

# Bulletin épidémiologique Santé animale - alimentation

Décembre 2011 trimestriel/numéro 47

## Page 2

Paratuberculose: éléments d'épidémiologie et description du plan de lutte français

## Page 8

Vulnérabilité du réseau d'échanges d'animaux face à la diffusion de maladies infectieuses: approche méthodologique appliquée au réseau d'élevages bovins français

## Page 14

Analyse d'un échantillon de Visites sanitaires bovines 2008-2009. Enseignements et perspectives

## Page 17 - Brèves

- Notification des alertes dans le domaine de la santé animale Bilan sur la période de janvier 2010 à septembre 2011
- Chenille processionnaire du pin, changement climatique et impacts sanitaires
- Mortalité inhabituelle de sangliers dans les Côtes-d'Armor

## ÉDITORIAL

La paratuberculose est une maladie des ruminants qui doit faire l'objet d'une notification à l'OIE, mais qui en France ne fait pas partie de l'ex-liste des maladies réglementées ou à déclaration obligatoire. Pour autant, il s'agit d'une maladie très répandue et économiquement pénalisante, qui fait l'objet chez les bovins de plans de contrôle et de certification organisés par la profession agricole. L'article qui y est consacré dans ce numéro fait un point détaillé de son épidémiologie et des programmes de contrôle en place dans l'espèce bovine.

Le deuxième article tire les enseignements d'un projet de recherche qui explore les échanges de bovins entre exploitations agricoles, centres de rassemblement et opérateurs commerciaux. Ce type de projet de recherche vient directement en appui de la surveillance épidémiologique et du contrôle des maladies, en permettant d'orienter sur des points clés à la fois la surveillance et le contrôle.

Les visites sanitaires bovines annuelles obligatoires ont été mises en place en 2005 et ont ensuite évolué tant au niveau de leur contenu que de leur rythme de mise en œuvre. Dans ce numéro 47, une analyse d'un échantillon de visites réalisées entre 2008 et 2009 tire un bilan de ces visites à la veille de leur évolution en 2012.

Enfin les brèves comme à leur habitude relatent des points de l'actualité sanitaire. Le bilan est fait des alertes dans le domaine de la santé et de la protection animales depuis la mise en œuvre de la note de service N2010-8185 visant à définir un interlocuteur unique pour la notification des maladies animales. La remontée vers le Nord des chenilles processionnaires du pin semble inéluctable et est très vraisemblablement liée aux évolutions du climat, avec des conséquences épidémiologiques et sanitaires.

À la veille de 2012, le comité de rédaction espère que le *Bulletin épidémiologique Anses-DGAL* aura répondu à certaines de vos attentes concernant l'actualité épidémiologique en santé animale et en hygiène alimentaire dans notre pays, à la fois par les numéros réguliers trimestriels et les numéros spéciaux tels qu'en 2011 le numéro dédié aux DOM-TOM ou encore le numéro spécial Bilan MRC.

Le comité de rédaction vous adresse ses meilleurs vœux pour l'année 2012.

Le comité de rédaction

Le *Bulletin épidémiologique* est une publication conjointe de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail et de la Direction générale de l'alimentation du ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire.

# Paratuberculose : éléments d'épidémiologie et description du plan de lutte français

Pascale Mercier (1) (pascale.mercier@anses.fr), Françoise Mézi (2), Sophie Mémeteau (3)

(1) Anses, Laboratoire de Niort

(2) GDS France, Paris

(3) Acersa, Paris

## Résumé

La paratuberculose est une maladie contagieuse causée par *Mycobacterium avium paratuberculosis*. En raison de son importance économique pour les troupeaux infectés, cette maladie est notifiable à l'Organisation mondiale de la santé animale. Elle se caractérise par une phase d'infection sub-clinique très longue pendant laquelle le dépistage des animaux infectés est difficile. Les outils de diagnostic actuels sont peu performants.

La paratuberculose est une maladie cosmopolite qui affecte les ruminants domestiques et sauvages. La prévalence de cette maladie n'est pas connue avec précision, mais elle a été estimée pour les caprins au niveau français. Le principal mode de transmission est la voie oro-faecale : les jeunes sont contaminés par la bactérie qui est émise en grande quantité dans les matières fécales des adultes. Il existe d'autres modes de contamination mais leur rôle épidémiologique est secondaire. La paratuberculose peut être considérée comme une maladie qui s'achète. Par ailleurs, il existe des facteurs génétiques impliqués dans la susceptibilité à la maladie.

En France, le plan de lutte défini pour les bovins repose sur deux actions : la maîtrise de la clinique et la garantie de cheptel. Il n'existe à ce jour aucune action nationale pour les petits ruminants.

## Mots clés

Paratuberculose, épidémiologie, prévalence, maîtrise, certification

## Abstract

### **Paratuberculosis: epidemiological factors and a description of France's action plan**

*Paratuberculosis is a contagious disease caused by Mycobacterium avium paratuberculosis. Because of the financial consequences of infected flocks, this disease is listed as notifiable by the World Organisation for Animal Health. It has a very long sub-clinical infection phase during which it is difficult to detect infected animals. The diagnostic tools currently available are not very effective.*

*Paratuberculosis is a cosmopolitan disease affecting both domesticated and wild ruminants. Its precise prevalence is uncertain but it has been estimated for goats in France. Transmission is mainly by the oral-faecal route: the young become contaminated by the bacteria that are shed in large quantities in the faeces of adult goats. There are other modes of contamination but these play only a secondary epidemiological role. Paratuberculosis can be thought of as a disease introduced to farms by purchasing new stock. Animals may also be more or less susceptible to the disease as a result of genetic factors.*

*In France, the plan to combat paratuberculosis in cattle involves two measures: clinical monitoring and herd protection. France currently has no national plan covering small ruminants.*

## Keywords

Paratuberculosis, epidemiology, prevalence, control, certification

La paratuberculose est une maladie contagieuse des ruminants domestiques et sauvages causée par *Mycobacterium avium paratuberculosis* (Map), qui se manifeste sous la forme d'une entérite chronique. Elle figure sur la liste des maladies notifiables à l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) comme maladie commune à plusieurs espèces, en raison de son caractère incurable et de son importance économique pour les troupeaux infectés. Celle-ci est liée à des effets directs associés à des baisses de performances (production laitière, amaigrissement, réforme précoce) et à de la mortalité, et des effets indirects, tels que la perte du potentiel génétique ou des entraves commerciales. En France, la paratuberculose n'est pas une maladie réputée contagieuse, ni une maladie à déclaration obligatoire. En 2004, l'inscription de la paratuberculose sur la liste des maladies à déclaration obligatoire, a été jugée prématurée par le comité d'experts spécialisé de l'AFSSA chargé de la santé animale, en raison de l'inefficacité des outils de dépistage et de contrôle [1].

Cette maladie se caractérise par une phase d'infection sub-clinique très longue pendant laquelle le dépistage des animaux infectés est difficile. La phase clinique se traduit par de l'amaigrissement et, chez les bovins, de la diarrhée.

Les données sur l'épidémiologie de la paratuberculose sont peu nombreuses et limitées par les faibles performances des tests de laboratoire. Aucune méthode n'est actuellement reconnue comme un Gold standard, même si la culture fécale a longtemps été considérée comme méthode de référence.

## Épidémiologie descriptive

La paratuberculose est une maladie présente dans les différents continents (Figure 1), comme le montre la carte établie par l'OIE [2].

En France, il existe des régions historiquement affectées (Bretagne, Normandie, Massif central), mais la paratuberculose semble être présente à des niveaux variables sur l'ensemble du territoire.

La paratuberculose affecte surtout les ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) et sauvages (cervidés). Cette maladie a également été observée chez des camélidés (alpaca, lama) et des primates non humains [3]. Par ailleurs, la bactérie a été isolée chez différentes espèces sauvages (rongeurs, lapins, carnivores, corvidés).

En France, l'infection par Map est considérée comme largement répandue [4] mais aucune étude nationale de prévalence n'a été conduite jusqu'à présent chez les bovins et les ovins. Pour les caprins, une enquête sérologique a montré que l'infection par Map est largement présente (Encadré).

En Europe, un grand nombre d'études ont été conduites pour estimer la prévalence de l'infection par Map, mais faute d'un protocole standard, les comparaisons sont difficiles. Nielsen et Toft [5], à partir d'une synthèse des données disponibles, ont montré qu'au niveau européen, 20 % des bovins et plus de 50 % des troupeaux pouvaient être considérés comme infectés par Map. Chez les petits ruminants, plus de 20 % des troupeaux pouvaient être considérés comme infectés par Map. Pour les autres espèces (cervidés et petits camélidés) la prévalence n'a pas pu être estimée. Aucune valeur de prévalence intra-troupeau n'a été définie.



## Encadré. Détermination de la prévalence de l'infection par Map dans les troupeaux caprins en France

Bien que la paratuberculose soit considérée comme largement présente dans les troupeaux caprins français, la prévalence de l'infection par Map y était inconnue.

