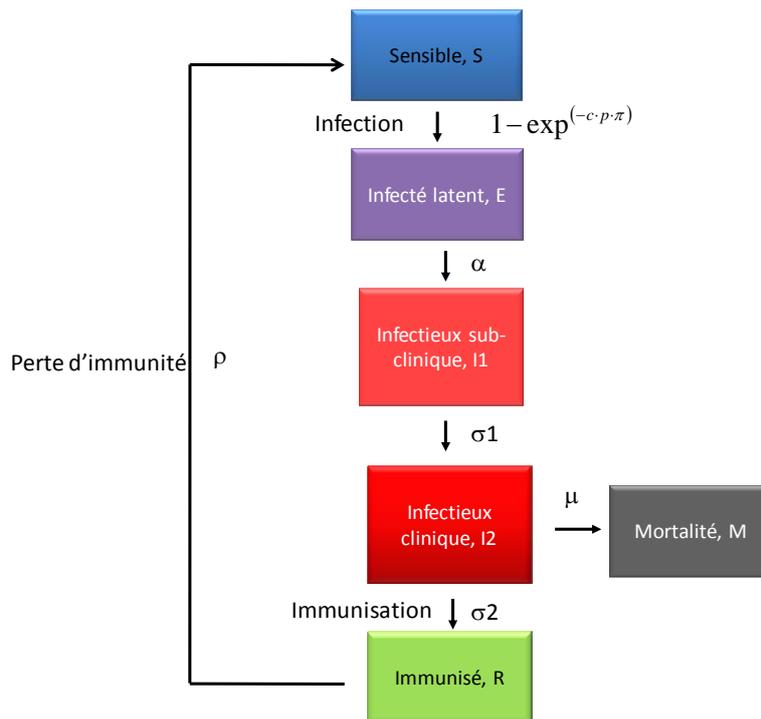


Figure 9 : modèle compartimental conceptuel utilisé pour la modélisation de la propagation du virus de la DEP.

Paramètres : c : taux de contact quotidien, p : probabilité de transmission du virus en cas de contact, π : proportion d'unités infectieuses, $1/\alpha$: durée de période de latence, $1/\sigma_1$: durée de la période infectieuse subclinique, $1/\sigma_2$: durée de la période infectieuse clinique, μ : probabilité de mortalité, $1/\rho$: durée de l'immunité.

Différents processus de transmission peuvent être représentés et pris en compte dans la dynamique d'infection :

- **Transmission par contacts directs.** Ce processus de transmission représente un transfert de l'agent infectieux d'un troupeau à l'autre *via* des échanges d'animaux. Le

processus de transmission est gouverné par un processus probabiliste dépendant de la fréquence de contacts et d'une probabilité de transfert de l'agent en cas de contact. Le réseau de contacts entre les troupeaux n'est pas explicitement représenté. La probabilité d'infection d'un élevage à chaque pas de temps est gouvernée par un processus basé sur la loi de Poisson. Brièvement, la probabilité d'échapper à l'infection pour un élevage est supposé suivre une loi de Poisson de moyenne $c.p.\pi$ où c est le taux de contacts quotidiens, p la probabilité de transmission du virus en cas de contact et π : proportion d'unités infectieuses. La probabilité d'infection à chaque pas de temps est ainsi $1 - \exp^{-c.p.\pi}$.

- **Transmission par contacts indirects.** Ce processus de transmission représente un transfert de l'agent infectieux d'un troupeau à l'autre *via* des contacts dits indirects c'est-à-dire des vecteurs mécaniques de l'agent infectieux hors mouvements d'animaux. Le processus de transmission est également gouverné par un processus probabiliste dépendant de la fréquence de contacts indirects et d'une probabilité de transfert de l'agent en cas de contact.
- **Transmission par proximité.** Ce processus de transmission permet la représentation d'une diffusion par proximité de l'agent infectieux (aérosols contaminés) à des troupeaux très proches, *via* la définition d'un rayon à risque autour de l'élevage infecté.
- **Transmission par voie aérienne.** Il est possible de représenter un cône de diffusion préférentiel de l'agent infectieux à partir du troupeau infecté en fonction des vents dominants et sur une distance maximale déterminée.

Pour modéliser la diffusion de la DEP, seuls les processus de transmission par contacts directs et indirects ont été utilisés.

➤ Données utilisées pour le paramétrage du modèle

➤ **Caractéristiques de la maladie à l'échelle du troupeau**

Les données de durée de latence, période infectieuse subclinique, période infectieuse clinique, durée d'immunité à l'échelle d'un troupeau résultent d'un examen de la littérature (Martelli *et al.*, 2008; Pensaert et De Bouck, 1978) et des rapports publiés aux Etats-Unis (<http://www.aasv.org/aasv%20website/Resources/Diseases/PorcineEpidemicDiarrhea.php>) et au Canada (Poulin et Klopfenstein, 2013).

➤ **Base de données « élevage et contacts directs »**

Les données utilisées pour la géolocalisation des élevages, leur type, les effectifs et les mouvements d'animaux proviennent d'une extraction BDPORC pour l'année 2010 et pour la Bretagne. La base de données décrit l'ensemble des mouvements pour chaque IDM (indicatif de marquage) et le type de mouvement en question : porcelets de 8 kg, porcelets de 25 kg, porcs charcutiers, porcs reproducteurs. Cette base de données est utilisée pour créer le fichier d'initialisation de la population permettant de représenter les élevages dans l'espace et ses caractéristiques (type d'élevages, effectifs, coordonnées géographiques, statut en début de simulation) (figure 10).

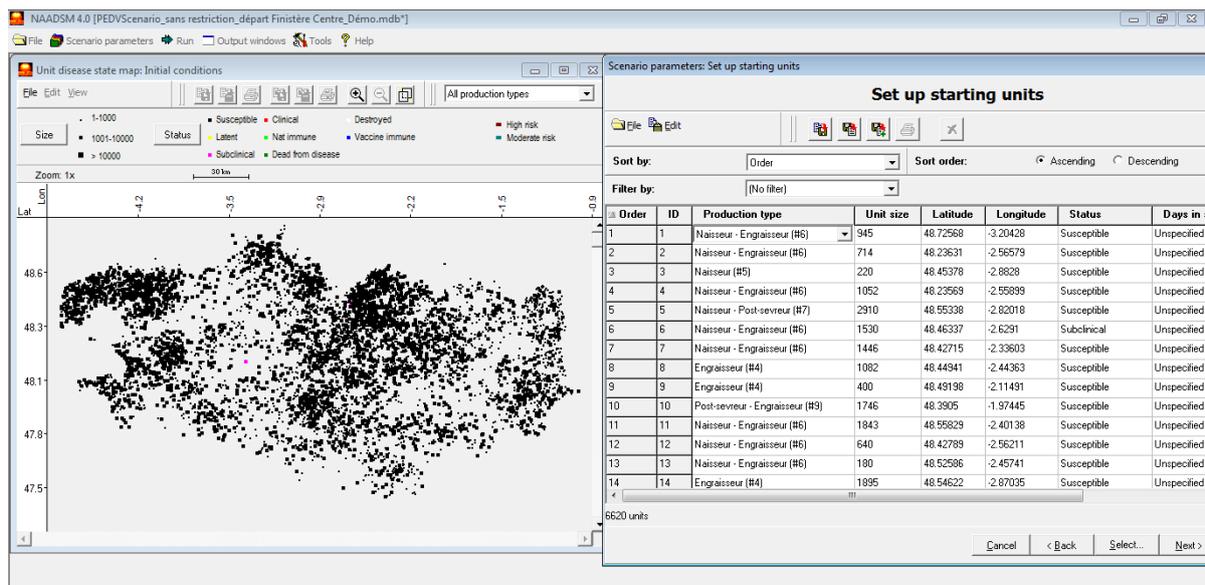


Figure 10 : Capture d'écran illustrant la représentation géographique des élevages géolocalisés, et la base de données initiale (type de production, effectif, coordonnées géographiques et statut en début de simulation).

➤ **Contacts directs**

Pour chaque type d'élevage i , la fréquence moyenne quotidienne de mouvements de type « chargement » (départs de porcs de l'élevage) est calculée à partir de la moyenne annuelle de mouvements de ce type pour chaque catégorie d'animaux j (porcelets de 8 kg, porcelets de 25 kg, porcs reproducteurs). Soit F_{ij} cette fréquence. Pour tenir compte de la proportion d'élevages réalisant ce type de mouvement au sein de la population j , cette fréquence est pondérée par cette proportion φ_j . Le taux moyen quotidien de contacts directs pondéré auquel est exposé un élevage recevant des animaux des catégories j est donc :

$$C_i = \sum_j F_{ij} \cdot \varphi_j$$

La probabilité de transmission en cas de contacts directs (p) est fixée à 0,95 quelle que soit la catégorie d'élevage source.

➤ **Contacts indirects**

Afin de paramétrer les contacts indirects (diffusion par des vecteurs mécaniques), les données d'une étude préalable conduite dans le cadre d'un projet européen sur les zones de productions animales à faible et forte densité ont été utilisées (Rose et Madec, 2002). Ces données décrivent la fréquentation des élevages de manière quantitative en fonction de leur type (naisseur-engraisseur, naisseur, engraisseur) à partir d'un échantillon de 140 élevages. La fréquentation par les véhicules de transport d'animaux, d'aliment, les véhicules des techniciens, des vétérinaires, des représentants, des véhicules utilisés pour le transport du lisier, les véhicules d'équarrissage ou par des personnes extérieures (amis, voisins) sont quantifiés (fréquence annuelle/élevage). Une fréquence médiane annuelle est calculée pour chaque type de véhicules et par type d'élevage ainsi qu'un cumul des fréquentations par élevage (fréquence de visites toutes confondues/an/élevage). Un taux de fréquentation quotidien est calculé pour chaque type d'élevages tel que décrit dans l'enquête (naisseurs-engraisseurs, engraisseurs et Nnaisseurs). Il est fait l'hypothèse que ce taux résulte d'une exposition à des contacts indirects issus d'élevages « sources » au prorata de leur proportion respective dans la population. Soit F'_{ij} cette fréquence quotidienne de contacts indirects pour l'élevage de catégorie i ; et η_j la proportion d'élevages « sources » de catégorie j dans la population, alors le taux quotidien de

contacts indirects pour l'élevage de catégorie i et liés aux élevages « sources » de catégorie j est :

$$CI_i = \sum_j F_{ij} \cdot \eta_j$$

La probabilité de transmission en cas de contacts indirects (p) est fixée à 0,15 quelle que soit la catégorie d'élevage source, sauf lorsque les élevages sources sont de type engraisseur, celle-ci est alors de 0,10 ; elle est supposée plus faible car ces élevages ne possèdent pas de jeunes animaux âgés de moins de 9 semaines.

La description détaillée des différents paramètres se trouve en annexe 7.

➤ Discussion du modèle et conclusions

Basé sur une situation d'élevage en Bretagne, avec une forte densité, le modèle conduit à établir un **scénario de diffusion rapide de la maladie, en l'absence de mesure de maîtrise et de gestion**, comme l'indique la figure 11.

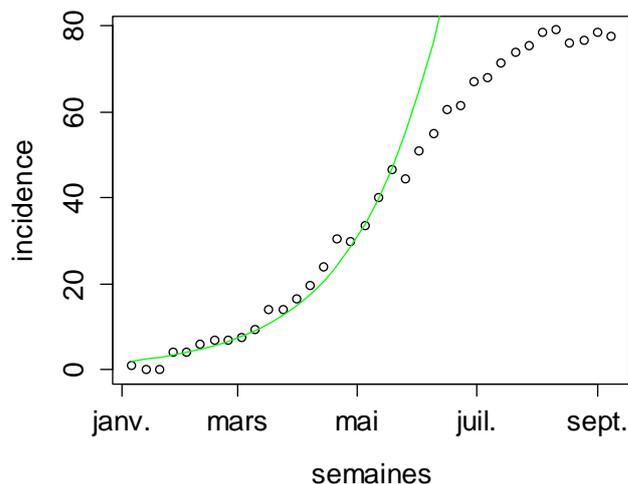


Figure 11 : Bretagne : incidence moyenne simulée de la DEP prévue par le modèle

Quatre localisations initiales sont évaluées qui correspondent à des zones de forte densité porcine (Côtes d'Armor et Finistère Nord) opposées à des zones de plus faible densité (Finistère centre, Ile et Vilaine). L'impact de la localisation du cas index est très limité dans les simulations réalisées (tableau 8). Plus de 3000 élevages sont infectés en moyenne au cours de la période de simulation ; seules 5 à 16% des simulations réalisées conduisent à une épizootie qui s'achève avant les 550 jours de simulation. L'incidence hebdomadaire maximale atteinte varie en moyenne entre 73 et 85 nouveaux cas par semaine.

Le scénario serait différent dans des régions en France dotées d'autres caractéristiques d'élevage.

Par ailleurs, seuls les processus de transmission par contacts directs et indirects ont été utilisés pour établir le modèle de diffusion du virus de la DEP. Les transmissions par proximité (aérosols) ou par voie aérienne (vents) n'ont pas été incluses dans les hypothèses. Le modèle de diffusion pourrait donc s'avérer moins sévère que la réalité, si ces autres voies de transmission se confirmaient.

Le modèle permet également de simuler la prise en compte de mesures de gestion, présentées dans le chapitre suivant.

Les simulations ont été réalisées à partir d'un seul cas index. Aussi, les épizooties simulées seraient a priori plus sévères lors de multiples cas index (plusieurs contaminations à une même source).

Tableau 8 : Impact de la localisation du cas index sur les paramètres de sortie des simulations en l'absence de mesure de maîtrise (100 simulations, 550 jours).

	Sans restriction, cas index en Cotes d'Armor				sans restriction, cas index en Finistère Nord				sans restriction, cas index en Ile et Vilaine				sans restriction, cas index en Finistère Centre			
	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95
Nombre total d'élevages infectés	3105.7	5.9	3681.0	4058.6	3393.5	13.9	3698.0	4055.0	3526.6	2750.0	3708.0	4037.5	3189.2	3.9	3724.0	4067.4
Nombre total d'élevages détectés	3072.9	6.9	3641.0	4025.1	3358.3	14.9	3654.5	4016.3	3489.3	2701.5	3670.5	3995.3	3155.9	3.0	3691.5	4019.1
Pourcentage d'itérations où l'épizootie s'achève avant 550 jours	16.0				9.0				5.0				15.0			
Durée de ces épizooties achevées (jours)	82.1	39.5	75.0	157.5	100.1	43.8	85.0	187.2	100.8	59.0	105.0	127.0	72.1	21.9	84.0	110.5
Incidence hebdomadaire maximale	73.1	0.0	79.0	143.1	80.2	0.0	82.5	140.4	85.1	13.3	86.5	143.2	74.6	0.0	81.5	140.2

p5, p50, p95 : 5^{ème} percentile, médiane et 95^{ème} percentile

3.4.1.2 Impact économique sur la filière

Les conséquences financières de la DEP seraient considérables, à la fois pour les élevages concernés et l'ensemble de la filière, mais dépendraient de la zone où surviendrait le cas index. Les simulations suivantes donnent une estimation de l'impact de la maladie sur les différents échelons de la filière et de son coût potentiel pour un élevage de taille moyenne, modulable selon la gravité. Elles sont fondées sur des scénarios qui nécessiteraient d'être réévalués, en fonction de nouvelles connaissances et de calculs économiques plus approfondis.

➤ **Conséquences directes**

La mortalité des porcelets peut atteindre 100% le 7^{ème} jour après le début des symptômes et durer pendant plusieurs semaines voire plusieurs mois. Pour un élevage de 200 truies productives, conduisant en 7 bandes de 28 truies, si l'on considère que deux bandes consécutives sont sévèrement atteintes, et que les autres le sont moins car les truies auront été malades en cours de gestation, les pertes, pour 12 porcelets nés vivants, sont estimées à 32 928 €⁹.

A ces pertes doivent être rajoutées les conséquences de la désorganisation de la reproduction, car les truies perdent leurs porcelets avant la date normale du sevrage et les retours en chaleurs se font en ordre dispersés et peuvent être différés. Le coût d'un jour perdu sur l'intervalle sevrage saillie-fécondante est évalué à 3,80 €. Si deux bandes de truies sont totalement désorganisées, avec en moyenne 3 jours supplémentaires d'ISSF, le coût est alors estimé à 638 €¹⁰.

La diarrhée affecte tous les porcs, quel que soit leur âge, avec une incidence sur la croissance. Malgré la croissance compensatrice, il faudra en moyenne 15 jours de plus pour atteindre le poids d'abattage, soit pour 2 bandes de 10x28 porcs à 2,3 €, une estimation de 1 288 €¹¹.

⁹ 12*28*2*49 : Coût évalué par l'IFIP : Gourmelen 2003, actualisé en mai 2014

¹⁰ 3,80*28*2*3

¹¹ 2*10*28*2,3, 10 étant le Nombre de porcs produits par truie et par bande, données IFIP

La mortalité, sans être considérable en post-sevrage et en engraissement, sera sans doute accrue, de 2% en post-sevrage et de 1% en engraissement, représentant, d'après les données IFIP, une perte de :

- 23 € par truie pour 1% de pertes en engraissement ;
- 32 € par truie pour 2% de pertes en post-sevrage.

Soit $23 \times 200 + 32 \times 200 = 11\ 000$ €

Les pertes moyennes pour un élevage de 200 truies peuvent donc être évaluées à 45 854 €, dans une hypothèse favorable sur la durée de l'évolution sans prise en compte des coûts pour l'Etat d'une éventuelle indemnisation en cas d'abattage.

Selon l'estimation du Centre de développement du Porc au Québec (CDPQ), une épidémie de 365 jours de DEP au Québec se traduirait par une facture pouvant aller de 14 M\$ à 50 M\$ selon la vitesse de la propagation de la maladie (Poulin et Klopfenstein, 2013).

➤ **Conséquences indirectes**

Concernant les fabricants d'aliments et autres fournisseurs, la réduction des effectifs et les restrictions de circulation entraîneront un manque à gagner important, difficile à chiffrer avec précision, dépendant évidemment de la taille des élevages atteints, de leur nombre et de la durée de l'épizootie.

Concernant les transporteurs, le surcoût engendré par les mesures de biosécurité drastiques qui devront être prises est très important et difficile à répercuter sur les éleveurs (Poulin et Klopfenstein, 2013) :

- augmentation du nombre de camions devant être décontaminés, si on décide que tous doivent être lavés et désinfectés entre deux livraisons ;
- augmentation des besoins en personnel, en vêtements à usage unique, en produits de lavage, en eau, en électricité ou fuel pour le séchage.

Concernant les abattoirs, le manque à gagner portera sur la réduction du nombre de porcs abattus et l'augmentation des coûts de nettoyage-désinfection.

Concernant le marché du porc, à la suite de la réduction du tonnage disponible, le prix devrait augmenter, dans des proportions dépendant de l'extension de l'infection. Il est en revanche difficile de prévoir quelle serait la réaction des consommateurs, bien que la maladie ne soit pas une zoonose.

Concernant le commerce international : la maladie serait préjudiciable aux exportations. En France, les exportations représentent 15% de la production en valeur du chiffre d'affaire, les exportations de porcs vivants, 2,7%, les produits de découpe et carcasses, 25%, et les produits de charcuterie, 9%¹².

3.4.2. Moyens de maîtrise de la propagation : abattage, claustration, biosécurité

Les questions de la saisine relatives à la propagation de la maladie ont été regroupées afin de répondre aux points suivants :

- Une simple claustration ou un abattage permettent-ils de circonscrire un éventuel 1^{er} foyer lors des premières déclarations ?
- Un abattage total préventif à chaque déclaration permettrait-il de limiter les conséquences d'une introduction de DEP sur le territoire national ?
- Quels sont les avantages et inconvénients de l'abattage/claustration ?

¹² Le porc par les chiffres 2013-2014. Données 2012. Publication IFIP

- Quelles mesures de biosécurité pourraient permettre de limiter la propagation du virus de la DEP ?

La « simple claustration » est définie comme étant l'ensemble des mesures pouvant être adoptées au travers d'un arrêté préfectoral de déclaration d'infection (APDI), hormis l'abattage¹³.

Elle comprend 2 ensembles de mesures : restriction des mouvements et mesures de biosécurité externe.

On entend par biosécurité, l'ensemble des mesures prises pour protéger les élevages de l'introduction de nouveaux agents infectieux. On peut distinguer :

- la biosécurité externe : elle vise à empêcher ou limiter l'introduction du virus dans l'élevage ;
- la biosécurité interne : elle vise à réduire la propagation du virus à l'intérieur de l'élevage.

Dans le cadre de la maîtrise de la propagation d'une maladie, les mesures de biosécurité externe sont primordiales (la biosécurité interne, quant à elle, étant un pré-requis permanent pour la conduite d'un élevage).

3.4.2.1 Maîtrise du premier foyer déclaré par abattage ou claustration

- Aux Etats-Unis, l'abattage total des premiers foyers n'a pas été réalisé. L'abattage des seuls animaux malades n'a pas permis de limiter la diffusion de la maladie.

La dissémination de l'infection aux élevages voisins a fait l'objet d'une étude rétrospective aux Etats-Unis à partir des données de déclaration des foyers (University of Minnesota, 2013 ; <http://www.cvm.umn.edu/sdec/SwineDiseases/pedv/index.htm>). Sur la base de l'analyse spatiale de données de 2039 sites d'exploitation, les auteurs ont ainsi évalué la probabilité d'être infecté en fonction de la distance du plus proche site positif connu ;

- à moins de 1,6 km, le risque est multiplié par 8,4 ;
- à moins de 3 km, le risque est multiplié par 6,3 ;
- à moins de 5 km, il n'y a pas d'augmentation du risque.

Ces valeurs sont cependant dépendantes de la densité des élevages. Ainsi, dans les zones à faible densité, on observe bien une réduction du risque de contamination en relation avec la distance des élevages ; mais dans les zones à forte densité, le risque de diffusion reste le même quelle que soit la distance du plus proche site positif connu. Ceci suggère que l'effet d'une simple claustration aurait un effet très limité sur la diffusion du virus dans les zones à forte densité.

Ainsi, au vu des éléments de connaissance actuelle sur la propagation du vDEP, la simple claustration des animaux lors des premiers foyers d'infection ne semble pas suffisante pour empêcher la propagation du virus. Ceci serait d'autant plus vrai que les élevages infectés se situent dans une zone à forte densité d'élevage.

- Au Canada, dans la province du Québec (Montréal), l'abattage total du premier foyer contaminé (élevage d'engraissement) a été décidé par les autorités le 22 février 2014 (dans une région à forte densité d'élevage). Accompagné de mesures de biosécurité maximum, ceci a permis d'éviter la diffusion autour de l'élevage contaminé malgré le transport et l'abattage des porcs dans un abattoir. Ce site est toujours vide et en quarantaine.

¹³ Article L223-8 du Code rural et de la pêche maritime

Ces éléments suggèrent que sous condition de mesures de biosécurité drastiques (cf 3.4.2.3), l'abattage du premier foyer détecté permettrait de limiter la diffusion du virus. Il conviendrait également de respecter un vide sanitaire suffisant pour décontaminer le bâtiment.

Compte tenu de ces éléments, le GECU conclut :

- qu'une simple claustration du premier foyer, dans une région à forte densité d'élevage, ne suffirait pas pour empêcher la propagation de la maladie ;
- que l'abattage total du premier foyer, associé à l'application de mesures de biosécurité drastiques serait davantage approprié pour tenter de limiter la propagation ;
- qu'il conviendrait d'appliquer également un renforcement des mesures de biosécurité dès la détection et l'abattage du premier cas pour limiter la diffusion *via* les véhicules, le matériel et le personnel, qui auraient pu être en contact avec cet élevage ;
- que le délai de réaction est important : une réaction trop tardive liée à un long intervalle entre la détection, la déclaration et la mise en place de la mesure de gestion multiplierait les occasions de dissémination du virus, rendant inefficace l'abattage de ce premier foyer vis-à-vis de la propagation de la maladie.

3.4.2.2 Maîtrise de la propagation à partir du premier foyer

Le modèle de propagation, présenté au point 3.4.1.1, permet de simuler l'effet de plusieurs types de mesures de maîtrise de l'épizootie :

- **Restriction des mouvements** entre élevages après détection et déclaration d'un élevage infecté. Une zone de restriction est mise en place autour de l'élevage déclaré infecté avec abolition des mouvements d'animaux inter-élevages entre les élevages inclus dans la zone et l'extérieur. Les mouvements intra-zone de surveillance sont autorisés. La rapidité de la mise en place de la zone peut être paramétrée en représentant une probabilité de détection et de déclaration de l'élevage infecté plus ou moins précoce. Le délai de détection regroupe le temps nécessaire à l'identification de la maladie par l'éleveur, son signalement au vétérinaire, la réalisation d'une analyse de confirmation et l'obtention du résultat. Le délai de déclaration correspond au temps nécessaire après la confirmation du cas à la prise d'une décision de gestion par les autorités sanitaires compétentes et court donc jusqu'à la mise en place effective de la mesure de gestion.
- **Renforcement de la biosécurité externe** au travers d'une diminution de la probabilité de transfert de l'infection à la faveur d'un contact indirect.
- **Abattage** des unités déclarées infectées. Dans ce cas, les élevages sont abattus une fois l'infection déclarée avec prise en compte d'un délai comme pour la mise en place d'une zone de restriction des mouvements ainsi qu'une durée de réalisation des opérations d'abattage (suppression totale de la source infectieuse).

Les simulations de scénarios de propagation en combinaison de plusieurs mesures de maîtrise ont été réalisées en faisant varier les paramètres détaillés au Tableau 9. Pour les délais de détection et de déclaration représentés dans les scénarios de restriction de mouvements et d'abattage, des fonctions relationnelles sont utilisées ; elles représentent l'évolution de la probabilité de détection et de déclaration de l'infection en fonction du temps (annexes 8 et 9).