La prévalence de l'infection par Map a donc été déterminée grâce à une enquête sérologique utilisant un test Elisa commercial (Elisa Paratuberculose anticorps bicupule®, Institut Pourquier, Montpellier, France) dont la sensibilité et la spécificité avaient été estimées préalablement à respectivement 53 % et 100 % sur des prélèvements de sérums [47,48].

La taille de l'échantillon a été définie sur la base d'une prévalence attendue d'au moins 50 % et d'une précision relative de 20 % avec un intervalle de confiance de 95 %, selon les indications de Thrusfield [49]. L'objectif était donc de recruter environ cent troupeaux. Les troupeaux ont été sélectionnés aléatoirement parmi la population soumise à la prophylaxie obligatoire contre la brucellose dans les différentes régions caprines. Les régions caprines ont été définies comme les régions dans lesquelles au moins 5 000 femelles ont été enregistrées. Au sein de ces régions caprines, cinq régions ont pu être individualisées car elles possèdent un cheptel caprin supérieur à 70 000 femelles : il s'agit de Rhône-Alpes, Poitou-Charentes, Pays de la Loire, Centre et Midi-Pyrénées, qui représentent respectivement 20 %, 14 %, 9 %, 8 %, 8 % des troupeaux. Les neuf autres régions (Aquitaine, Auvergne, Basse-Normandie, Bourgogne, Bretagne, Corse, Languedoc-Roussillon, Limousin et Provence-Alpes-Côte d'Azur) ont été regroupées dans une région appelée « autres » et représentent 41 % des troupeaux.

La population d'étude est constituée de 105 troupeaux caprins répartis de la façon suivante : 19 % de troupeaux issus de Rhône-Alpes, 19 % de troupeaux issus de Poitou-Charentes, 12 % de troupeaux issus de Pays de la Loire, 10 % de troupeaux issus de la région Centre, 5 % de troupeaux issus de Midi-Pyrénées et 35 % de troupeaux issus des autres régions caprines. Dans chaque troupeau, tous les animaux de plus de six mois ont été testés, soit 11 847 chèvres.

L'échantillon étudié a permis d'estimer la prévalence au niveau des troupeaux, au niveau des animaux et en intra-troupeau. Les résultats sérologiques ont fourni des prévalences apparentes, qui ont ensuite été transformées en prévalences vraies, en appliquant la correction de Rogan-Gladen [50].

La prévalence au niveau des troupeaux a été de 63 % (IC à 95 % [41-84]), tandis qu'au niveau individuel elle a été de 7 % (IC à 95 % [6,1-7,0]). La prévalence intra-troupeau (calculée dans les troupeaux avec au moins un animal séro-positif) a été très variable : en moyenne, elle a atteint 11 %, mais elle a varié de 1 à 33 %. Un quart des troupeaux avait une prévalence intra-troupeau supérieure à 18 %. Le nombre de troupeaux étudiés a été insuffisant pour mettre en évidence des différences régionales.

Il est difficile de comparer les prévalences obtenues dans cette étude avec celles de la littérature, en raison de l'absence de données sur des prévalences vraies. Les comparaisons entre prévalences apparentes ne sont pas possibles car les prévalences apparentes dépendent des performances des tests et des seuils d'interprétation utilisés, alors que les prévalences vraies correspondent à des estimations corrigées par les performances des tests.

Ces résultats confirment que la paratuberculose est très présente dans les troupeaux caprins français.

## Épidémiologie analytique

### Sources d'infection

Les sources d'infection sont représentées par les animaux excréteurs et par l'environnement des animaux (eau, aliment, pâtures, locaux et matériel) dans lequel Map peut persister très longtemps : 6 à 18 mois dans l'eau [6, 7, 8], 12 mois dans les pâtures [9].

Cependant, les ruminants domestiques constituent le principal réservoir de la bactérie. Différentes catégories d'excréteurs peuvent être identifiées [10] : les excréteurs asymptomatiques et les animaux malades.

### Voies d'excrétion et matières virulentes

L'excrétion fécale est la principale voie d'excrétion. Elle débute avant l'apparition des premiers signes cliniques [11]. Les quantités de bacilles excrétés en début d'infection sont faibles et l'excrétion est intermittente. Au fur et à mesure que l'infection progresse, l'excrétion devient permanente et importante. Ainsi, des bovins infectés excrètent 10 à 100 bactéries par gramme de fèces en début d'infection et entre  $10^4$  et  $10^{12}$  bactéries par gramme à un stade avancé [12]. L'excrétion fécale a été observée sur des caprins âgés de deux à huit ans, avec une proportion d'animaux excréteurs dans chaque classe d'âge compris entre 11 et 33 % [13], le maximum étant observé chez les chèvres de huit ans.

En outre, dans les troupeaux fortement contaminés, bovins [14, 15, 16] et caprins [17], il pourrait exister une excrétion passive de la bactérie, qui correspond à son transit dans l'intestin sans provoquer d'infection (absence de multiplication intracellulaire). Une transmission entre veaux à partir de veaux naturellement infectés a été mise en évidence [16], mais dans les conditions d'élevage, cette transmission n'a pas été établie.

L'excrétion mammaire (lait et colostrum) a été mise en évidence chez les caprins [18] et chez les bovins [19]. Map a été isolé dans le colostrum et dans le lait de bovins malades ou infectés subcliniques [20, 21]. Il en est de même pour les ovins [22] et les caprins malades et infectés [23, 24, 25]. Chez les bovins, l'excrétion par la mamelle est plus fréquente pour les animaux fortement excréteurs [20, 21]. La quantité de bactéries excrétées dans du lait de vache a été estimée entre 2 et 8 UFC/50 ml dans le cas d'animaux asymptomatiques [21]. Le lait d'animaux malades peut contenir jusqu'à 100 UFC/ml [26].

Par ailleurs, on a retrouvé le bacille dans le sperme de taureau [27] et de bélier.

### Transmission

La transmission horizontale (intra ou inter-spécifique) indirecte est le principal mode de contamination, mais il peut exister une transmission directe verticale (materno-fœtale). De plus, par modélisation, il a été possible de montrer que la transmission entre veaux et la persistance de Map dans l'environnement sont nécessaires à la persistance de l'infection [28].

La voie orale représente la principale voie de transmission. Les animaux se contaminent en ingérant des aliments souillés par des matières fécales (eau, pâtures, mamelle...), du lait ou du colostrum, ou par l'échage de matériel souillé. La transmission horizontale entre veaux est possible par contact avec des veaux excréteurs [16], infectés ou non.

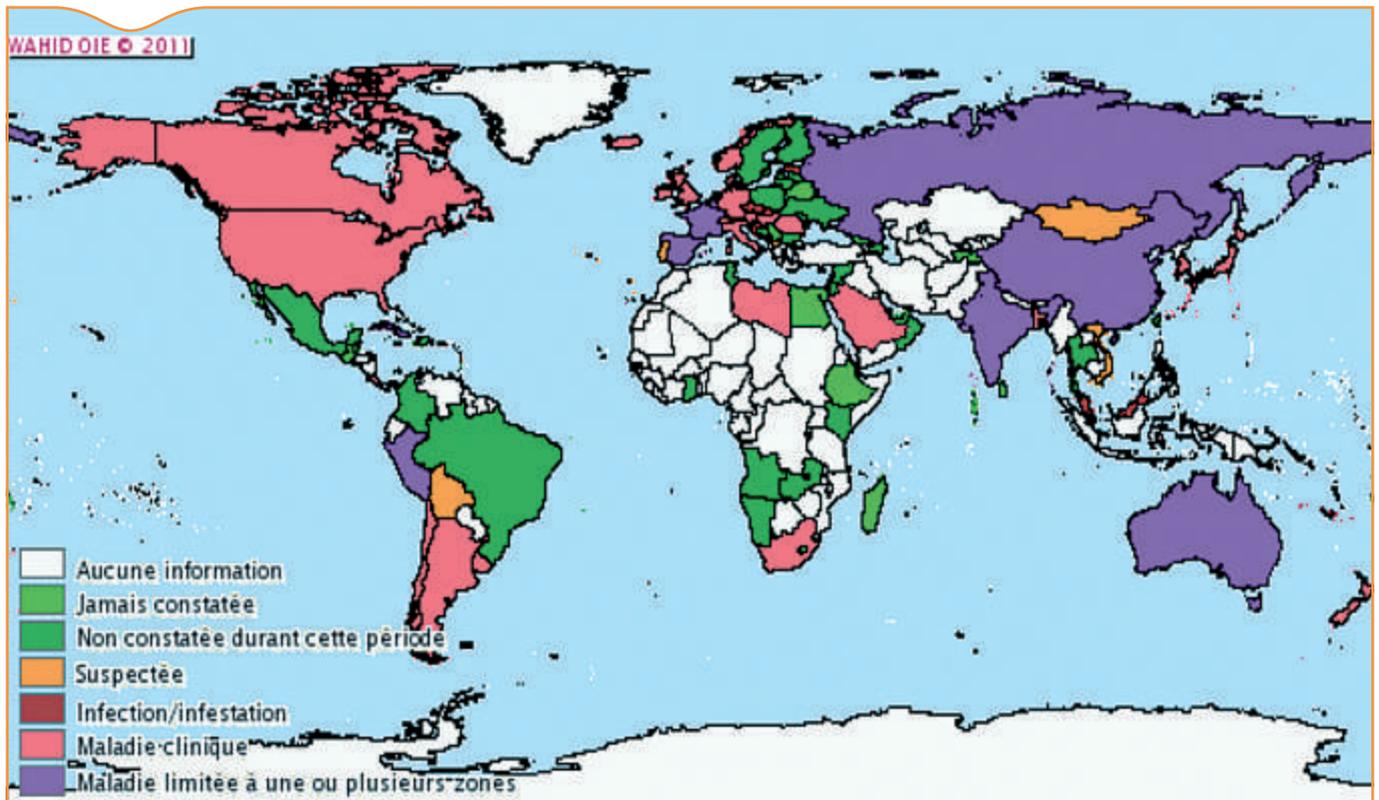


Figure 1. Situation de la paratuberculose dans le monde au deuxième semestre 2010