Tableau 9 : Description des options de maîtrise évaluées et du paramétrage associé dans le modèle de propagation

		Origine du cas index	Délai de détection	Délai de déclaration	Durée de réalisation des opérations d'abattage	Rayon de la zone de restriction	Réduction de la probabilité de transmission <i>via</i> contacts indirects
Mesures de maîtrise	Restriction des mouvements	Centre Finistère	. Fonction relationnelle A1 . Fonction relationnelle A3	Fonction relationnelle B	-	. 2 km . 5 km	-
	Renforcement biosécurité	Centre Finistère	-	-	-	-	-30%
	Abattage	Centre Finistère	. Fonction relationnelle A1 . Fonction relationnelle A2 . Fonction relationnelle A3	Fonction relationnelle B	7 jours	-	-

- **Impact de la mise en place de mesures de restriction des mouvements d'animaux (Tableau 10)**

Dans ces scénarios, des zones de restriction de mouvements sont mises en place une fois la déclaration de l'infection effectuée (en fonction du délai représenté). Différentes tailles de zones sont évaluées (rayon de 2 ou 5 km). Seuls les mouvements d'animaux entre élevages sont abolis, les mouvements des porcs charcutiers vers l'abattoir ne sont pas restreints dans ces simulations. Ces restrictions de mouvements ont un impact sur la durée de l'épizootie puisque 100% des simulations réalisées conduisent à une épizootie qui s'achève dans les 550 jours. La durée moyenne de ces épizooties est d'une centaine de jours en moyenne lorsque la réactivité est la plus forte (détection dans les 10 jours). L'ampleur de l'épizootie est aussi considérablement diminuée (une trentaine d'élevages infectés au total en moyenne). Le retard de détection (40 jours) dégrade considérablement l'effet de la restriction des mouvements (830 élevages infectés en moyenne pour une durée moyenne d'épizootie de 337 jours). L'augmentation de la taille de la zone de restriction des mouvements (5 versus 2 km) ne modifie pas significativement l'effet de la restriction des mouvements.

- **Impact de la mise en place de mesures de biosécurité externe et de restriction des mouvements d'animaux (Tableau 11)**

La mise en place de mesures de biosécurité externe est ici approchée par la réduction de la probabilité de transmission de l'infection *via* les contacts indirects de 30% (Tableau 9).

- Renforcement de la biosécurité externe seule : l'accroissement de la biosécurité externe entre les élevages a un impact sur l'épizootie avec une réduction significative du nombre total de cas attendus (533). Cependant seules 51% des itérations réalisées s'achèvent avant les 550 jours de simulation et la durée moyenne de ces épizooties achevées est de 171 jours en moyenne. Il semble que la maladie s'installe dans ce cas sous une forme enzootique.
- Association de ces mesures de biosécurité renforcées à une restriction des mouvements : elle permet d'améliorer considérablement l'efficacité attendue (391 élevages infectés en moyenne *versus* 831 pour un délai de détection de 40 jours avec et sans biosécurité renforcée respectivement). Dans le cadre de cette association restriction de mouvements/biosécurité renforcée, près de 100% des épizooties simulées s'achèvent avant les 550 jours pour une durée moyenne de 178 à 292 jours selon le niveau de réactivité.

**Tableau 10 : Impact de la mise en place de zones de restriction des mouvements
(100 simulations, 550 jours)**

	Restriction mouvements, zone de rayon de 2 km, détection dans les 10 jours				Restriction mouvements, zone de rayon de 2 km, détection dans les 40 jours				Restriction mouvements, zone de rayon de 5 km, détection dans les 10 jours			
	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95
Nombre total d'élevages infectés	29.3	0.0	10.0	112.4	831.3	7.9	912.0	1037.4	31.8	0.0	14.0	119.4
Nombre total d'élevages détectés	30.0	1.0	11.0	113.4	722.9	6.0	788.0	904.4	32.4	1.0	15.0	118.5
Jour de la première déclaration	10.6	4.0	10.0	18.0	19.5	10.0	19.5	31.1	11.1	4.0	11.0	20.1
Nombre d'élevages infectés avant la 1ère détection	4.9	1.0	4.0	11.0	14.4	3.0	12.0	31.4	5.5	1.0	5.0	14.0
Pourcentage d'itérations où l'épizootie s'achève avant 550 jours	100.0				96.0				100.0			
Durée de ces épizooties achevées (jours)	100.2	32.9	71.0	228.1	337.7	71.0	350.0	453.3	108.7	36.0	95.0	239.1
Incidence hebdomadaire maximale	2.9	0.0	0.0	14.1	39.6	0.0	42.0	79.1	2.9	0.0	0.0	13.1

p5, p50, p95 : 5^{ème} percentile, médiane et 95^{ème} percentile

délai de détection : délai entre l'infection et la confirmation du diagnostic

délai de déclaration : délai entre la notification de l'infection et la mise en place effective de la mesure de gestion

Tableau 11 : Impact d'un renforcement de la biosécurité associé ou non à la mise en place de zones de restriction des mouvements (100 simulations, 550 jours)

	Renforcement de la biosécurité seule				biosécurité renforcée, restriction des mouvements dans une zone de rayon de 2km, détection dans les 40j				biosécurité renforcée, restriction des mouvements dans une zone de rayon de 2km, détection dans les 20			
	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95
Nombre total d'élevages infectés	533.1	4.0	437.0	1415.4	391.2	2.9	438.5	638.4	112.8	1.0	75.5	324.1
Nombre total d'élevages détectés	526.4	5.0	433.5	1403.6	338.4	3.9	375.5	560.4	107.6	2.0	69.0	314.2
Jour de la première déclaration	12.0	4.0	11.0	21.1	22.6	9.0	22.0	40.3	16.9	8.9	16.0	27.0
Nombre d'élevages infectés avant la 1ère détection	5.5	1.0	5.0	12.0	15.4	2.0	14.0	34.0	8.3	2.0	6.0	20.2
Pourcentage d'itérations où l'épizootie s'achève avant 550 jours	51.0				98.0				100.0			
Durée de ces épizooties achevées (jours)	171.1	56.0	115.0	504.0	292.3	55.0	316.0	440.2	178.7	44.9	171.0	360.4
Incidence hebdomadaire maximale	9.5	0.0	0.5	39.1	16.7	0.0	14.0	44.2	5.1	0.0	0.0	21.1

p5, p50, p95 : 5^{ème} percentile, médiane et 95^{ème} percentile

délai de détection : délai entre l'infection et la confirmation du diagnostic

délai de déclaration : délai entre la notification de l'infection et la mise en place effective de la mesure de gestion

• **Impact de l'abattage des élevages détectés infectés (Tableau 12)**

La mise en place de mesures d'abattage des élevages détectés infectés est la mesure qui a l'impact le plus important sur la taille des épizooties simulées.

- **Abattage seul** : La réactivité a une influence majeure : une détection tardive dans les 40 jours dégrade considérablement l'efficacité de la mesure d'abattage des unités infectées (1023 élevages infectés en moyenne dans ce cas *versus* 16,5 dans le cadre d'une détection dans les 10 jours). En cas de détection tardive 13% des épizooties simulées ne s'achèvent pas avant les 550 jours de simulation. Le nombre d'élevages abattus est également beaucoup plus important (912 *versus* 17 pour une détection dans les 10 jours).
- **Association d'abattage et de mesures de biosécurité** : l'association de ces mesures d'abattage rapides à un renforcement de la biosécurité renforce encore l'efficacité puisque dans ce cas la durée de l'épizootie est très courte (moins de 30 jours) et le nombre total d'élevages infectés est en moyenne de 10.

Tableau 12 : Impact de la mise en place d'un abattage des élevages en fonction du délai de détection (100 simulations, 550 jours)

	détection dans les 10 jours				détection dans les 20 j				détection dans les 40 j				détection dans les 10 j + Biosécurité renforcée			
	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95	Moyenne	p5	p50	p95
Nombre total d'élevages infectés	16.5	2.0	11.5	43.1	107.8	2.0	57.0	302.0	1023.1	12.0	1143.0	1514.4	10.5	1.0	7.0	28.1
Nombre total d'élevages détectés	17.2	3.0	12.0	44.0	102.8	3.0	55.5	287.7	887.7	12.9	993.5	1313.2	11.2	2.0	8.0	28.1
Jour de la première déclaration	12.3	5.0	11.0	23.0	15.9	7.0	15.0	26.0	22.5	9.0	23.0	35.0	11.2	4.0	11.0	20.1
Nombre d'élevages infectés avant la 1ère détection	5.9	1.0	5.0	14.1	9.5	2.0	7.5	22.0	18.0	3.0	15.0	45.1	5.2	1.0	4.0	12.1
Pourcentage d'itérations où l'épizootie s'achève avant 550 jours	100.0				100.0				87.0				100.0			
Durée de ces épizooties achevées (jours)	36.8	16.9	34.0	65.1	108.6	24.9	90.0	232.3	328.9	45.9	340.0	511.0	29.7	16.0	28.0	54.0
Incidence hebdomadaire maximale	4.3	0.0	0.0	19.1	7.5	0.0	6.0	26.1	34.6	0.0	32.5	79.2	3.0	0.0	0.0	13.0
Nombre d'élevages abattus	17.3	3.0	12.0	44.1	104.2	3.0	56.5	291.6	912.9	12.9	1018.5	1340.9	11.3	2.0	8.0	28.1

p5, p50, p95 : 5^{ème} percentile, médiane et 95^{ème} percentile

délai de détection : délai entre l'infection et la confirmation du diagnostic

délai de déclaration : délai entre la notification de l'infection et la mise en place effective de la mesure de gestion

Des éléments apportés par le modèle, il ressort :

- que les restrictions de mouvements permettent de réduire la durée de l'épizootie simulée ainsi que son ampleur ;
- que l'association de mesures de biosécurité externe aux restrictions de mouvements renforce la réduction de la durée et de l'ampleur de l'épizootie simulée ;
- que l'abattage est la mesure qui a l'impact le plus important sur la taille des épizooties simulées, pour autant que la détection des foyers est précoce et que des mesures de biosécurité externe drastiques y sont associées et, en particulier, une décontamination en profondeur des moyens de transport vers les abattoirs.

Les experts soulignent que :

- la probabilité de détecter le cas index est élevée à cause de la morbidité et la létalité très élevée constatée dans les élevages infectés. Il n'est cependant pas exclu d'avoir une première diffusion du virus sans déclaration de ce cas index, notamment si l'infection survenait sur des adultes, ce qui augmenterait le risque d'avoir à faire face à plusieurs foyers simultanés ;
- le délai de réaction est essentiel : une réaction trop tardive liée à un long intervalle entre la détection, la déclaration et la mise en place de la mesure de gestion, aurait des conséquences désastreuses et conduiraient vraisemblablement à un nombre de cas important qu'il serait très difficile de gérer par des mesures d'abattage (voir tableau 12) ;
- des mesures de maîtrise complémentaires peuvent être envisagées en fonction de la situation épidémiologique, telles que :
 - en cas d'abattage du premier foyer, envisager l'abattage préventif des élevages géographiquement proches ou épidémiologiquement liés ;
 - la mise en place d'une zone d'interdiction de mouvements ;
- les conditions pratiques d'application des mesures, la résistance du virus dans le milieu extérieur et la très faible dose infectante sont susceptibles de nuancer les conclusions du modèle. Les résultats obtenus à partir du modèle, avec le paramétrage choisi, présentent une variabilité compte tenu de sa nature stochastique. Les interprétations présentées ci-dessus reposent sur les valeurs moyennes des paramètres de sortie. La variabilité associée doit également être prise en compte dans les conclusions. Ainsi, les mesures de maîtrise envisagées (restriction de mouvements + mesures de biosécurité externe / abattage + mesures de biosécurité externe) permettraient de limiter la diffusion de la maladie, mais pourraient éventuellement ne pas suffire à stopper la propagation du virus. Ceci conduirait vers une enzootie.

3.4.2.3 Avantages et inconvénients des deux options de maîtrise de la propagation de la maladie

Les éléments discutés ci-dessus permettent d'envisager les avantages et inconvénients des deux options de maîtrise : simple claustration (restriction de mouvements + mesures de biosécurité externe) / abattage + mesures de biosécurité externe, dans le tableau 13.

Tableau 13 : avantages et inconvénients de la claustration versus un abattage total

	Avantages	Inconvénients
Simple claustration (restriction de mouvements + mesures de biosécurité externe)	<ul style="list-style-type: none"> - Dans zone à faible densité, réduction du risque de contamination (fonction de la distance à l'élevage contaminé). - Interdiction de mouvement dans une zone de 2 ou 5km : limitation de la diffusion par transport, matériel 	<ul style="list-style-type: none"> - Dans zone à forte densité, pas de diminution du risque de diffusion quelle que soit la distance à l'élevage contaminé. - Entretien de l'infection par réinfection des animaux présents, risque de diffusion locale maintenu. - Difficultés de gestion des animaux à croissance rapide.
Abattage total + mesures de biosécurité externe	<ul style="list-style-type: none"> - Elimination des animaux infectés. - L'application concomitante de mesures de biosécurité drastiques serait de nature à permettre l'élimination de la source d'infection. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difficulté d'élimination totale des sources d'infection en élevage du fait d'une dose infectante très faible → vide sanitaire suffisamment long indispensable sous peine d'avoir des recontaminations lors de la réintroduction d'animaux. - La propagation par les véhicules dépend de l'application des mesures de biosécurité drastiques : prise de précautions indispensables en cas de transport des animaux à l'abattoir pour la réalisation des opérations d'abattage (camions étanches, maîtrise de circuits, etc.). - Mesures d'encouragement à la déclaration précoce nécessaires. - La réussite de cette mesure d'abattage dépend beaucoup de la réactivité dans la détection des foyers et la mise en œuvre des mesures.

3.4.2.4 Mesures de biosécurité permettant de limiter la propagation du virus de la diarrhée épidémique porcine

La présente partie vise à préciser les mesures de biosécurité externe envisagées dans les paragraphes précédents.

Des mesures de biosécurité ont été décrites en détail par les instituts techniques porcins aussi bien en France (IFIP – www.ifip.asso.fr@ifip.asso.fr¹⁴) qu'aux Etats-Unis et au Canada. Le GECU ne reprend pas en détail toutes les mesures qu'il faut appliquer en élevage pour limiter la propagation du virus, mais insiste sur la dose infectante très faible du virus, qui explique la nature drastique des mesures de biosécurité à appliquer.

¹⁴ http://ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/dep_biosecurite.pdf ; http://ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/dep_transport.pdf ; http://ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/dep_nettoyage-desinfection.pdf

Le GECU souligne que ces mesures exigent des moyens largement supérieurs à ceux qui sont habituellement consentis dans la filière.

Les grands principes de la biosécurité reposent sur trois axes :

- l'isolement et la sectorisation : protéger les porcs d'une exposition aux virus (quarantaines, contrôles des mouvements d'animaux, quai d'embarquement, local de stockage des cadavres et accès du camion d'équarrissage, interdiction provisoire du compostage des cadavres le cas échéant) ;
- la maîtrise des circuits : limiter en permanence l'accès à l'élevage et aux bâtiments (opérateurs, visiteurs : gestion des intrants humains), ainsi qu'aux flux entrants (animaux et matériels venant de l'extérieur). Au sein de l'élevage, le principe de la « marche en avant », depuis les secteurs les moins contaminés vers les plus contaminés (flux de matériels, personnels et animaux) ;
- le nettoyage et la désinfection : limiter la contamination de l'environnement de l'élevage et des bâtiments (désinfection des véhicules, lavages et désinfection du matériel, filtration de l'air, désinsectisation et dératisation des bâtiments (transport passif), pédiluves, points d'eau,...).

Dans le cas de la DEP, les mesures de biosécurité externe, permettant d'éviter l'entrée des virus dans l'élevage, sont les plus importantes. Les mesures de biosécurité interne restent cependant essentielles pour limiter le nombre d'animaux infectés et réduire les conséquences économiques négatives de la maladie au sein d'un élevage.

3.4.3 Moyens de maîtrise de la propagation : vaccination

Réponse immunitaire et protection envers le virus de la DEP

Les anticorps contre le virus de la DEP sont détectés entre 2 à 3 semaines après infection et peuvent persister plus de 2 ans chez les animaux infectés. Les principaux isotypes d'immunoglobulines (IgA, IgM et IgG) sont produits chez les porcs après infection expérimentale avec la souche de référence CV777 ou avec le vDEP isolé en 2013 aux USA (de Arriba *et al.*, 2002; Gimenez-Lirola *et al.*, 2014). Cependant la présence d'anticorps sériques n'est pas corrélée à la protection. La protection vis-à-vis d'une ré-infection est plutôt reflétée par la présence d'une immunité mucoale intestinale qui est de courte durée (Pensaert, 1989). Jusqu'à l'âge de 13 jours, les porcelets sont protégés par les IgG dirigés contre le virus de la DEP, présents dans le colostrum et le lait des truies immunisées. Il y a également transfert passif d'IgA via le colostrum et le lait qui permet d'induire une protection des porcelets sous la mère. La durée de l'immunité dépend du titre en anticorps de la mère. Les IgG représentent 60% du contenu en immunoglobulines du colostrum, mais les IgA sont plus efficaces pour la neutralisation du virus par voie orale et induire une réponse immunitaire locale chez les porcelets qui têtent leurs mères (Song et Park, 2012). Après une primo-infection, des ré-infections périodiques sont décrites dans certains élevages (Dufresne et Robbins, 2014) et peuvent avoir lieu dès 5 mois après le premier épisode de DEP et ce en présence d'anticorps chez les animaux (Pensaert, 1989). La contamination volontaire est utilisée dans les pays où la maladie est devenue enzootique mais cette méthode est incontrôlée et doit donc être exclue.

Vaccins vivants atténués

Deux souches sont principalement utilisées comme souches vaccinales : la souche de référence CV777 isolée en 1978 en Belgique et la souche coréenne DR13 isolée en 1999. Les deux souches ont été adaptées en culture cellulaire *in vitro* et atténuées par passages successifs. Les deux souches atténuées CV777 et DR13 présentent une délétion de 49 et 51

nucléotides respectivement dans l'ORF3 situé entre le gène S et le gène E. Une étude récente suggère que l'ORF3 coderait une protéine ayant un rôle de canal ionique qui régulerait la production virale et serait lié à la pathogénicité (Wang *et al.*, 2012).

Des vaccins vivants contenant l'une de ces deux souches atténuées sont utilisés en Asie et injectés par voie intramusculaire. Au Japon, depuis 1997, un vaccin commercial atténué comprenant une souche de vDEP adaptée à la culture cellulaire, est administré par voie intramusculaire aux truies en deux injections séparées d'un intervalle de 4 à 8 semaines, la seconde injection ayant lieu deux semaines avant la mise bas.

La vaccination des truies par voie orale avec la souche DR13 atténuée (100 passages *in vitro*) a été testée et s'est révélée être plus efficace que les vaccins administrés par voie intramusculaire. Ce vaccin est utilisé en Corée du Sud depuis 2004 et aux Philippines depuis 2011.

Bien que ces vaccins atténués permettent une protection croisée entre les souches de virus de la DEP et une réduction des signes cliniques, ils ne diminuent pas la durée d'excrétion du virus et ne permettent pas aux truies de développer une forte immunité lactogénique (Song et Park, 2012). De plus, l'utilisation de ces vaccins vivants atténués peut permettre aux souches vaccinales, par réversion, d'évoluer vers des formes plus pathogènes en élevages (Chen *et al.*, 2010).

Vaccins inactivés

Un vaccin avec la souche CV777 inactivé est également commercialisé en Chine.

Un nouveau vaccin biotechnologique développé aux Etats-Unis a été utilisé depuis août 2013 sous prescription vétérinaire. Ce vaccin vient de recevoir une homologation conditionnelle pour sa commercialisation aux Etats-Unis par l'USDA (« United States Department of Agriculture »). Pour produire ce vaccin, le gène S d'un variant isolé en Chine a été cloné dans un vecteur réplicatif contenant les gènes non-structuraux d'un alphavirus, le virus de l'encéphalite équine vénézuélienne. Le vecteur réplicatif est transfecté par électroporation dans des cellules Vero pour produire des particules virales défectives ayant la protéine S du vDEP à leur surface. Ces particules recombinantes sont ensuite purifiées pour être injectées par voie intramusculaire aux animaux.

Echecs de vaccination

A partir de 2010 en Chine, de nombreux cas d'échecs de vaccination dans des élevages utilisant des vaccins basés sur la souche CV777 atténuée ou inactivée ont été rapportés (Li *et al.*, 2014; Li *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2013). Les souches de vDEP isolées en Chine centrale entre 2012 et 2013 auraient évolué à partir de souches présentes auparavant localement dans cette région. La plupart des changements en acides aminés observés chez ces souches portait sur les deux régions 7-146 et 271-278 présentant des épitopes neutralisants dans la protéine S du virus de la DEP. Les mutations en acides aminés dans ces épitopes pourraient être associées à des modifications de l'antigénicité des souches de virus de la DEP et, en conséquence, aux échecs de vaccination observés (Li *et al.*, 2014).

Ainsi, la protection conférée par les vaccins permet, dans le meilleur des cas, une réduction des signes cliniques, mais elle est sans effet sur l'excrétion du virus.

La protection vaccinale est de courte durée :

- **chez la truie : des revaccinations à chaque gestation sont nécessaires ;**
- **chez les porcelets, elle est liée à la présence d'anticorps colostraux dont les taux diminuent rapidement au cours du temps.**

Les vaccins vivants atténués semblent les plus efficaces. Ils présentent cependant le risque de réversion de la souche vaccinale vers la virulence. Ils doivent faire l'objet d'un strict contrôle.

Les vaccins de nouvelle génération seront élaborés à partir des souches variantes de virus de la DEP circulant aux Etats-Unis.

Aucun vaccin disponible actuellement ne présente de performances suffisantes d'efficacité pour envisager son utilisation dans un cadre de maîtrise de la DEP.

Si de nouveaux vaccins sont développés, il est indispensable qu'ils soient adaptés à la souche variante virulente.

Même si leur efficacité ne réside que dans une diminution des signes cliniques, ils auraient un effet bénéfique en réduisant les coûts liés à la maladie.

Conclusions de l'expertise collective

Un nouveau variant du virus de la « Diarrhée épidémique porcine » (vDEP) sévit aux USA depuis un an et s'est répandu dans d'autres pays du continent américain : le Canada et plusieurs pays d'Amérique du Sud. Cette souche s'avère hautement virulente et sa proximité génétique avec certains virus chinois permet d'avancer l'hypothèse que ce variant vDEP pourrait avoir été introduit de la Chine vers les Etats-Unis.

Les Etats-Unis connaissent une épizootie majeure de DEP, malgré les mesures de biosécurité et d'hygiène prises. Les caractéristiques épidémiologiques du vDEP font craindre le risque de son introduction en Europe, indemne de DEP depuis nombreuses années. Il convient de rappeler que cette maladie n'est pas une zoonose et n'est donc pas transmissible à l'Homme.

Dans ce contexte, la DGAL a saisi l'Anses pour évaluer le risque d'introduction du virus en France, le risque de sa diffusion s'il était introduit, et pour apporter des réponses sur la pertinence de différentes mesures de gestion. Au regard de l'urgence sanitaire, l'Anses a créé un Groupe d'Expertise Collective en Urgence (GECU) pour répondre aux différentes questions de la DGAL. Ses conclusions sont les suivantes :

- **Risque d'introduction**

Après avoir évalué les différentes sources de virus et considérant la dose minimale infectante extrêmement faible pour le vDEP, sa résistance dans l'environnement et la quantité de virus excrétée par les animaux malades, le GECU considère que le risque d'introduction de la DEP en France, à partir d'un pays infecté, est avéré. Le niveau de la probabilité d'introduction dépend des différents produits :

- 6 à 7 pour les porcs vivants sur une échelle ordinale de 0 à 9 (0 correspondant au risque nul et 9 correspondant au risque très élevé) ;
- 6 pour les produits sanguins sur l'échelle ordinale de 0 à 9 ;
- 5 sur l'échelle ordinale de 0 à 9 pour
 - les semences
 - les embryons,
 - le matériel et les véhicules agricoles ;
- 3 pour les personnes en tant que vecteurs passifs, sur l'échelle ordinale de 0 à 9 ;
- 2 à 3 pour la gélatine, sur l'échelle ordinale de 0 à 9 ;
- 1 à 2 pour les engrais organiques, sur l'échelle ordinale de 0 à 9 ;
- 1 pour le collagène, les graisses animales, les protéines hydrolysées, la viande de porc et les produits de charcuterie et de salaison, sur l'échelle ordinale de 0 à 9 ;
- 0 pour le lisier et les eaux grasses (lié à l'absence d'importation de ces produits).

Il convient néanmoins de souligner que l'estimation de la probabilité d'introduction du virus par les embryons et par les engrais organiques est entachée d'une incertitude importante, du fait du manque de données disponibles.

Les données sont également trop partielles pour la gélatine, qui est un constituant courant des additifs destinés à l'alimentation animale. Si le traitement des produits paraît de nature à garantir une inactivation du virus, le risque de re-contamination des produits après traitement ne peut être exclu et dépend de l'organisation des ateliers de production de ces produits.

En outre, la probabilité nulle pour le lisier et les eaux grasses est liée à l'absence d'importation de ces produits depuis des pays infectés actuellement. Si cette situation venait à changer, l'évaluation du risque en serait modifiée.

Compte tenu des caractéristiques du virus, rappelées ci-dessus, les experts rappellent que le risque de contamination croisée des produits par le virus provenant de produits de porcs est omniprésent. La plus grande vigilance s'impose donc en ce qui concerne l'origine de tout intrant en élevage de porc.

- **Conditions minimales de fabrication** : concernant les produits sanguins issus de porcs, pour lesquels la probabilité d'introduction du virus est à une valeur de 6 sur une échelle ordinale de 0 à 9, les experts recommandent :
 - de traiter thermiquement les produits à une température de plus de 71 °C pendant au moins 10 min, tout autre couple temps-température nécessitant d'être validé au moyen d'essais expérimentaux ou d'éléments bibliographiques nouveaux ;
 - de stocker le produit traité thermiquement pendant au moins 7 jours à une température de 20 °C, en milieu sec ; ce stockage n'étant pas une alternative au traitement thermique. Les paramètres de température et d'hygrométrie doivent être contrôlés ;
 - de respecter les mesures d'hygiène afin d'éviter la re-contamination des produits traités avec des produits contaminés par contamination croisée (mesures de type « marche en avant », séparation des zones propres et sales, personnel différent dans les zones).

Ils soulignent que dans l'état actuel des connaissances, l'évaluation de la sécurité des produits au regard de la DEP ne peut être totalement garantie par analyse RT-PCR.