L'infection des fœtus par voie transplacentaire a été reportée pour la première fois en 1929. Cette voie a été confirmée chez les bovins [29], les ovins [30] et chez les caprins [17,31]. Cette transmission est d'autant plus probable que les mères sont fortement infectées [30,32]. Cependant, des inconnues persistent quant aux modalités de l'infection utérine et au statut futur du fœtus infecté [29].

### Facteurs de risque

Les facteurs favorisant l'infection sont l'âge, des facteurs génétiques et des facteurs extrinsèques.

Concernant l'âge, une méta-analyse conduite récemment a mis en évidence chez les bovins une plus grande susceptibilité des jeunes à l'infection par Map [33]. Cependant, l'infection est possible chez les adultes, en particulier avec des doses infectantes élevées, mais ces animaux ne développent que rarement une forme clinique.

Des facteurs génétiques sont impliqués chez les bovins dans la susceptibilité à la maladie, avec des valeurs moyennes pour l'héritabilité à l'infection [34, 35, 36]. Le gène CARD15 est également impliqué dans la susceptibilité des bovins à l'infection par Map [37]. Certaines races bovines (Limousine, Parthenaise, Jersiaise) sont considérées comme plus sensibles à la paratuberculose. Des prédispositions génétiques ont également été observées chez les ovins [38] et les caprins [39].

Parmi les facteurs extrinsèques favorisant l'infection des animaux, un certain nombre dépend de la conduite d'élevage [40]: séparation des jeunes, distribution de colostrum, gestion des effluents.

Les facteurs favorisant l'expression clinique sont des facteurs de stress, tels que la mise bas, qui peuvent induire l'évolution d'une forme subclinique vers une forme clinique chez les bovins [41]. L'état physiologique peut moduler l'expression clinique: la gestation s'accompagne souvent d'une rémission momentanée des symptômes, avec reprise de l'évolution à la faveur de la mise bas. De même, les cas cliniques de paratuberculose sont plus fréquemment observés chez les vaches hautes productrices, compte tenu des contraintes physiologiques, notamment lors du pic de lactation [42].

## Épidémiologie synthétique

La paratuberculose est typiquement une maladie d'achat [15]. La contamination du troupeau se fait la plupart du temps suite à l'introduction d'un animal infecté. D'autres circonstances de contamination ont été occasionnellement observées: contamination par la faune sauvage [43], par du matériel souillé provenant d'un autre élevage, ou lors de pâtures communes avec un troupeau présentant de la paratuberculose.

L'évolution de l'infection dans un troupeau suit la plupart du temps le même schéma. Deux évolutions sont possibles [44]:

- l'animal introduit développe une forme clinique du fait du stress engendré par le changement d'exploitation. L'excrétion fécale du germe étant plus importante en phase clinique, l'animal introduit contamine alors rapidement les jeunes. Dans ce cas, les premiers cas cliniques sur des animaux nés dans l'exploitation apparaissent deux à trois ans plus tard;
- l'animal introduit reste asymptomatique, mais excrète quand même à bas bruit des bacilles paratuberculeux dans l'environnement. Il peut alors s'écouler plusieurs années avant que la charge bactérienne soit suffisante pour contaminer les jeunes. L'apparition de premiers cas cliniques sur des animaux nés dans l'exploitation est alors beaucoup plus tardive, et il devient très difficile d'identifier l'animal responsable de l'introduction de la maladie dans le troupeau.

## Plan de lutte contre la paratuberculose en France

Pour les bovins, deux actions nationales ont été mises en place par les groupements de défense sanitaire (GDS): la maîtrise de la clinique et la garantie de cheptel. Pour les petits ruminants, il n'existe que des actions locales (départementales ou régionales).

### Programme national de maîtrise de la paratuberculose clinique bovine

Ce programme est mis en œuvre depuis 1999. Il a été élaboré conjointement par GDS France et la Société nationale des groupements

techniques vétérinaires (SNGTV). Son objectif est de réaliser un programme harmonisé pour l'intervention dans les élevages atteints de paratuberculose clinique.

Ce plan de lutte est composé de trois étapes.

### Diagnostic initial de la paratuberculose clinique

Pour confirmer un cas clinique, les critères de suspicion légitime (diarrhée et amaigrissement sur des bovins de plus de un an, avec appétit conservé) sont associés à des analyses (sérologie individuelle, PCR, coloration de Ziehl). Il est important de pouvoir distinguer l'origine de la paratuberculose (endogène ou achat) : endogène (cas clinique sur un animal né sur l'exploitation ou acheté depuis plus d'un an) ou due à un achat (cas clinique sur un animal acheté depuis moins d'un an dans un cheptel exempt de cas depuis au moins trois ans).

### Contenu du plan (Figure 2)

Le plan de lutte s'appuie sur deux catégories de mesures : la détection et la réforme précoce des animaux excréteurs et la maîtrise sanitaire des risques de contamination.

Les objectifs de la détection et de la réforme précoce des animaux excréteurs sont : i) de limiter la contamination du milieu et d'abaisser le risque de contamination de nouveaux animaux, ii) de détecter les animaux susceptibles de développer une paratuberculose clinique.

Deux types d'analyses peuvent être utilisés pour détecter les excréteurs : la bactériologie, mise en œuvre par culture fécale (CF) ou PCR, et la sérologie. La fréquence de dépistage est au maximum d'une fois par an, sur les bovins de plus de 24 mois. Par la suite, la fréquence des analyses dépend de l'origine de la contamination : i) pour une contamination endogène : tous les bovins de plus de 24 mois jusqu'à obtention de deux résultats négatifs (CF ou PCR recommandées), ii) pour une contamination liée à un achat, les bovins âgés de zéro à douze mois au moment de l'épisode clinique (années 2 et 3 après entrée en plan). Puis, si nécessaire, tous les bovins de 24 mois et plus (PCR, CF ou sérologie).

Les excréteurs doivent être isolés et réformés dans les six mois, ainsi que leur dernière descendance.

Les objectifs de la maîtrise sanitaire des risques de contamination sont de prévenir les nouvelles contaminations (jeunes) et de prévenir le passage en phase clinique des animaux infectés. Pour cela les axes de travail sont l'hygiène au vêlage, la conduite d'élevage des veaux,

la maîtrise des déjections, le nettoyage et la désinfection, la conduite du pâturage, l'alimentation et l'abreuvement, l'isolement des malades et la maîtrise du parasitisme.

Par ailleurs, les achats doivent être contrôlés et les ventes limitées.

### Sortie de plan

Le plan de maîtrise s'achève quand : i) aucun cas clinique n'a été détecté depuis trois ans, deux analyses successives négatives à un an d'intervalle ont été obtenues sur tous les bovins à contrôler, ii) aucune réforme de positifs n'a été effectuée depuis deux ans, iii) aucun bovin positif n'est présent dans l'élevage.

### Garantie de cheptel bovin

Le référentiel de garantie de cheptel a été mis au point en 2004 par un groupe de travail de l'Acersa. Une étude a ensuite été commanditée par l'Acersa afin de statuer sur la pertinence économique d'une généralisation éventuelle du programme de qualification [45,46].

Le manque de performance des outils de diagnostic disponibles utilisables en routine (en particulier des kits Elisa, avec une sensibilité de l'ordre de 50 % et une spécificité de l'ordre de 95 %) rendait le coût de certification très élevé. C'est la raison pour laquelle l'Acersa a décidé, au vu des conclusions de cette étude, de ne pas généraliser le programme de qualification.

L'objectif de la garantie de cheptel est de mettre à disposition des éleveurs les plus concernés un référentiel leur permettant de sécuriser les échanges, tout en harmonisant au plan national les démarches engagées au niveau départemental. La garantie est attestée par un document délivré par le GDS.

Le référentiel se compose des éléments suivants : acquisition de la garantie, entretien de la garantie, maîtrise des introductions et gestion des résultats positifs.