- **Impact prévisible pour la filière** en cas d'introduction du virus en France : l'analyse épidémiologique effectuée au travers d'un modèle de propagation inter-troupeau du vDEP conduit à établir un scénario de diffusion rapide de la maladie en l'absence de mesure de gestion, notamment dans les zones à forte densité porcine.
- **Mesures de maîtrise de la diffusion du virus** s'il était introduit en France : le GECU a évalué les possibilités de simple claustration, d'abattage du premier foyer, ou d'abattage à chaque déclaration. De l'expertise collective, il ressort :
 - Pour le premier foyer :
 - qu'une simple claustration du premier foyer, dans une région à forte densité d'élevage, ne suffirait pas pour empêcher la propagation de la maladie ;
 - que l'abattage total du premier foyer, associé à l'application de mesures de biosécurité drastiques serait davantage approprié pour tenter de limiter la propagation ;
 - qu'il conviendrait d'appliquer également un renforcement des mesures de biosécurité dès la détection et l'abattage du premier cas pour limiter la diffusion *via* les véhicules, le matériel et le personnel, qui auraient pu être en contact avec cet élevage ;
 - que le délai de réaction est essentiel : une réaction trop tardive liée à un long intervalle entre la détection, la déclaration et la mise en place de la mesure de gestion multiplierait les occasions de dissémination du virus, rendant

inefficace l'abattage de ce premier foyer vis-à-vis de la propagation de la maladie.

- Pour chaque déclaration, au vu des données fournies par le modèle :
 - que les restrictions de mouvements permettent de réduire la durée de l'épizootie simulée ainsi que son ampleur ;
 - que l'association de mesures de biosécurité externe aux restrictions de mouvements renforce la réduction de la durée et de l'ampleur de l'épizootie simulée ;
 - que l'abattage est la mesure qui a l'impact le plus important sur la taille des épizooties simulées, pour autant que la détection des foyers est précoce et que des mesures de biosécurité externe drastiques y sont associées.

Au-delà du modèle, les experts soulignent que :

- comme pour la détection du premier foyer, le délai de réaction est essentiel : une réaction trop tardive liée à un long intervalle entre la détection, la déclaration et la mise en place de la mesure de gestion, aurait des conséquences désastreuses et conduiraient vraisemblablement à un nombre de cas important qu'il serait très difficile de gérer par des mesures d'abattage ;
 - des mesures de maîtrise complémentaires peuvent être envisagées en fonction de la situation épidémiologique, telles que :
 - en cas d'abattage du premier foyer, envisager l'abattage préventif des élevages géographiquement proches ou épidémiologiquement liés ;
 - la mise en place d'une zone d'interdiction de mouvements ;
 - les conditions pratiques d'application des mesures, la résistance du virus dans le milieu extérieur et la très faible dose infectante sont susceptibles de nuancer les conclusions du modèle. Les résultats obtenus à partir du modèle, avec le paramétrage choisi, présentent une variabilité compte-tenu de sa nature stochastique. Les interprétations présentées ci-dessus reposent sur les valeurs moyennes des paramètres de sortie. La variabilité associée doit également être prise en compte dans les conclusions. Ainsi, les différentes mesures de maîtrise envisagées permettraient de limiter la diffusion de la maladie mais pourraient éventuellement ne pas suffire à stopper la propagation du virus. Ceci conduirait vers une enzootie.
- **Vaccination** : aucun vaccin disponible actuellement ne présente de performances suffisantes d'efficacité pour envisager son utilisation dans un cadre de maîtrise de la DEP.
Si de nouveaux vaccins sont développés, il est indispensable qu'ils soient adaptés à la souche variante virulente. Même si leur efficacité ne réside que dans une diminution des signes cliniques, ils auraient un effet bénéfique en réduisant les coûts liés à la maladie.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse l'analyse et les conclusions du GECU.

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Diarrhée épidémique porcine, porcs, risque introduction

ANNEXES

Annexe 1

Arrêté du 30 avril 2014 relatif à des mesures conservatoires

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'agriculture,
de l'agroalimentaire et de la forêt

Arrêté du 30 avril 2014

**relatif à des mesures conservatoires adoptées sur le territoire national
eu égard au risque d'introduction du virus de la diarrhée épidémique porcine (DEP)**

NOR :

Le ministre de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, porte-parole du gouvernement

Vu le règlement (CE) N°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) n°1774/2002

Vu le règlement (UE) N°142/2011 de la Commission du 25 février 2011 portant application du règlement (CE) n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine

Vu le règlement (UE) N° 206/2010 DE LA COMMISSION du 12 mars 2010 établissant des listes des pays tiers, territoires ou parties de pays tiers ou territoires en provenance desquels l'introduction dans l'Union européenne de certains animaux et viandes fraîches est autorisée, et définissant les exigences applicables en matière de certification vétérinaire

Vu le code rural et de la pêche maritime, notamment ses articles L.236-1, L.236-4 et L.237-3,

Considérant que les Etats-Unis, le Canada, le Mexique et le Japon sont confrontés à une épizootie de diarrhée épidémique porcine, qui - au regard du risque de propagation du virus - mérite que des mesures conservatoires soient mises en place.

Arrête :

Article 1^{er}

Dispositions générales

Sans préjudice des règlements susvisés, est interdite l'importation sur le territoire français :
- d'animaux vivants de l'espèce porcine,
- de semences de l'espèce porcine,

- de produits sanguins d'origine porcine destinés à l'alimentation animale et les aliments pour animaux en contenant,
 - les protéines hydrolysées d'origine porcine destinés à l'alimentation animale et les aliments pour animaux en contenant,
 - les graisses issues de l'espèce porcine destinées à l'alimentation animale et les aliments pour animaux en contenant,
 - les soies de porc et les articles à mâcher pour animaux domestiques de type oreilles de porc,
 - le lisier de porc et les produits qui en sont dérivés,
- en provenance des pays listés en annexe I du présent arrêté.

Article 2

Mesure à prendre en cas de non conformités constatées lors des contrôles à l'importation

Lorsque les lots importés ne répondent pas aux prescriptions du présent arrêté, le poste d'inspection frontalier décide, en accord avec les instructions du ministre et conformément aux dispositions des articles L. 236-9 et L. 236-10 du code rural et de la pêche maritime de les détruire.

Article 3

Sanctions

Tout manquement aux dispositions réglementaires, notamment en ce qui concerne les dispositions du présent arrêté, est passible de sanctions pénales prévues à l'article L. 237-3 du code rural et de la pêche maritime.

La Direction générale de l'Alimentation est chargée de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 30 avril 2014.

Pour le ministre et par délégation :

Le Directeur Général de l'Alimentation

Patrick DEHAUMONT

ANNEXE I

Espèce porcine	ETATS-UNIS	CANADA	JAPON	MEXIQUE
Animaux vivants code douanier 0103*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	fermé (règlement n°206/2010)	fermé (règlement n°206/2010)
Semences codes douaniers 051199 85* 051199 90*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	fermé (Décision n°2012/137)	fermé (Décision n°2012/137)
Produits sanguins destinés à l'alimentation animale Aliments pour animaux en contenant codes douaniers 3002*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP
Protéines hydrolysées destinés à l'alimentation animale Aliments pour animaux en contenant codes douaniers 2301* 2309*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP
Graisses destinés à l'alimentation animale Aliments pour animaux en contenant code douanier 1501*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP
Lisier de porc Produits dérivés code douanier 3101*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP
Soies de porc code douanier 0502*	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP	application de la nouvelle mesure de protection liée au risque DEP

* Position du tarif des Douanes dans lesquelles peuvent être classés les produits. Ces positions tarifaires n'ont qu'une valeur indicative. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive.

ANNEXE 2

Définitions des matières premières issues de porcs

- ✓ les produits sanguins (produits dérivés ou composants du sang, type plasma ou hémoglobine),
- ✓ les protéines hydrolysées,
- ✓ les graisses ou matières grasses,
- ✓ les gélatines ou collagènes issues de la transformation.

DÉFINITIONS VISÉES À L'ARTICLE 2 du Règlement n°142/2011

«**matières premières pour aliments des animaux**», les matières premières pour aliments des animaux qui sont définies à l'article 3, paragraphe 2, point g), du règlement (CE) n° 767/2009 et qui sont d'origine animale, y compris les protéines animales transformées, les produits sanguins, les graisses fondues, les ovoproduits, les huiles de poisson, les dérivés lipidiques, le collagène, la gélatine, les protéines hydrolysées, le phosphate dicalcique, le phosphate tricalcique, le lait, les produits à base de lait, les produits dérivés du lait, le colostrum, les produits à base de colostrum et les boues de centrifugeuses ou de séparateurs issues du traitement du lait;

«**produits sanguins**», les produits dérivés du sang ou de composants du sang, à l'exclusion des farines de sang; il s'agit notamment du plasma sec/congelé/liquide, du sang entier sec, de globules rouges sous forme séchée/congelée/liquide ou de composants ou mélanges de ces produits;

«**protéines animales transformées**», les protéines animales issues entièrement de matières de catégorie 3 traitées conformément à l'annexe X, chapitre II, section I, (y compris les farines de sang et les farines de poisson) de manière à pouvoir être utilisées directement en tant que matières premières pour aliments des animaux ou à toute autre fin dans les aliments pour animaux, y compris les aliments pour animaux familiers, ou à pouvoir être utilisées dans des engrais organiques ou des amendements; néanmoins, elles ne comprennent pas les produits sanguins, le lait, les produits à base de lait, les produits dérivés du lait, le colostrum, les produits à base de colostrum, les boues de centrifugeuses ou de séparateurs, la gélatine, les protéines hydrolysées et le phosphate dicalcique, les oeufs et les ovoproduits, y compris les coquilles, le phosphate tricalcique et le collagène;

«**graisses fondues**», les matières grasses issues de la transformation:

a) de sous-produits animaux, ou

b) de produits destinés à la consommation humaine, qu'un exploitant a destinés à d'autres usages que la consommation humaine;

«**collagène**», le produit à base de protéines dérivé des cuirs, des peaux, des os, des arêtes et des tendons des animaux;

«**gélatine**», la protéine naturelle et soluble, gélifiée ou non, obtenue par hydrolyse partielle du collagène produit à partir des os, arêtes, peaux et cuirs, tendons, nerfs et ligaments des animaux;

«**protéines hydrolysées**», les polypeptides, peptides et acides aminés ainsi que leurs mélanges, obtenus par hydrolyse de sous-produits animaux;

«**soies de porc non traitées**», les soies de porc qui:

a) n'ont pas subi de lavage en usine,

b) ne résultent pas d'un tannage, et

c) n'ont pas été traitées au moyen d'une autre méthode écartant tout risque inacceptable

ANNEXE 3

Extraits du Règlement (UE) n° 142/2011 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine

Annexe 10 chapitres I et II

EXIGENCES SPÉCIFIQUES RELATIVES AUX PROTÉINES ANIMALES TRANSFORMÉES ET À D'AUTRES PRODUITS DÉRIVÉS

Normes microbiologiques applicables aux produits dérivés

Les normes microbiologiques énoncées ci-après s'appliquent aux produits dérivés.

Les échantillons de produits finaux prélevés pendant l'entreposage ou au terme de celui-ci dans l'usine de transformation doivent satisfaire aux normes suivantes:

Salmonella : absence dans 25 g: n = 5, c = 0, m = 0, M = 0

Enterobacteriaceae : n = 5, c = 2, m = 10, M = 300 dans 1 g

où:

n = le nombre d'échantillons à tester;

m = la valeur-seuil pour le nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme satisfaisant si le nombre de bactéries dans la totalité des échantillons n'excède pas m;

M = la valeur maximale du nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme non satisfaisant si le nombre de bactéries dans un ou plusieurs échantillons est supérieur ou égal à M; et

c = le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M, l'échantillon étant toujours considéré comme acceptable si le nombre de bactéries dans les autres échantillons est inférieur ou égal à m.

Exigences spécifiques relatives aux produits sanguins

A. Matières premières

Seul le sang visé à l'article 10, point a) et point b) i), du règlement (CE) n° 1069/2009 peut être utilisé pour la production des produits sanguins.

B. Normes de transformation

Les produits sanguins doivent avoir été soumis:

a) à l'une des méthodes de transformation 1 à 5 ou à la méthode de transformation 7 décrites à l'annexe IV, chapitre III; ou

b) à une autre méthode garantissant la conformité du produit sanguin avec les normes microbiologiques applicables aux produits dérivés, prévues au chapitre I de la présente annexe.

Section 3

Exigences spécifiques relatives aux graisses fondues, aux huiles de poisson et aux dérivés lipidiques provenant de matières de catégorie 3

A. Matières premières

1. Graisses fondues

Seules les matières de catégorie 3 autres que celles visées à l'article 10, points i), j) n), o) et p), du règlement (CE) n° 1069/2009 peuvent être utilisées pour la production de graisses fondues.

2. Huiles de poisson

Seules les matières de catégorie 3 visées à l'article 10, points i) et j), du règlement (CE) n° 1069/2009 et les matières de catégorie 3 provenant d'animaux aquatiques visées à l'article 10, points e) et f), de ce règlement peuvent être utilisées pour la production d'huiles de poisson.

B. Normes de transformation

Si les huiles de poisson ou les graisses fondues n'ont pas été produites conformément à la section VIII ou à la section XII, selon le cas, de l'annexe III du règlement (CE) n° 853/2004, les graisses fondues doivent être produites au moyen de l'une des méthodes de transformation 1 à 5 ou de la méthode de transformation 7, et les huiles de poisson peuvent être produites:

- a) au moyen de l'une des méthodes de transformation 1 à 7 décrites à l'annexe IV, chapitre III; ou
- b) selon une autre méthode garantissant la conformité du produit avec les normes microbiologiques applicables aux produits dérivés, prévues au chapitre I de la présente annexe.