Les tests utilisés sont l'Elisa, la culture fécale et la PCR sur fèces.

### Acquisition de la garantie (Figure 3)

Le troupeau peut être garanti si des résultats négatifs ont été obtenus pour deux séries de tests pratiqués sur tous les animaux de plus de 24 mois à un intervalle de neuf à trente mois.

En cas d'historique défavorable, c'est-à-dire en cas de résultat positif confirmé avant le premier contrôle, le bovin positif doit avoir été éliminé au minimum 24 mois avant le second contrôle d'acquisition de la garantie.

### Entretien de la garantie

La garantie est maintenue si : i) la première année, les analyses réalisées neuf à quinze mois après, sont négatives sur tous les animaux de plus de 24 mois, ii) les années suivantes, les analyses réalisées dans un intervalle de 21 à 27 mois, sont négatives sur tous les animaux âgés de 24 à 72 mois.

### Contrôle des achats

Pour les bovins issus de troupeaux ayant acquis la garantie, il n'y a aucune condition spécifique. Pour les bovins issus de troupeaux sans garantie, deux analyses réalisées à partir de 18 mois et à un intervalle de neuf à quinze mois, doivent être négatives.

### Gestion des résultats positifs

En raison des possibles problèmes de spécificité des tests, les résultats positifs obtenus dans certains troupeaux (positivité sur 1 animal, ou moins de 2 %) peuvent être confirmés selon les méthodes suivantes : i) culture positive : confirmation par PCR sur la culture, ii) Elisa positive : nouvel Elisa + analyse bactériologique (culture ou PCR). La PCR est considérée comme hautement spécifique et ne peut pas être contestée.

### Résultats (campagne 2009-2010)

Sur les 48 GDS qui ont répondu (ce qui représente 123 334 cheptels), le bilan des actions est le suivant (Figure 4) : cinq départements n'ont aucune action, huit départements ont mis en place des plans de

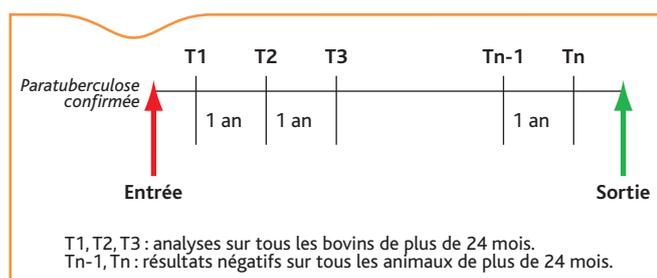


Figure 2. Plan de maîtrise de la paratuberculose clinique (endogène)

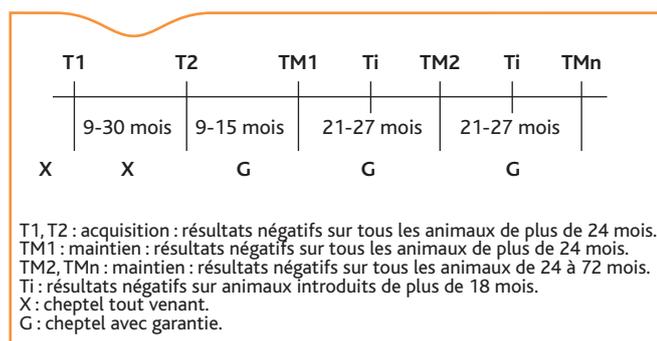
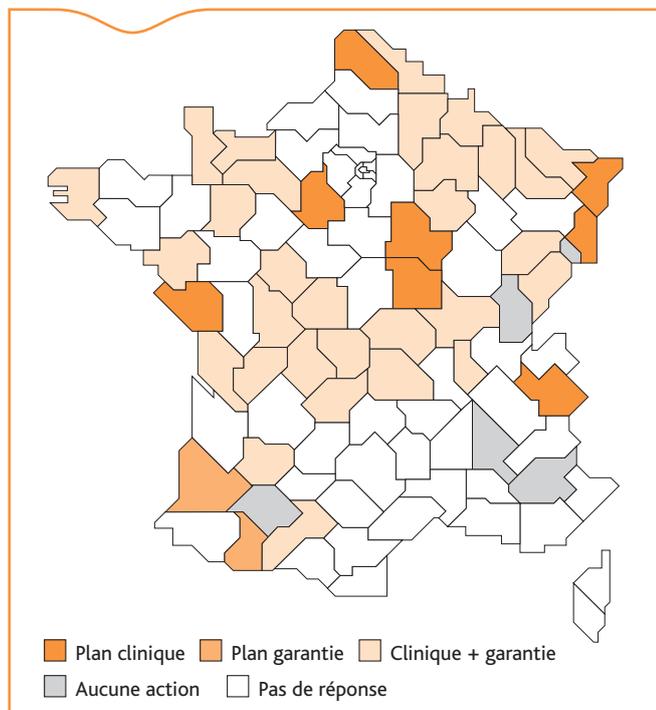


Figure 3. Conditions d'acquisition et de maintien de la garantie



**Figure 4. Actions des GDS contre la paratuberculose en fonction des départements**

maîtrise, deux départements ont mis en place des plans garantie, et la majorité des départements (33) ont mis en place les deux actions.

Le plan de maîtrise concernait 3 375 cheptels, soit 3 % du cheptel total. Au cours de la campagne 2009-2010, 465 nouveaux cheptels sont entrés en plan et 334 cheptels en sont sortis (au bout de 4,7 ans en moyenne), dont 189 avec succès.

Le plan de garantie concernait 2 099 cheptels (2 % des cheptels), dont 1 328 avec l'obtention de la garantie (1,3 % des cheptels).

La mise en œuvre de ces plans est effectuée sur la base du volontariat par les éleveurs les plus concernés par la paratuberculose. Il s'agit des éleveurs pour lesquels le coût de la maîtrise et/ou de la qualification peut se justifier, du fait d'une expression clinique forte, d'une démarche collective au sein des sélectionneurs d'une race plus exposée, ou d'impératifs commerciaux importants.

Les plans de maîtrise de la paratuberculose mis en place depuis de nombreuses années ont permis d'obtenir des résultats globalement satisfaisants, avec disparition rapide des cas cliniques (en 1 à 2 ans) et des excréteurs (en 4 à 5 ans pour les élevages laitiers et en 6 à 7 ans pour les élevages allaitants). Cependant, le nombre de plans en cours est stable, ce qui semble indiquer un impact relativement limité de ces actions sur la prévalence globale de la maladie et de l'infection. En ce qui concerne la certification, le nombre de cheptels qualifiés est faible.

Cependant, cette situation pourrait être amenée à évoluer si l'évolution des méthodes de diagnostic permettait de disposer d'outils de diagnostic suffisamment spécifiques et sensibles pour autoriser une utilisation plus large en routine à moindre coût.

Il convient donc d'évaluer les actions mises en place et d'engager une réflexion nationale sur de nouvelles perspectives, en intégrant les petits ruminants.

## Remerciements

Ce travail a bénéficié du soutien financier de la Région Poitou-Charentes.

## Références bibliographiques

[1] Anonyme. (2004) Maladies animales réputées contagieuses, maladies animales à déclaration obligatoire - Rapport du CES Santé animale de l'Afssa. 37.

[2] Wahid. (2011) Carte de répartition des maladies. [http://web.oie.int/wahis/public.php?page=disease\\_status\\_map&disease\\_type=Terrestrial&disease\\_id=24&disease\\_category\\_terrestrial=-1&empty=999999&disease\\_category\\_aquatic=-1&disease\\_serotype=0&sta\\_method=semesterly&selected\\_start\\_year=2010&selected\\_report\\_period=2&selected\\_start\\_month=1&page=disease\\_status\\_map&date\\_submit=OK](http://web.oie.int/wahis/public.php?page=disease_status_map&disease_type=Terrestrial&disease_id=24&disease_category_terrestrial=-1&empty=999999&disease_category_aquatic=-1&disease_serotype=0&sta_method=semesterly&selected_start_year=2010&selected_report_period=2&selected_start_month=1&page=disease_status_map&date_submit=OK)

[3] McClure H. M., Chiodini R. J., Anderson D. C. (1987) *Mycobacterium paratuberculosis* infection in a colony of stump-tail macaques (*Macaca arctoides*). *Journal of Infectious Diseases*, 155(5): 1011-1019.

[4] Petit H. (2006) La paratuberculose des petits ruminants: résultats d'une enquête GDS sur la paratuberculose. *Le Point Vétérinaire*, 263(mars): 46-50.

[5] Nielsen S. S., Toft N. (2009) A review of prevalences of *paratuberculosis* in farmed animals in Europe. *Preventive Veterinary Medicine*, 88(1): 1-14.

[6] Pickup R. W., Rhodes G., Arnott S., Sidi-Boumedine K., Bull T. J., Weightman A., Hurley M., Hermon-Taylor J. (2005) *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in the catchment area and water of the River Taff in South Wales, United Kingdom, and its potential relationship to clustering of Crohn's disease cases in the city of Cardiff. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(4): 2130-2139.

[7] Lovell R., Levi M., Francis J. (1944) Studies on the survival of Johne's bacilli. *Journal of Comparative Pathology*, 54: 120-129.

[8] Larsen A. B., Merkal R. S., Vardaman T. H. (1956) Survival time of *Mycobacterium paratuberculosis*. *American Journal of Veterinary Research*, 17(64): 549-551.

[9] Manning E. J., Collins M. T. (2001) *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*: pathogen, pathogenesis and diagnosis. *Revue Scientifique et Technique de l'O.I.E.*, 20(1): 133-150.

[10] Nielsen S. S., Toft N. (2008) *Ante mortem* diagnosis of *paratuberculosis*: a review of accuracies of ELISA, interferon-gamma assay and faecal culture techniques. *Veterinary Microbiology*, 129(3-4): 217-235.

[11] Clarke C. J. (1997) The pathology and pathogenesis of *paratuberculosis* in ruminants and other species. *Journal of Comparative Pathology*, 116(3): 217-261.

[12] Rossiter C. A., Burhans W. S. (1996) Farm-specific approach to *paratuberculosis* (Johne's disease) control. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 12(2): 383-415.

[13] Thomas G. W. (1983) *Paratuberculosis* in a large goat herd. *Veterinary Record*, 113(20): 464-466.

[14] McDonald W. L., Ridge S. E., Hope A. F., Condon R. J. (1999) Evaluation of diagnostic tests for Johne's disease in young cattle. *Australian Veterinary Journal*, 77(2): 113-119.

[15] Whittington R. J., Sergeant E. S. (2001) Progress towards understanding the spread, detection and control of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in animal populations. *Australian Veterinary Journal*, 79(4): 267-278.

[16] Van Roermund H. J., Bakker D., Willemsen P. T., De Jong M. C. (2007) Horizontal transmission of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in cattle in an experimental setting: calves can transmit the infection to other calves. *Veterinary Microbiology*, 122(3-4): 270-279.

[17] Manning E. J., Steinberg H., Krebs V., Collins M. T. (2003) Diagnostic testing patterns of natural *Mycobacterium paratuberculosis* infection in pygmy goats. *Canadian Journal of Veterinary Research*, 67(3): 213-218.

[18] Stehman S. M. (1996) *Paratuberculosis* in small ruminants, deer, and South American camelids. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 12(2): 441-455.

[19] Brady C., O'Grady D., O'Meara F., Egan J., Bassett H. (2008) Relationships between clinical signs, pathological changes and tissue distribution of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in 21 cows from herds affected by Johne's disease. *Veterinary Record*, 162(5): 147-152.

[20] Streeter R. N., Hoffsis G. F., Bech-Nielsen S., Shulaw W. P., Rings D. M. (1995) Isolation of *Mycobacterium paratuberculosis* from colostrum and milk of subclinically infected cows. *American Journal of Veterinary Research*, 56(10): 1322-1324.

[21] Sweeney R. W., Whitlock R. H., Rosenberger A. E. (1992) *Mycobacterium paratuberculosis* cultured from milk and supramammary lymph nodes of infected asymptomatic cows. *Journal of Clinical Microbiology*, 30(1): 166-171.

[22] Muehlherr J. E., Zweifel C., Corti S., Blanco J. E., Stephan R. (2003) Microbiological quality of raw goat's and ewe's bulk-tank milk in Switzerland. *Journal of Dairy Science*, 86: 3849-3856.

- [23] Singh S. V., Vihan V. S. (2004) Detection of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in goat milk. *Small Ruminant Research*, 54: 231-235.
- [24] Nebbia P., Robino P., Zoppi S., De Meneghi D. (2006) Detection and excretion pattern of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in milk of asymptomatic sheep and goats by nested-PCR. *Small Ruminant Research*, 66: 116-120.
- [25] Kumar S., Singh S. V., Sevilla I., Singh A. V., Whittington R. J., Juste R. A., Sharma G., Singh P. K., Sofhal J. S. (2008) Lacto-prevalence, genotyping of *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* and evaluation of three diagnostic tests in milk of naturally infected goat herds. *Small Ruminant Research*, 74: 37-44.
- [26] Giese S. B., Ahrens P. (2000) Detection of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk from clinically affected cows by PCR and culture. *Veterinary Microbiology*, 77(3-4): 291-297.
- [27] Pfeiffer D. U. (2004) The risk of transmission of *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* via bovine semen. *EFSA Journal*, 110: 1-59.
- [28] Mitchell R. M., Whitlock R. H., Stehman S. M., Benedictus A., Chapagain P. P., Grohn Y. T., Schukken Y. H. (2008) Simulation modeling to evaluate the persistence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (MAP) on commercial dairy farms in the United States. *Prev Vet Med*, 83(3-4): 360-380.
- [29] Whittington R. J., Windsor P. A. (2009) In utero infection of cattle with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*: a critical review and meta-analysis. *Veterinary Journal*, 179(1): 60-69.
- [30] Lambeth C., Reddacliff L. A., Windsor P., Abbott K. A., McGregor H., Whittington R. J. (2004) Intrauterine and transmammary transmission of *Mycobacterium avium* subsp *paratuberculosis* in sheep. *Australian Veterinary Journal*, 82(8): 504-508.
- [31] Alinovi C. A., Wu C. C., Lin T. L. (2009) In utero *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* infection of a pygmy goat. *Veterinary Record*, 164(9): 276-277.
- [32] Sweeney R. W. (1996) Transmission of *paratuberculosis*. *Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice*, 12(2): 305-312.
- [33] Windsor P. A., Whittington R. J. (2010) Evidence for age susceptibility of cattle to Johne's disease. *Veterinary Journal*, 184(1): 37-44.
- [34] Koets A. P., Adugna G., Janss L. L., Van Weering H. J., Kalis C. H., Wentink G. H., Rutten V. P., Schukken Y. H. (2000) Genetic variation of susceptibility to *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* infection in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(11): 2702-2708.
- [35] Mortensen H., Nielsen S. S., Berg P. (2004) Genetic variation and heritability of the antibody response to *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in Danish Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 87(7): 2108-2113.
- [36] Gonda M. G., Chang Y. M., Shook G. E., Collins M. T., Kirkpatrick B. W. (2006) Genetic variation of *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* infection in US Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 89(5): 1804-1812.
- [37] Pinedo P. J., Buergelt C. D., Donovan G. A., Melendez P., Morel L., Wu R., Langae T. Y., Rae D. O. (2009) Association between CARD15/NOD2 gene polymorphisms and *paratuberculosis* infection in cattle. *Veterinary Microbiology*, 134(3-4): 346-352.
- [38] Reddacliff L. A., Beh K., McGregor H., Whittington R. J. (2005) A preliminary study of possible genetic influences on the susceptibility of sheep to Johne's disease. *Australian Veterinary Journal*, 83(7): 435-441.
- [39] Korou L. M., Liandris E., Gazouli M., Ikononopoulos J. (2010) Investigation of the association of the SLC11A1 gene with resistance/sensitivity of goats (*Capra hircus*) to *paratuberculosis*. *Veterinary Microbiology*, 144(3-4): 353-358.
- [40] McKenna S. L., Keefe G. P., Tiwari A., Vanleeuwen J., Barkema H. W. (2006) Johne's disease in Canada part II: disease impacts, risk factors, and control programs for dairy producers. *Canadian Veterinary Journal*, 47(11): 1089-1099.
- [41] Karcher E. L., Beitz D. C., Stabel J. R. (2008) Parturition invokes changes in peripheral blood mononuclear cell populations in Holstein dairy cows naturally infected with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 124(1-2): 50-62.
- [42] Anonyme. (2009) Paratuberculose des ruminants. Rapport Afssa. 87.
- [43] Fredriksen B., Djonje B., Sigurdardóttir O., Tharaldsen J., NYBERG O., JARP J. (2004) Factors affecting the herd level of antibodies against *Mycobacterium avium* subspecies *paratuberculosis* in dairy cattle. *Vet Rec*, 154(17): 522-526.
- [44] Vialard J. (2002) Épidémiologie de la paratuberculose. *Bulletin des Groupements Techniques Vétérinaires, Hors série paratuberculose des ruminants*: 6-11.
- [45] Dufour B., Pouillot R., Durand B. (2004) A cost/benefit study of *paratuberculosis* certification in French cattle herds. *Veterinary Research*, 35(1): 69-81.
- [46] Pouillot R., Dufour B., Durand B. (2004) A deterministic and stochastic simulation model for intra-herd *paratuberculosis* transmission. *Veterinary Research*, 35(1): 53-68.
- [47] Mercier P., Baudry C., Martin J., Bertin C., Laroucau K., Beaudeau F., Seegers H., Malher X. (2007) Utilisation des techniques bayésiennes pour estimer les caractéristiques de 2 tests de diagnostic de la paratuberculose caprine. *Épidémiologie et santé animale*, 51: 57-64.
- [48] Mercier P., Baudry C., Martin J., Bertin C., Laroucau K., Beaudeau F., Seegers H., Malher X. (2009) Utilisation des techniques bayésiennes pour estimer les caractéristiques de deux tests de diagnostic de la paratuberculose caprine - Erratum. *Épidémiologie et santé animale*, 56: 255-256.
- [49] Thrusfield M. (2005) *Veterinary epidemiology*. Third edition. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK. 610 p: 610 pp.
- [50] Rogan W. J., Gladen B. (1978) Estimating prevalence from the results of a screening test. *American Journal of Epidemiology*, 107(1): 71-76.