Les graisses fondues issues de ruminants doivent être purifiées de manière que le niveau maximal des quantités totales d'impuretés non solubles restantes n'excède pas 0,15 % du poids.

Les dérivés lipidiques provenant de graisses fondues ou d'huiles de poisson de catégorie 3 doivent être produits selon l'une des méthodes de transformation décrites à l'annexe IV, chapitre III.

C. Exigences en matière d'hygiène

Lorsque les graisses fondues ou les huiles de poissons sont conditionnées, les récipients utilisés doivent être neufs ou avoir été nettoyés et désinfectés si nécessaire aux fins de la prévention de la contamination, et toutes les précautions nécessaires pour éviter leur recontamination doivent être prises.

Lorsqu'il est prévu de transporter les produits en vrac, les tuyaux, les pompes, les citernes et tout autre conteneur pour vrac ou camion-citerne utilisés pour transporter les produits de l'établissement de production soit directement vers le navire ou des citernes de stockage à terre, soit directement vers des usines, doivent être propres avant d'être utilisés.

Exigences spécifiques relatives au collagène

A. Matières premières

Seuls les sous-produits animaux qui sont des matières de catégorie 3, à l'exception des matières visées à l'article 10, points m), n), o) et p), du règlement (CE) n° 1069/2009, ou les produits qui sont dérivés de ces sous-produits animaux peuvent servir à la production de collagène.

B. Normes de transformation

1. Si le collagène n'a pas été produit conformément à l'annexe III, section XV, du règlement (CE) n° 853/2004, il doit être produit selon un procédé garantissant que les matières de catégorie 3 non transformées sont soumises à un traitement comportant un lavage et une adaptation du pH au moyen d'un acide ou d'un alcali, suivis d'un ou de plusieurs rinçages, d'une filtration et d'une extrusion.

Après ce traitement, le collagène peut être soumis à un procédé de dessiccation.

2. L'utilisation d'agents de conservation autres que ceux autorisés par la législation de l'Union est interdite.

C. Autres exigences

Le collagène doit être emballé, conditionné, entreposé et transporté dans des conditions d'hygiène satisfaisantes. En particulier:

- a) un local ou un emplacement doit être prévu pour l'entreposage des matériaux d'emballage et de conditionnement;
- b) l'emballage et le conditionnement doivent avoir lieu dans un local ou un emplacement prévu à cet effet.

Exigences spécifiques relatives à la gélatine et aux protéines hydrolysées

A. Matières premières

Seuls les sous-produits animaux qui sont des matières de catégorie 3, à l'exception des matières visées à l'article 10, points m), n), o) et p), du règlement (CE) n° 1069/2009, ou les produits qui sont dérivés de ces sous-produits animaux peuvent servir à la production de gélatine et de protéines hydrolysées.

B. Normes de transformation pour la gélatine

1. Si la gélatine n'a pas été produite conformément à l'annexe III, section XIV, du règlement (CE) n° 853/2004, elle doit être produite selon un procédé garantissant que les matières de catégorie 3 sont soumises à un traitement acide ou alcalin suivi d'un ou de plusieurs rinçages.

Le pH doit ensuite être rectifié. La gélatine doit être extraite par une ou plusieurs opérations de chauffage successives, suivies d'une purification par filtrage et d'une stérilisation. ▼B 2011R0142 — FR — 01.12.2013 — 005.001 — 108

2. Au terme des opérations visées au point 1, la gélatine peut être soumise à un processus de dessiccation suivi, le cas échéant, d'un processus de pulvérisation ou de laminage.

3. L'emploi d'agents de conservation autres que le dioxyde de soufre et le peroxyde d'hydrogène est interdit.

C. Autres exigences concernant la gélatine

La gélatine doit être emballée, conditionnée, entreposée et transportée dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

En particulier:

- a) un local ou un emplacement doit être prévu pour l'entreposage des matériaux d'emballage et de conditionnement;
- b) l'emballage et le conditionnement doivent avoir lieu dans un local ou un emplacement prévu à cet effet.

D. Normes de transformation pour les protéines hydrolysées

Le procédé de production des protéines hydrolysées doit comprendre des mesures destinées à réduire au maximum les risques de contamination. Les protéines hydrolysées provenant de ruminants doivent avoir une masse moléculaire inférieure à 10 kilodaltons.

Outre les exigences énoncées au premier alinéa, les protéines hydrolysées issues, en partie ou en totalité, de cuirs et de peaux de ruminants doivent être produites dans une usine de transformation exclusivement réservée à la production de protéines hydrolysées suivant un procédé par lequel les matières premières de catégorie 3 sont préparées par un saumurage, un chaulage et un lavage intensif suivi de l'exposition des matières à:

- a) un pH supérieur à 11 pendant plus de 3 heures à une température supérieure à 80 °C, suivie d'un traitement thermique à une température supérieure à 140 °C pendant 30 minutes à une pression supérieure à 3,6 bars; ou
- b) un pH de 1 à 2, puis un pH supérieur à 11, suivie d'un traitement thermique à 140 °C pendant 30 minutes à une pression de 3 bars

ANNEXE 4

Extrait du Règlement (UE) n° 142/2011 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine.

Annexe IV, chapitre III

MÉTHODES DE TRANSFORMATION NORMALISÉES

A. Méthode de transformation 1 (stérilisation sous pression)

Réduction

1. Si la taille des particules des sous-produits animaux à transformer excède 50 millimètres, les sous-produits en question doivent être fragmentés à l'aide des équipements appropriés, de manière que la taille des particules soit réduite à 50 millimètres au maximum. Le bon fonctionnement des équipements doit faire l'objet d'une vérification et d'un enregistrement quotidiens. Si les contrôles révèlent la présence de particules excédant 50 millimètres, la transformation doit être arrêtée et des réparations doivent être effectuées avant sa reprise.

Durée, température et pression

2. Les sous-produits animaux dont les particules ont une taille n'excédant pas 50 millimètres doivent être portés à une température à coeur supérieure à 133 °C pendant au moins 20 minutes, sans interruption et à une pression (absolue) d'au moins 3 bars. La pression doit être produite par l'évacuation de tout l'air présent dans la chambre de stérilisation et son remplacement par de la vapeur («vapeur saturée»); ce traitement thermique peut être appliqué en tant que transformation unique ou en tant que phase de stérilisation antérieure ou postérieure à une autre transformation.

3. La transformation peut être effectuée dans un système par lot ou dans un système en continu.

B. Méthode de transformation 2

Réduction

1. Si la taille des particules des sous-produits animaux à transformer excède 150 millimètres, les sous-produits en question doivent être fragmentés à l'aide des équipements appropriés, de manière que la taille des particules soit réduite à 150 millimètres au maximum. Le bon fonctionnement des équipements doit faire l'objet d'une vérification et d'un enregistrement quotidiens. Si les contrôles révèlent la présence de particules excédant 150 millimètres, la transformation doit être arrêtée et des réparations doivent être effectuées avant sa reprise.

Durée, température et pression

2. Après réduction, les sous-produits animaux doivent être chauffés de manière que leur température à coeur soit maintenue à plus de 100 °C pendant au moins 125 minutes, à plus de 110 °C pendant au moins 120 minutes et à plus de 120 °C pendant au moins 50 minutes.

Les températures à coeur peuvent être atteintes consécutivement ou par une combinaison concomitante des périodes mentionnées.

3. La transformation doit être effectuée dans un système par lot.

C. Méthode de transformation 3

Réduction

1. Si la taille des particules des sous-produits animaux à transformer excède 30 millimètres, les sous-produits en question doivent être fragmentés à l'aide des équipements appropriés, de manière que la taille des particules soit réduite à 30 millimètres au maximum. Le bon fonctionnement des équipements

doit faire l'objet d'une vérification et d'un enregistrement quotidiens. Si les contrôles révèlent la présence de particules excédant 30 millimètres, la transformation doit être arrêtée et des réparations doivent être effectuées avant sa reprise.

Durée, température et pression

2. Après réduction, les sous-produits animaux doivent être chauffés de manière que leur température à coeur soit maintenue à plus de 100 °C pendant au moins 95 minutes, à plus de 110 °C pendant au moins 55 minutes et à plus de 120 °C pendant au moins 13 minutes.

Les températures à coeur peuvent être atteintes consécutivement ou par une combinaison concomitante des périodes mentionnées.

3. La transformation peut être effectuée dans un système par lot ou dans un système en continu.

D. Méthode de transformation 4

Réduction

1. Si la taille des particules des sous-produits animaux à transformer excède 30 millimètres, les sous-produits en question doivent être fragmentés à l'aide des équipements appropriés, de manière que la taille des particules soit réduite à 30 millimètres au maximum. Le bon fonctionnement des équipements doit faire l'objet d'une vérification et d'un enregistrement quotidiens. Si les contrôles révèlent la présence de particules excédant 30 millimètres, la transformation doit être arrêtée et des réparations doivent être effectuées avant sa reprise.

Durée, température et pression

2. Après réduction, les sous-produits animaux doivent être placés dans une cuve à laquelle sont ajoutées des graisses et être chauffés de manière que leur température à coeur soit maintenue à plus de 100 °C pendant au moins 16 minutes, à plus de 110 °C pendant au moins 13 minutes, à plus de 120 °C pendant au moins 8 minutes et à plus de 130 °C pendant au moins 3 minutes.

Les températures à coeur peuvent être atteintes consécutivement ou par une combinaison concomitante des périodes mentionnées.

3. La transformation peut être effectuée dans un système par lot ou dans un système en continu.

E. Méthode de transformation 5

Réduction

1. Si la taille des particules des sous-produits animaux à transformer excède 20 millimètres, les sous-produits en question doivent être fragmentés à l'aide des équipements appropriés, de manière que la taille des particules soit réduite à 20 millimètres au maximum. Le bon fonctionnement des équipements doit faire l'objet d'une vérification et d'un enregistrement quotidiens. Si les contrôles révèlent la présence de particules excédant 20 millimètres, la transformation doit être arrêtée et des réparations doivent être effectuées avant sa reprise.

Durée, température et pression

2. Après réduction, les sous-produits animaux doivent être chauffés jusqu'à la coagulation, puis pressés de manière que l'eau et les graisses soient extraites des matières protéiniques. Celles-ci doivent ensuite être chauffées de manière que leur température à coeur soit maintenue à plus de 80 °C pendant au moins 120 minutes et à plus de 100 °C pendant au moins 60 minutes.

Les températures à coeur peuvent être atteintes consécutivement ou par une combinaison concomitante des périodes mentionnées.

3. La transformation peut être effectuée dans un système par lot ou dans un système en continu.

F. Méthode de transformation 6 (uniquement pour les sous-produits animaux de catégorie 3 provenant d'animaux aquatiques ou d'invertébrés aquatiques)

Réduction

1. Les sous-produits animaux doivent être réduits en fragments de manière que la taille des particules n'excède pas:

- a) 50 mm, dans le cas d'un traitement thermique conforme au point 2 a); ou
- b) 30 mm, dans le cas d'un traitement thermique conforme au point 2 b).

Il faut ensuite les mélanger à de l'acide formique pour abaisser et maintenir leur pH à une valeur égale ou inférieure à 4,0. Il faut laisser reposer le mélange pendant au moins 24 heures avant d'entamer la phase de traitement suivante.

Durée, température et pression

2. Après réduction, le mélange doit être porté:

- a) à une température à coeur d'au moins 90 °C pendant au moins 60 minutes; ou
- b) à une température à coeur d'au moins 70 °C pendant au moins 60 minutes.

Lorsqu'un système en continu est utilisé, la progression du produit dans le convertisseur thermique doit être contrôlée au moyen de commandes mécaniques qui en règlent le mouvement de manière à ce qu'en fin de traitement thermique, le produit ait subi un cycle suffisant en ce qui concerne la durée et la température.

3. La transformation peut être effectuée dans un système par lot ou dans un système en continu.

G. Méthode de transformation 7

1. Toute méthode de transformation autorisée par l'autorité compétente, à qui l'exploitant a démontré que les conditions suivantes étaient remplies:

- a) détermination des dangers pertinents dans les matières premières, eu égard à l'origine des matières, et des risques potentiels, eu égard au statut zoosanitaire de l'État membre ou de la région ou zone où la méthode doit être appliquée;
- b) capacité de la méthode de transformation de limiter ces dangers à un niveau qui ne présente aucun risque important pour la santé publique et animale;
- c) prélèvement quotidien d'échantillons sur le produit final pendant 30 jours de production, dans le respect des normes microbiologiques suivantes:

i) échantillons prélevés directement après le traitement:

absence de *Clostridium perfringens* dans 1 g des produits,

ii) échantillons prélevés pendant l'entreposage ou à l'issue de celui-ci:

Salmonella: absence dans 25 g: n = 5, c = 0, m = 0, M = 0

Enterobacteriaceae: n = 5, c = 2, m = 10, M = 300 dans 1 g

où:

n = le nombre d'échantillons à tester,

m = la valeur-seuil pour le nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme satisfaisant si le nombre de bactéries dans la totalité des échantillons n'excède pas m,

M = la valeur maximale du nombre de bactéries. Le résultat est considéré comme non satisfaisant si le nombre de bactéries dans un ou plusieurs échantillons est supérieur ou égal à M, et

c = le nombre d'échantillons dans lesquels le nombre de bactéries peut se situer entre m et M , les échantillons étant toujours considérés comme acceptables si le nombre de bactéries dans les autres échantillons est inférieur ou égal à m .