Le Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation est désormais consultable sur Internet.

Retrouvez tous les numéros  
du Bulletin épidémiologique sur:  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr)  
[www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)



# Vulnérabilité du réseau d'échanges d'animaux face à la diffusion de **maladies infectieuses** : approche méthodologique appliquée au réseau d'élevages bovins français

Séverine Rautureau (1) (severine.rautureau@agriculture.gouv.fr), Barbara Dufour (2), Benoît Durand (3)

(1) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris

(2) ENVA, Unité de recherche d'épidémiologie des maladies animales infectieuses (EPIMA), Maisons-Alfort

(3) Anses, Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort

## Résumé

Les mouvements d'animaux forment un réseau complexe reliant les exploitations entre elles et représentent un risque important de dissémination d'agents infectieux entre établissements d'élevage et ce, sur de longues distances. En utilisant les méthodes d'analyse des réseaux sociaux, le réseau de mouvements de bovins à travers la France a été étudié, dans le but de déterminer des caractéristiques qui pourraient avoir des implications pour la diffusion d'épizooties.

Dans cet objectif, des sous-groupes d'établissements de grande taille fortement connectés entre eux, les « giant strong components » (GSC) ont été analysés. Ces GSCs représentent des vulnérabilités structurelles du réseau d'élevages français vis-à-vis d'un risque épidémique, de façon permanente et sur tout le territoire. Les conditions permettant d'éviter leur formation afin de diminuer la vulnérabilité du réseau ont été alors étudiées. L'analyse des flux passant par les marchands (centres de rassemblement et marchés) a montré qu'une action de maîtrise des flux ciblant à la fois les deux types d'établissements était nécessaire. Mais un ciblage sur des établissements selon leur « centralité » (positionnement) dans le réseau était plus pertinent et efficace en termes de nombre d'établissements à surveiller.

## Mots clés

Analyse de réseaux sociaux, mouvements de bovins, diffusion de maladie

## Abstract

**Vulnerability of animal trade networks to the spread of infectious diseases: a methodological approach applied to evaluation and emergency control strategies in cattle**  
*Animal movements form complex networks linking holdings and represent a major risk for the dissemination of infectious agents between farms. Using social network analysis methods, the network of cattle movements throughout France was studied to identify features that could have important implications for the spread of disease.*

*For that purpose, large cohesive sub-groups known as 'giant strong components' (GSC) were analysed; these sub-networks are a cause of permanent and nation-wide structural vulnerability in the French cattle trade regarding the risk of epidemics. Ways of preventing the creation of GSCs were studied, in order to reduce network vulnerability. An analysis of flow via dealers and markets showed that control measures were necessary in both situations. However, targeting holdings based on their centrality within circuits was found to be more relevant and more efficient in terms of the number of sites to be monitored.*

## Keywords

Social network analysis, cattle movement, disease spread

Les mouvements d'animaux représentent la principale voie de transmission de maladies contagieuses d'élevage à élevage. Les épizooties de fièvre aphteuse du Royaume-Uni en 2001 ou de peste porcine classique aux Pays-Bas en 2003 ont clairement confirmé le rôle des mouvements d'animaux dans la diffusion des maladies. Ces événements attirent non seulement l'attention sur un risque de diffusion de maladies à bas bruit lors d'échanges de routine mais soulignent également la vulnérabilité de cette organisation face à la diffusion de maladies.

Par ailleurs, le renforcement du processus de maîtrise de la traçabilité et d'identification des animaux (initié dans la filière bovine par la directive 92/102/CEE<sup>(1)</sup>) traduit par l'inventaire des établissements d'élevage et des animaux et par l'enregistrement des mouvements d'animaux entre ces exploitations permet désormais de fournir des informations riches sur lesquelles fonder des analyses. La France dispose, à ce titre, d'une base de données nationale d'identification, la BDNI.

La méthode d'analyse de réseaux sociaux (SNA pour « *social network analysis* ») peut être utilisée pour étudier le risque de diffusion de maladies dans des réseaux composés d'établissements d'élevages et de mouvements d'animaux. Cette méthode, à l'origine une application à la sociologie de la théorie mathématique des graphes, se centre sur les

relations et contacts entre acteurs pour pouvoir détecter et interpréter leurs rôles dans la structure. Un réseau est composé de nœuds qui sont les entités d'étude et de liens, relations que l'on étudie. L'analyse structurale des réseaux sociaux caractérise les réseaux en calculant des indicateurs pour les nœuds et leurs relations indiquant leur place et leur rôle dans le réseau [1]. Des applications sont désormais réalisées dans des domaines très variés de l'éthologie aux échanges Internet, aux connexions cellulaires ou métaboliques. En épidémiologie, cet outil d'analyse des réseaux sociaux est de plus en plus utilisé à commencer par la médecine humaine pour des maladies telles que le SIDA ou la tuberculose qui impliquent des contacts étroits entre personnes.

En médecine vétérinaire, la discipline est plus récente [2, 3] et a débuté notamment par l'étude des mouvements d'animaux. Ces échanges ont été analysés pour évaluer le potentiel de transmission d'une maladie infectieuse à travers un réseau de contacts ou pour évaluer l'impact de restriction de mouvements dans ces réseaux. Ces transferts d'animaux reliant les exploitations entre elles forment un réseau complexe à travers lequel les agents pathogènes se propagent utilisant les animaux en mouvement comme liens entre les entités. La diffusion de la maladie est par conséquent très dépendante de la structure du réseau et cette topologie peut mettre en évidence l'existence de groupes

(1) Directive 92/102/CEE du Conseil du 27 novembre 1992 concernant l'identification et l'enregistrement des animaux.

d'établissements particulièrement exposés à l'infection, définissant des entités vulnérables. À l'échelle d'un réseau, la vulnérabilité face à une maladie infectieuse représenterait les mouvements à travers ce réseau pouvant favoriser la diffusion de maladies. Il est alors intéressant d'étudier plus précisément l'organisation de ces échanges; le réseau d'élevage est-il par son organisation vulnérable face à la diffusion de maladies? Favorise-t-il cette diffusion?

Une description de l'organisation de la filière bovine et l'étude de sa structure par l'analyse de réseau ont pu être ainsi réalisées permettant de caractériser les relations entre établissements et d'analyser cette vulnérabilité structurale vis-à-vis de la diffusion de maladies en termes d'indicateurs « réseau » [4].

## Matériels et méthodes

### Création de réseaux

Les données sur les établissements français détenant des bovins et celles portant sur les flux de bovins ont été extraites de la base de données nationale de l'identification (BDNI) pour l'année 2005, année non perturbée par des restrictions de mouvements dues à la présence de fièvre catarrhale ovine sur le territoire. Chaque détenteur doit notifier chaque événement de la vie d'un bovin. Ainsi nous avons collecté trois jeux de données « détenteurs » avec l'ensemble de leurs notifications: les élevages, les centres de rassemblements et les marchés. L'ensemble de ces données (plus de 40 millions d'événements) ont permis de reconstituer et d'étudier les transferts de bovins entre établissements pour chacun des jours de l'année 2005.

En termes de réseau, chaque établissement (élevages, marchés et centres de rassemblement) a été assimilé à un « nœud » et les mouvements à des « liens » en tenant compte du sens des mouvements. Pour l'étude, un lien correspondait à au moins un échange entre deux exploitations réalisé au cours de la période étudiée. Les mouvements liés à l'importation ou à l'exportation d'animaux ont été exclus de l'étude ainsi que ceux vers les abattoirs qui représentent peu de risques dans la diffusion de maladies entre animaux. Le réseau a été étudié à différentes échelles de temps: annuelle, mensuelle et hebdomadaire.

### Analyse de réseaux d'échanges

La méthode d'analyse de réseaux sociaux a été appliquée classiquement par le calcul d'indicateurs de réseaux et de centralité pour les nœuds et par la détection de sous-groupes [1]. La description des principaux indicateurs utilisés dans cette étude est résumée dans le [Tableau 1](#). Les réseaux ont ensuite été comparés entre eux selon le pas de temps considéré (annuel/mensuel/hebdomadaire).

### Caractérisations des réseaux

Une présentation générale des réseaux construits a tout d'abord été établie par des mesures simples de nombre de nœuds et de liens et

par une distribution des nombres de liens par nœud (degrés). Cette distribution de degrés a permis de qualifier le réseau de « *scale-free* » et de déduire des particularités structurales du réseau et l'influence de certains nœuds.

Puis, nous nous sommes intéressés à l'existence de groupes d'établissements, en nombre conséquent, tous connectés entre eux, ce qui peut représenter une structure à risque face à la diffusion de maladie. Ces sous graphes étudiés étaient des composants fortement connectés (SC, pour « *strong component* »). À l'intérieur de ces groupes, chaque entité peut être accessible par chacun des autres établissements en suivant le sens des mouvements d'animaux. Pour chaque réseau construit, la recherche de ces sous-groupes a été faite et leur nombre ainsi que la taille des deux plus grands ont été calculés. Ainsi, il a pu être mis en évidence la présence de sous-groupes de grande taille se distinguant des autres et appelés « géants ». Ensuite, les composants géants fortement connectés (GSC, « *giant strong component* ») ont fait l'objet d'une étude plus détaillée.

### Études de sous-graphes fortement connectés: 'GSC'

L'étude structurale des GSCs a été réalisée avec des indicateurs classiques: nombre de nœuds et de liens, degré moyen (nombre moyen de liens par nœud) et nombre moyen de liens entre deux nœuds (en suivant les chemins le plus court) ([Tableau 1](#)). La répartition géographique de ces sous-graphes GSC a été étudiée. Ont été représentés les GSCs hebdomadaires et mensuels les plus petits et les plus grands.

Au sein du GSC annuel, des mesures de centralité courantes (degré, proximité, intermédialité) ont été calculées pour chaque type d'établissements [5, 6] ([Tableau 1](#)).

Puis, on s'est intéressé à l'identification des fragilités structurales des réseaux afin de modifier leurs caractéristiques [7]. Par leurs propriétés, les réseaux de type « *scale-free* » présentent une robustesse aux « attaques » dites aléatoires (ils conservent leur structure avec la majorité des liens). Par contre, une « attaque » ciblée notamment visant des nœuds fortement connectés, les « hubs », déstructure plus facilement ces réseaux, les fragmente et leur fait perdre leurs propriétés et activité [7]. Ces « attaques » ont été réalisées suivant des procédures de retrait de nœuds.

Quatre procédures consistant en des retraits de nœuds ciblés ont été testées (selon le type et les mesures de centralité des nœuds) pour déterminer la plus efficace permettant de ne pas voir se former un GSC. La disparition de GSC a été définie quand après les retraits de nœuds, la taille du plus grand SC était inférieure à un seuil prédéfini, ici 51. Cette taille correspondait au plus grand SC secondaire observé dans les réseaux entiers hebdomadaires (avant le retrait de nœuds).

Tout d'abord, tous les marchés ou tous les centres de rassemblements et enfin les deux opérateurs commerciaux ont été retirés des réseaux.

**Tableau 1.** Indicateurs d'analyse de réseau et interprétation en terme de diffusion de maladie

	Définitions	Implication en épidémiologie
Degré ('Degree')	Nombre de liens adjacents à un nœud	Nombre de mouvements d'entrée et de sortie. Elle reflète l'activité commerciale directe de l'exploitation. Un établissement a haute centralité (= 'hub') sera à la fois plus vulnérable mais aussi facilitera la diffusion de la maladie par une dispersion plus large
Distance moyenne ('The average path length')	Longueur du plus court chemin reliant deux nœuds; moyenne de ces plus courts chemins.	Informe de la distance (nombre de mouvements et d'exploitations intermédiaires) entre deux exploitations. Ces indicateurs sont en relation avec la vitesse de diffusion d'une maladie
Diamètre	Chemin le plus long	Informe de la distance (nombre de mouvements et d'exploitations intermédiaires) entre deux exploitations. Ces indicateurs sont en relation avec la vitesse de diffusion d'une maladie
Proximité ('Closeness')	Inverse de la somme des distances reliant deux nœuds	Permet de mesurer la capacité d'autonomie ou d'indépendance des acteurs
Intermédialité ('Betweenness')	Proportion de chemins (les plus courts) sur lequel se trouve le nœud étudié	Un établissement a haute intermédialité (= 'hub') sera à la fois plus vulnérable mais aussi facilitera la diffusion de la maladie car se situe à un carrefour au niveau commercial plutôt incontournable mais a aussi capacité de contrôler cette circulation
Composant fortement connecté ('Strong component') SC	Un SC est un sous-réseau pour lequel un chemin existe entre chaque paire de nœud où la direction des liens est prise en compte	Structure vulnérable face à la diffusion de maladie = sous groupe de nœuds très cohésifs Les SC sont étudiés comme prédateurs de la taille finale d'une épizootie

Après ces retraits de nœuds en masse, la présence de GSC a été recherchée (SC de taille supérieure à 51).

Puis, les nœuds à plus forte centralité (degré, proximité et intermédiarité) ont été éliminés un à un et l'émergence de GSC a été examinée jusqu'à l'obtention d'un SC de taille inférieure à 51. Les indicateurs de centralité ont été recalculés et les nœuds classés entre chaque éviction.

Les analyses ont été réalisées avec les logiciels suivants: Pajek, programme pour les analyses de réseaux de grande taille (v1.25, <http://pajek.imfm.si/doku.php?id=pajek>) et le package Igraph du logiciel R (v 0.5.2, <http://igraph.sourceforge.net>).

## Résultats

### Le réseau d'échanges bovins français

Un total de 265 298 établissements a été répertorié composé de 263 907 élevages, 1 315 centres de rassemblement et 76 marchés.

Sur les 27 millions de bovins différents présents pendant l'année 2005, 10 millions (36 %) s'étaient déplacés au moins une fois d'un établissement à un autre. La moitié de ceux-ci n'avait bougé qu'une seule fois, le nombre moyen de mouvements par animal étant de 1,8 (de 1 à 24). Ont été ainsi enregistrés 18 millions de mouvements individuels correspondant à environ 6 millions de mouvements de lots d'animaux. Plus de la moitié des mouvements individuels étaient des mouvements d'import/export ou vers l'abattoir (Tableau 2). Le reste, soit 5 028 522 mouvements individuels, correspondaient à des transferts entre élevages et/ou opérateurs commerciaux (marchés et centres). Dans 57 % des cas, les élevages avaient acheté leurs animaux via un opérateur et dans 75 % des cas les avaient vendus de la même façon. La distance médiane de transit pour un bovin était de 35 km (33 km si le transfert était direct d'élevage à élevage 80 km via un opérateur). Cette différence était significative (test de Wilcoxon,  $p < 0,001$ ).

**Tableau 2. Mouvements de bovins entre établissements, en milliers d'animaux en 2005**

Origines	Destinations			
	Élevages (% total des origines)	Centres (% total des origines)	Marchés (% total des origines)	Autres* (% total des origines)
Élevages	1 542 (14)	3 931 (34)	797 (7)	5 148 (45)
Centres	1 595 (30)	884 (16,5)	453 (8,5)	2 428 (45)
Marchés	429 (33,5)	508 (40)	NA (-)	341 (26,5)
Import	122 (55)	39 (17)	27 (12)	35 (16)
<b>Total des destinations</b>	<b>3 688 (20)</b>	<b>5 361 (29)</b>	<b>1 277 (7)</b>	<b>7 951 (44)</b>

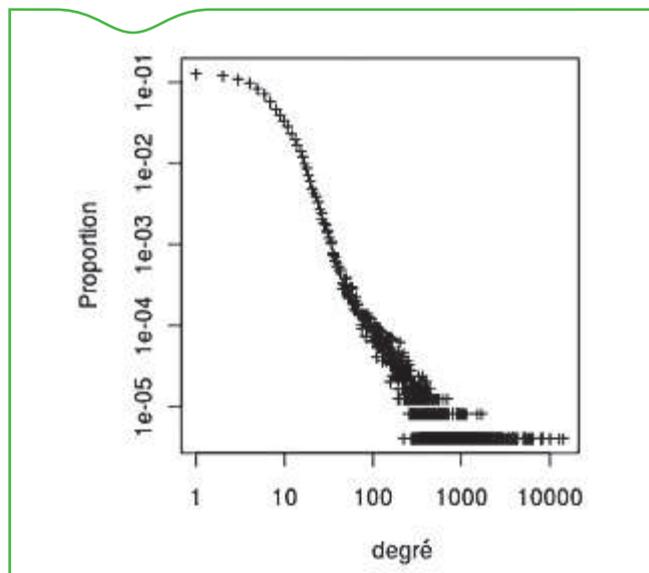
\* Autres: exports, abattoirs et équarissements.

### Analyse de réseaux d'échanges

#### Caractérisation des réseaux

Le réseau annuel étudié comportait 244 097 nœuds et 1 416 208 liens. La quasi-totalité des élevages bovins recensés (92 %) et la totalité des opérateurs commerciaux avaient effectué un échange dans l'année. Un réseau mensuel comportait en moyenne 126 613 nœuds (environ 50 % des nœuds et 15 % des liens du réseau annuel), un réseau hebdomadaire 20 % des nœuds et 4 % des liens du réseau annuel (Tableau 3). Ces opérateurs commerciaux étaient presque toujours présents dans les réseaux mensuels (85 % des centres et 92 % des marchés) et dans les réseaux hebdomadaires (76 % des centres et 86 % des marchés) alors que les élevages étaient proportionnellement moins impliqués (49 % pour les réseaux mensuels et 20 % pour les hebdomadaires).