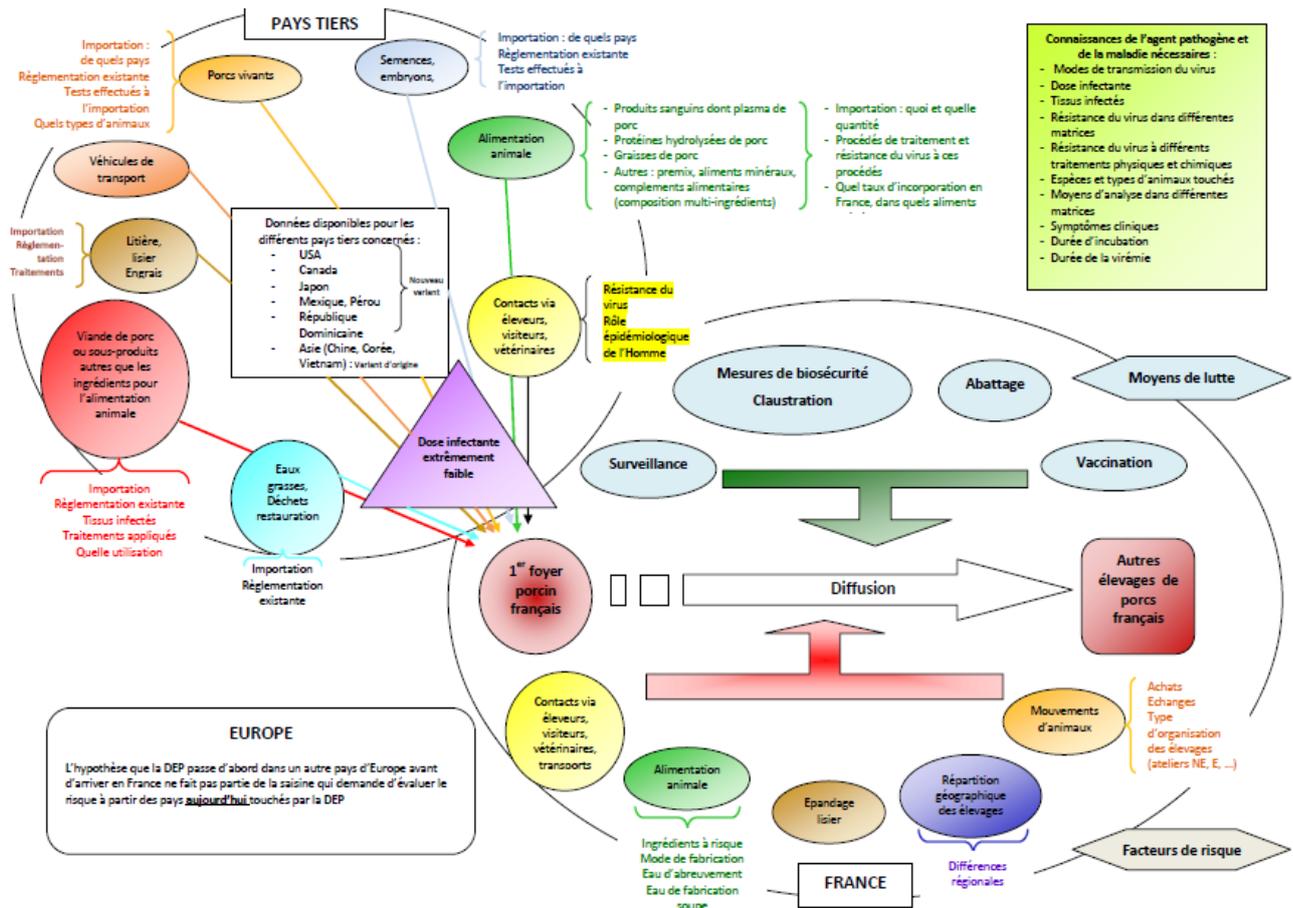
2. Les données détaillées concernant les points critiques pour la maîtrise (CCP) permettant d'établir que chaque usine de transformation respecte les normes microbiologiques de manière satisfaisante doivent être enregistrées et conservées de manière que l'exploitant et l'autorité compétente puissent contrôler le fonctionnement de l'usine concernée. Parmi les informations à consigner et à contrôler doivent figurer la taille des particules et, selon le cas, la température critique, la durée absolue du traitement, la pression, le taux d'alimentation en matières premières et le taux de recyclage des graisses.

3. Par dérogation au point 1, l'autorité compétente peut autoriser le recours à des méthodes de transformation qui ont été approuvées avant la mise en application du présent règlement conformément à l'annexe V, chapitre III, du règlement (CE) n° 1774/2002.

4. L'autorité compétente doit interdire ou suspendre l'application des méthodes de transformation visées aux points 1 et 3 si elle obtient la preuve que l'une des conditions énoncées au point 1 a) ou 1 b) a changé substantiellement.

5. L'autorité compétente doit communiquer à l'autorité compétente d'un autre État membre qui le demande les informations relatives à une méthode de transformation autorisée qui lui ont été transmises en application des points 1 et 2.

ANNEXE 5 : Modèle conceptuel



Modèle conceptuel DEP

ANNEXE 6 : Données d'importation

Importation de porcs vivants

Tableau 1 : Importations de vif en têtes en 2013
Source : IFIP

Importations de vif en têtes	
Porcs Vivants	18
Porcelets < 50 kg	
Autres porcs	
Porcs charcutiers > 50 kg	
Truies de réforme > 160 kg	
Reproducteurs	18 (Canada)
Total général	18

Tableau 2 : Importation de porcs vivants du 1^{er} janvier 2013 au 31 mai 2014
(Données TRACE)

Pays d'origine	Nombre d'animaux
Canada	20
Etats Unis	8

Semences-embryons

Tableau 3 : Importation de semence ou embryon porcins du 1^{er} janvier 2013 au 31 mai 2014
(Données TRACE)

Pays d'origine	Unité
Canada	2440
Japon (non spécifié)	6
Etats Unis (non spécifié)	98

Produits sanguins

Tableau 4: Importation de produits sanguins du 1^{er} janvier 2013 au 31 mai 2014
(Données TRACE)

Pays d'origine	Tonnage (Kg)
Mexique	4880
Canada	20
Chine	7
Japon	164
Etats Unis	40011

Graisses animales

Tableau 5 : Importation de graisses animales du 1^{er} janvier 2013 au 31 mai 2014
(Données TRACE)

Pays d'origine	Tonnage (Kg)
Chine	282
Etats Unis	68

Viande et produits de porcs

Tableau 6 : Importation de produit à base de porc
(FRC: frais, réfrigéré, congelé ; SSF ; salé, séché, fumé)

Produits	Tonnes
Viandes, produits et sous produits	1 245
Saucisses/Saucissons	233
Lards et graisses	20
Saindoux	23
Abats FRC/SSF	791
VSSF	19
Viandes FRC	144
Carcasses FRC	7
Pièces FRC	138
Pièces FR	100
Jambons et épaules FR	56
Autres pièces de porc FR	44
Parties avant FR	
Longes FR	
Poitrines FR	
Désossées FR	
Autre nd FR	
Pièces C	38
Autres pièces de porc C	29
Autre nd C	
Parties avant C	
Désossées C	
Poitrines C	
Longes C	
Jambons et épaules C	9
Préparations	16
Total général	1 245

Tableau 7 : Pays tiers exportateurs sur le marché français en 2013
Source : IFIP

Exportation en France, en tonnes, viandes, produits et sous produits	
Amériques	195,0
dont Canada	90,0
dont Etats Unis	76,0
dont Brésil	29,0
Asie	1,6
dont Chine	0,5
dont Corée du Sud	1,1
Europe hors UE	1 048,5
dont Suisse	1 048,4
dont Ukraine	0,1
Total général	1 245,1

Exportation en France en tonnes, Saucisses et saucissons	
Amériques	12,4
dont Canada	11,2
dont Etats Unis	0,5
dont Brésil	0,7
Asie	1,6
dont Chine	0,5
dont Corée du Sud	1,1
Europe hors UE	220,1
dont Suisse	220,1
dont Ukraine	0,0
Total général	232,6

Exportation en France en tonnes, Pièces FRC	
Amériques	137,7
dont Canada	61,4
dont Etats Unis	48,3
dont Brésil	28,0
Asie	0
dont Chine	0
dont Corée du Sud	0
Europe hors UE	0,1
dont Suisse	0,1
dont Ukraine	0
Total général	137,8

ANNEXE 7 : DESCRIPTION DETAILLEE DES PARAMETRES DU MODELE DE PROPAGATION DU VIRUS DE LA DEP

➤ **Caractéristiques de la maladie à l'échelle du troupeau.**

Tableau 1 : paramètres de transition d'états en fonction du type d'élevage

	Engraisseur	Naisseur	Naisseur-Engraisseur	Naisseur-post-sevreur	Post-sevreur	Post-sevreur-engraisseur
1/α (jours)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)
1/σ1 (jours)	Triang(0;1; 3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1;3)	Triang(0;1; 3)	Triang(0;1; 3)
1/σ2 (jours)	Gamma(4 ; 5)	Gamma(6 ; 6,5)	Gamma(6 ; 6,5)	Gamma(6 ; 6,5)	Gamma(4 ; 5)	Gamma(4 ; 5)
1/ρ (jours)	Triang(150;180;240)	Triang(180;240;365)	Triang(180;240;365)	Triang(180;240;365)	Triang(42;84;163)	Triang(150;180;240)
μ (proba)	0,05	0.0001	0.0001	0.0001	0,95	0,3

1/α : durée de période de latence, 1/σ1 : durée de la période infectieuse subclinique, 1/σ2 : durée de la période infectieuse clinique, μ : probabilité de mortalité, 1/ρ : durée de l'immunité.

➤ **Paramètres de transmission directe**

Tableau 2 : Matrice de contacts directs (taux moyen de contacts directs liés à des échanges d'animaux par type d'élevages).

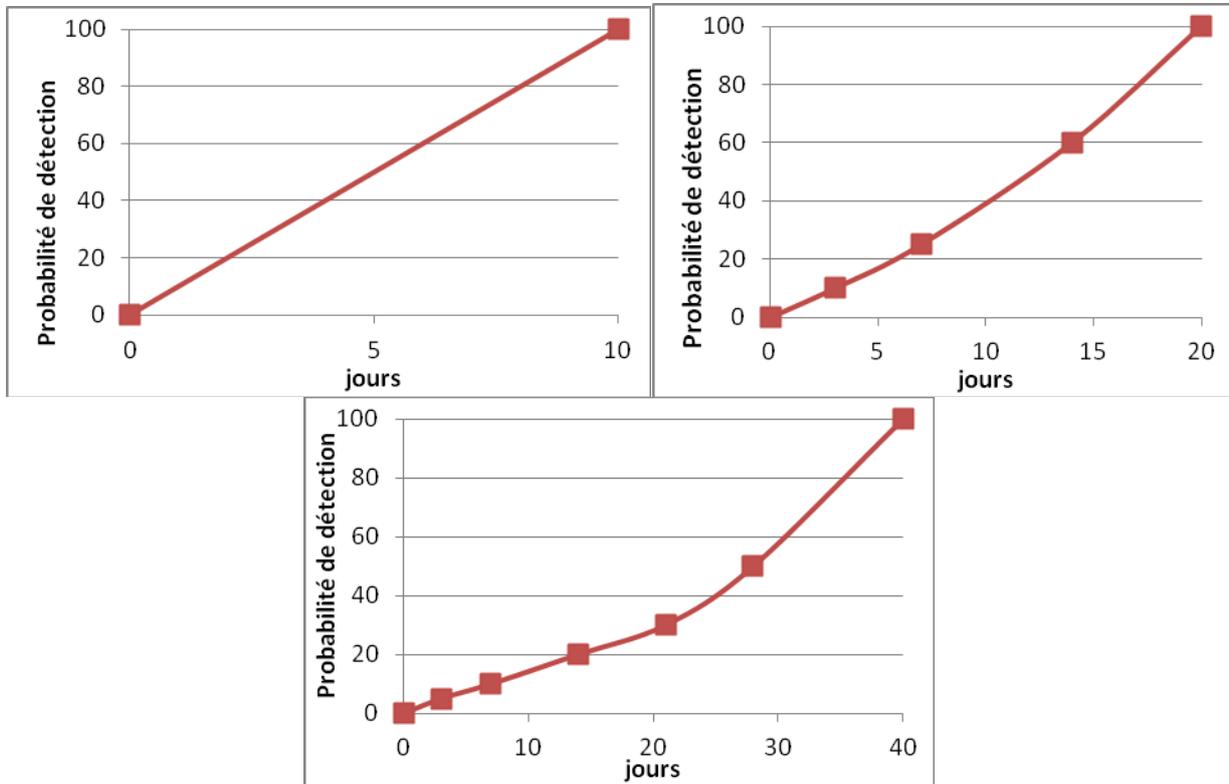
	Elevages sources						
		Naisseur	Naisseur-engraisseur	Naisseur-post-sevreur	Post-sevreur	Engraisseur	Post-sevreur-Engraisseur
Elevages receveurs	Naisseur	0.0015	0.009	0.0027	0.0068	0.0087	0.0032
	Naisseur-engraisseur	0.0015	0.009	0.0027	0.0068	0.0087	0.0032
	Naisseur-Post-sevreur	0.0015	0.009	0.0027	0.0068	0.0087	0.0032
	Post-sevreur	0.0438	0.078	0.018	0.0006	0.0006	0.0009
	Engraisseur	0.0199	0.0176	0.0556	0.0492	0.0059	0.0144
	Post-sevreur-engraisseur	0.0438	0.078	0.018	0.0006	0.0006	0.0009

➤ **Paramètres de transmission indirecte**

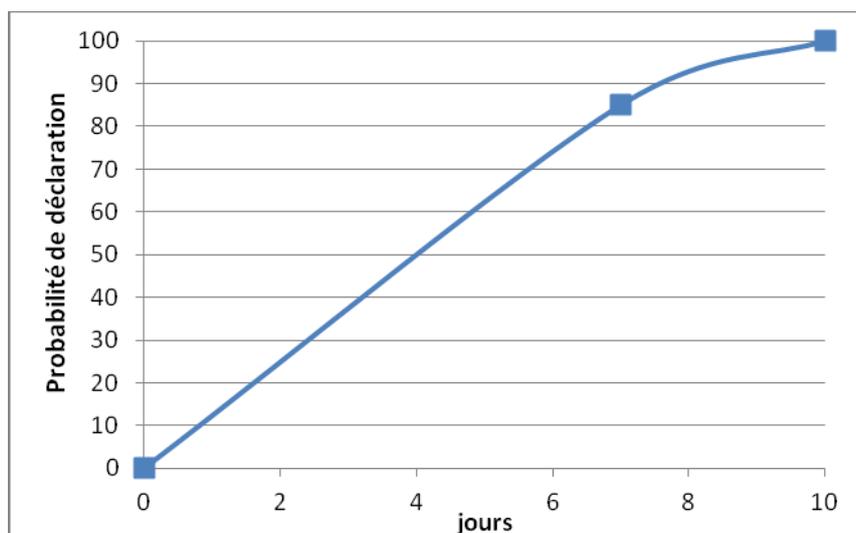
Tableau 2 : Matrice de contacts indirects (taux moyen de contacts indirects liés à des contacts par des vecteurs mécaniques hors échanges d'animaux)

		Elevages sources					
		Naisseur	Naisseur-engraisseur	Naisseur-post-sevreur	Post-sevreur	Engraisseur	Post-sevreur-Engraisseur
Elevages receveurs	Naisseur	0.0034	0.0639	0.0015	0.0005	0.0543	0.0113
	Naisseur-engraisseur	0.008	0.151	0.003	0.001	0.128	0.027
	Naisseur-Post-sevreur	0.008	0.151	0.003	0.001	0.128	0.027
	Post-sevreur	0.0062	0.1156	0.0027	0.0009	0.0982	0.0205
	Engraisseur	0.0062	0.1156	0.0027	0.0009	0.0982	0.0205
	Post-sevreur-engraisseur	0.0062	0.1156	0.0027	0.0009	0.0982	0.0205

ANNEXE 8: Fonctions relationnelles utilisées dans la représentation des délais de détection



ANNEXE 9: Fonction relationnelle utilisée dans la représentation des délais de déclaration à partir de la détection de l'infection en élevage



BIBLIOGRAPHIE

- Afssa, 2008. Une méthode d'estimation qualitative du risque en santé animale. *Rapport d'expertise collective*.
- Bi, J., Zeng, S., Xiao, S., Chen, H. et Fang, L., 2012. Complete genome sequence of porcine epidemic diarrhea virus strain AJ1102 isolated from a suckling piglet with acute diarrhea in China. *Journal of Virology*, 86: 10910-10911.
- Chasey, D. et Cartwright, S.F., 1978. Virus like particles associated with porcine epidemic diarrhoea. *Research in Veterinary Science*, 25: 255-256.
- Chen, J., Wang, C., Shi, H., Qiu, H., Liu, S., Chen, X., Zhang, Z. et Feng, L., 2010. Molecular epidemiology of porcine epidemic diarrhea virus in China. *Arch Virol*, 155: 1471-6.
- Coussement, W., Ducatelle, R., Debouck, P. et Hoorens, J., 1982. Pathology of experimental CV777 coronavirus enteritis in piglets. I. Histological and histochemical study. *Vet Pathol*, 19: 46-56.
- de Arriba, M.L., Carvajal, A., Pozo, J. et Rubio, P., 2002. Isotype-specific antibody-secreting cells in systemic and mucosal associated lymphoid tissues and antibody responses in serum of conventional pigs inoculated with PEDV. *Vet Immunol Immunopathol*, 84: 1-16.
- Debouck, P., Pensaert, M. et Coussement, W., 1981. The pathogenesis of an enteric infection in pigs experimentally induced by the coronavirus-like agent CV777. *Vet Microbiol*, 6: 157-165.
- Do, T.D., Nguyen, T.T., Suphasawatt, P. et Roongroje, T., 2011. Genetic Characterization of Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV) Isolates from Southern Vietnam during 2009-2010. *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 41.
- Dorjee, S., Revie, C.W., Poljak, Z., McNab, W.B. et Sanchez, J., 2014. One-Health Simulation Modelling: A Case Study of Influenza Spread between Human and Swine Populations using NAADSM. *Transboundary and Emerging Diseases*.
- Ducatelle, R., Coussement, W., Debouck, P. et Hoorens, J., 1982. Pathology of experimental CV777 coronavirus enteritis in piglets. II. Electron microscopic study. *Vet Pathol*, 19: 57-66.
- Dufresne, L. et Robbins, R., 2014. Field experience with porcine epidemic diarrhea, 2014 annual meeting of the American association of swine veterinarians, Dallas, Texas, USA, pp. 613.
- Dufresnes, L., 2014. Field experience with porcine epidemic diarrhea. *American association of swine veterinarians - animal meeting*.
- FAO, 2011. Rapport sur les Bonnes Pratiques en matière de Biosécurité dans le secteur porcin.
- France Agrimer, 2013a. Etude sur la valorisation du 5ème quartier des filières.
- France Agrimer, 2013b. Le commerce international de la viande de porc.
- Gallois, M., Rothkotter, H.J., Bailey, M., Stokes, C.R. et Oswald, I.P., 2009. Natural alternatives to in-feed antibiotics in pig production: can immunomodulators play a role? *Animal*, 3: 1644-61.
- Gimenez-Lirola, L.G., Hoang, H., Sun, D., Madson, D., Mahesh, B., Labios, L., Magstadt, D., Arruda, P., Johnson, J., Zhang, J., Main, R., Zimmermann, J. et Yoon, K., 2014. Kinetics of humoral immune response (IgM, IgA, and IgG) to porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) in experimentally infected pigs, 23rd International Pig Veterinary Society congress, Cancun, Mexico, pp. 253.
- Goyal, S., 2014. PEDV research updates: Environmental stability of PED (porcine epidemic diarrhea virus). *University of Minnesota, US National Pork Board*.
- Harvey, N., Reeves, A., Schoenbaum, M.A., Zagmutt-Vergara, F.J., Dubé, C., Hill, A.E., Corso, B.A., McNab, W.B., Cartwright, C.I. et Salman, M.D., 2007. The North American Animal Disease Spread Model: A simulation model to assist decision making in evaluating animal disease incursions. *Preventive Veterinary Medicine*, 82: 176-197.
- Huang, Y.W., Dickerman, A.W., Pineyro, P., Li, L., Fang, L., Kiehne, R., Opriessnig, T. et Meng, X.J., 2013. Origin, evolution, and genotyping of emergent porcine epidemic diarrhea virus strains in the United States. *MBio*, 4: e00737-13.
- Jung, K., Wang, Q., Scheuer, K.A., Lu, Z., Zhang, Y. et Saif, L.J., 2014. Pathology of US porcine epidemic diarrhea virus strain PC21A in gnotobiotic pigs. *Emerg Infect Dis*, 20: 662-5.
- Ketusing, N., Reeves, A., Portacci, K., Yano, T., Olea-Popelka, F., Keefe, T. et Salman, M., 2014. Evaluation of strategies for the eradication of pseudorabies virus (Aujeszky's Disease) in commercial swine farms in Chiang-Mai and Lamphoon Provinces, Thailand, using a simulation disease spread model. *Transboundary and Emerging Diseases*, 61: 169-176.
- Li, R., Qiao, S., Yang, Y., Su, Y., Zhao, P., Zhou, E. et Zhang, G., 2014. Phylogenetic analysis of porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) field strains in central China based on the ORF3 gene and the main neutralization epitopes. *Arch Virol*, 159: 1057-65.

- Li, W., Li, H., Liu, Y., Pan, Y., Deng, F., Song, Y., Tang, X. et He, Q., 2012. New variants of porcine epidemic diarrhea virus, China, 2011. *Emerging Infectious Diseases*, 18: 1350-1353.
- Martelli, P., Lavazza, A., Nigrelli, A.D., Meriardi, G., Alborali, L.G. et Pensaert, M.B., 2008. Epidemic of diarrhoea caused by porcine epidemic diarrhoea virus in Italy. *Veterinary Record*, 162: 307-310.
- Masters, P.S., 2006. The molecular biology of coronaviruses. *Advances in virus research*, 66: 193-292.
- Nitikanchana, S., 2014. Potential Alternatives to Reduce Porcine Epidemic Diarrhea Virus (PEDV) Contamination in Feed Ingredients. *Kansa State Applied Swine Nutrition*. Draft February 26, 2014.
- Oldham, J., 1972. Letter to the editor. *Pig Farming*, October suppl.: 72-73.
- Oswald, I. et Gallois, M., 2009. Les additifs immunomodulateurs dans l'alimentation du porc. *9èmes journées de la recherche avicole*.
- Pan, Y., Tian, X., Li, W., Zhou, Q., Wang, D., Bi, Y., Chen, F. et Song, Y., 2012. Isolation and characterization of a variant porcine epidemic diarrhea virus in China. *Virology Journal*, 9.
- Pensaert, M., 1989. Porcine epidemic diarrhea virus. In: M. Pensaert (Editor), *Virus infections of porcines*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, pp. 167-176.
- Pensaert, M.B. et De Bouck, P., 1978. A new coronavirus like particle associated with diarrhea in swine. *Archives of Virology*, 58: 243-247.
- Pensaert, M.B. et Van Reeth, K., 1998. Porcine epidemic diarrhea and porcine respiratory coronavirus. In: A.A.o.S. Practitioners (Editor), *29th Annual meeting of the American Association of Swine Practitioners*, pp. 433-436.
- Pospischil, A., Hess, R.G. et Bachmann, P.A., 1982. Morphology of intestinal changes in pigs experimentally infected with porcine rota-virus and two porcine corona viruses. *Scand J Gastroenterol Suppl*, 74: 167-9.
- Pospischil, A., Stuedli, A. et Kiupel, M., 2002. Update on porcine epidemic diarrhea. *J. Swine Health Prod.*, 10: 81-85.
- Poulin, M.C. et Klopfenstein, C., 2013. Évaluation et gestion du risque d'introduction et de dispersion de la diarrhée épidémique porcine (DEP) au Québec, Centre de Développement du Porc du Québec Inc., CDPO, Québec, Canada.
- Quideau, P., Morvan, T., Guiziou, F., Daumer, M.L., Pourcher, A.M. et Béline, F., 2013. Les effets et conséquences de la méthanisation sur la matière organique et l'azote des lisiers de porc. *Sciences Eaux & Territoires*, 12: 66-71.
- Rose, N. et Madec, F., 2002. Occurrence of respiratory disease outbreaks in fattening pigs: Relation with the features of a densely and a sparsely populated pig area in France. *Veterinary Research*, 33: 179-190.
- SIFCO, 2011. Rapport d'activité.
- Song, D. et Park, B., 2012. Porcine epidemic diarrhoea virus: a comprehensive review of molecular epidemiology, diagnosis, and vaccines. *Virus Genes*, 44: 167-75.
- Stevenson, G.W., Hoang, H., Schwartz, K.J., Burrough, E.R., Sun, D., Madson, D., Cooper, V.L., Pillatzki, A., Gauger, P., Schmitt, B.J., Koster, L.G., Killian, M.L. et Yoon, K.J., 2013. Emergence of Porcine epidemic diarrhea virus in the United States: clinical signs, lesions, and viral genomic sequences. *J Vet Diagn Invest*, 25: 649-54.
- Thunes, C. et Carpenter, T.E., 2007. Biosecurity practices and travel history of individuals exhibiting livestock at the 2005 California State Fair. *J Am Vet Med Assoc*, 231: 581-585.
- van Dijk, A.J., Everts, H., Nabuurs, M.J.A., Margry, R.J. et Beynen, A.C., 2001. Growth performance of weanling pigs fed spray-dried animal plasma: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 68.
- Wang, K., Lu, W., Chen, J., Xie, S., Shi, H., Hsu, H., Yu, W., Xu, K., Bian, C., Fischer, W.B., Schwarz, W., Feng, L. et Sun, B., 2012. PEDV ORF3 encodes an ion channel protein and regulates virus production. *FEBS Lett*, 586: 384-91.
- Wang, X.M., Niu, B.B., Yan, H., Gao, D.S., Yang, X., Chen, L., Chang, H.T., Zhao, J. et Wang, C.Q., 2013. Genetic properties of endemic Chinese porcine epidemic diarrhea virus strains isolated since 2010. *Arch Virol*, 158: 2487-94.