La distribution des degrés des établissements (nombre de liens) avait une forme en « comète » caractéristique (Figure 1). Ce résultat suggère que la croissance du réseau d'échanges était conduite par un



**Figure 1. Distribution des degrés du réseau annuel de mouvements bovins en 2005**

attachement préférentiel des nœuds formant ainsi un réseau « scale-free » : quand un nœud est ajouté (ici, quand un établissement achète ou vend des animaux), il tend à se connecter à des nœuds fortement connectés (ici, un établissement a tendance à acheter ou vendre des animaux à des établissements qui achètent ou vendent beaucoup d'animaux). Une hiérarchie entre les nœuds apparaît; un petit nombre de nœuds très connectés dénommés « échangeurs » ou « hubs », puis un nombre de plus en plus important de nœuds moyennement ou peu connectés. Ces derniers forment des sous-réseaux passant en général par les « hubs » pour communiquer avec d'autres sous-réseaux. Les « hubs » sont des nœuds jouant des rôles centraux (fortes mesures de centralité) dans la connectivité.

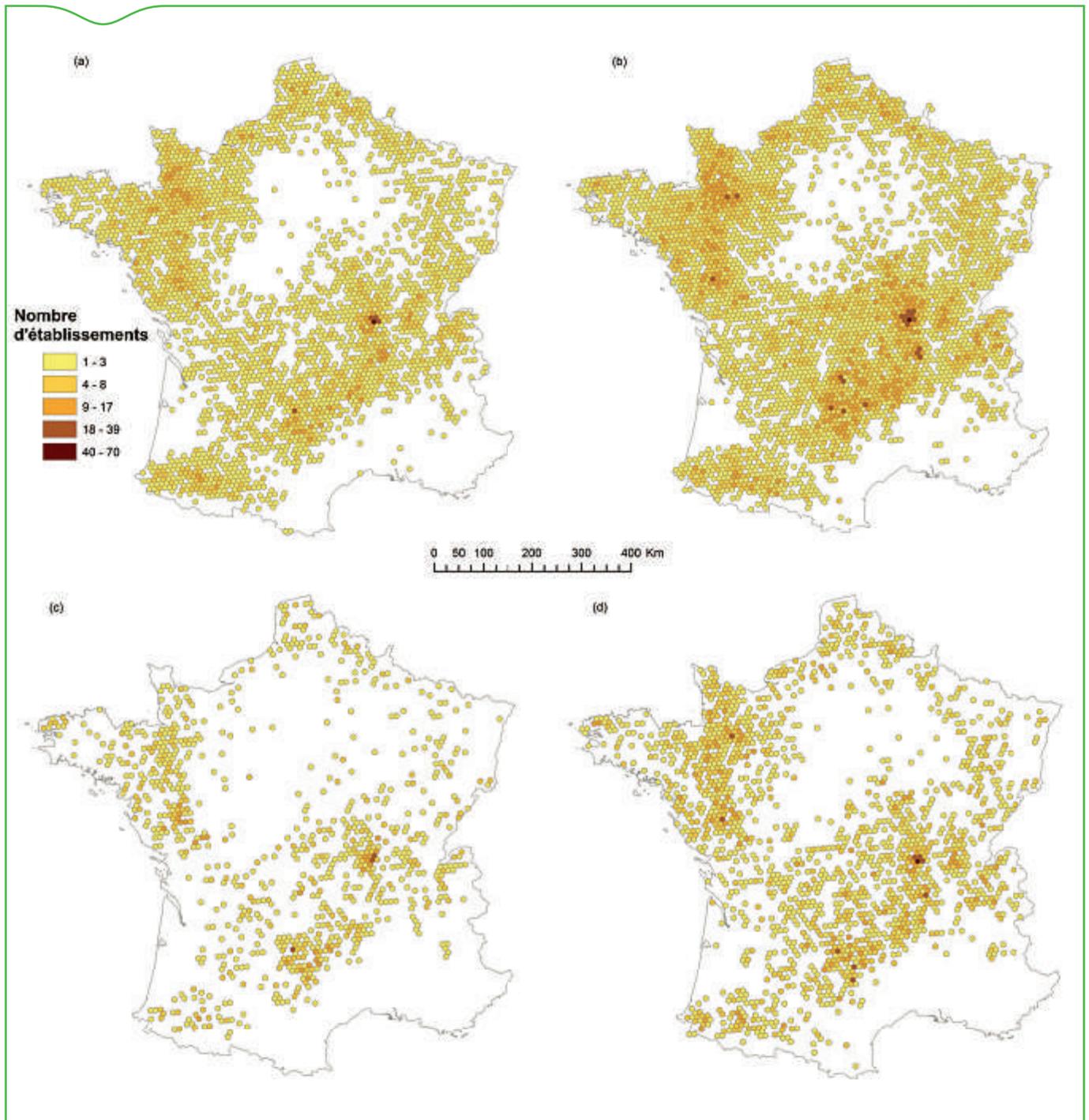
De larges SC que l'on a pu considérer comme des géants ont été détectés; leurs tailles en moyenne de 10 277 établissements pour les réseaux mensuels et de 2 115 pour les hebdomadaires étaient toujours nettement supérieures ( $>10^3$  plus grand) à celle des autres SC respectivement en moyenne de sept et neuf établissements (bornes de 4 à 51).

#### Étude des GSCs

Des GSCs ont été observés pour les différents pas de temps d'étude et le détail de leurs caractéristiques est décrit dans le Tableau 3. Quel que soit le réseau étudié, deux établissements étaient en moyenne séparés par approximativement cinq mouvements d'animaux et donc quatre établissements. La plus longue distance (i.e. le diamètre) variait de 14 liens (réseaux hebdomadaires) à 20 liens (réseau annuel).

Des fluctuations saisonnières des flux dans les tailles des GSCs ont été observées; le GSC mensuel de novembre était composé de 12 652 nœuds au total alors que celui du mois de juillet de 7 254 nœuds. La semaine 47 (semaine du mois de novembre) impliquait le plus grand nombre d'établissements (2 657) et la semaine 33 (semaine du mois de juillet) le moins (1 200 nœuds). La répartition géographique des GSCs montrait qu'ils étaient systématiquement largement répartis sur l'ensemble du territoire et couvraient les principales zones d'élevage (Figure 2).

Par ailleurs, les marchés et les centres se distinguaient par des mesures de centralité plus élevées que les élevages (Figure 3). De ce fait, ces établissements correspondaient aux hubs d'un réseau « scale-free ». Leur implication était importante car parmi les 932 établissements se retrouvant systématiquement dans les GSCs mensuels, 610 étaient des opérateurs (soit 65 % des établissements). Pour les GSCs hebdomadaires, 43 établissements étaient présents systématiquement dont 42 marchands.



**Figure 2.** Répartition géographique des établissements d'élevage détenant des bovins et participant à des GSCs en 2005. (a) le mois de juillet (7 254 établissements); (b) le mois de novembre (12 652 établissements); (c) la semaine 33 (1 200 établissements); (d) la semaine 47 (2 657 établissements)

La présence de ces sous-graphes de typologie « *scale-free* » a finalement conduit à une étude de déstructuration de ces sous-réseaux.

Le fait d'enlever les opérateurs commerciaux sur le réseau d'échange bovin annuel n'a pas permis l'émergence d'un GSC de petite taille (taille du GSC obtenu: 41 588 nœuds). Par contre, cette procédure a été efficace pour les réseaux mensuels et hebdomadaires (Tableau 4). En effet, suite à la suppression de tous les opérateurs, aucun GSC de taille supérieure à 51 nœuds n'a été détecté, ce qui n'était pas le cas si seulement un des deux types d'opérateurs était maintenu.

Cette même procédure de retrait de nœuds a été menée selon les valeurs de mesures de centralité et a permis de limiter l'apparition de GSCs en évinçant, pour la procédure la plus satisfaisante, en moyenne 299 établissements pour les réseaux mensuels et 82 pour les réseaux hebdomadaires (Tableau 4). Cela représentait moins de 1 %

de la population impliquée dans la période d'étude. Cette procédure basée sur les mesures de centralité a permis de réduire le nombre d'établissements à cibler par rapport à la procédure impliquant le retrait de la totalité des opérateurs. Cependant, ces derniers étaient largement représentés; de 35 à 56 % des marchés et de 6 à 23 % des centres.

## Discussion

Les établissements hébergeant des bovins (élevages, centres et marchés) formaient ainsi les points ou sommets du réseau d'élevages bovins français. Face à la diffusion de maladies infectieuses, ce réseau d'établissements reliés par les mouvements d'animaux montrait une vulnérabilité constante et largement répartie sur tout le territoire.

**Tableau 3.** Description des réseaux d'échanges bovins de 2005 (annuel, mensuels et hebdomadaires)

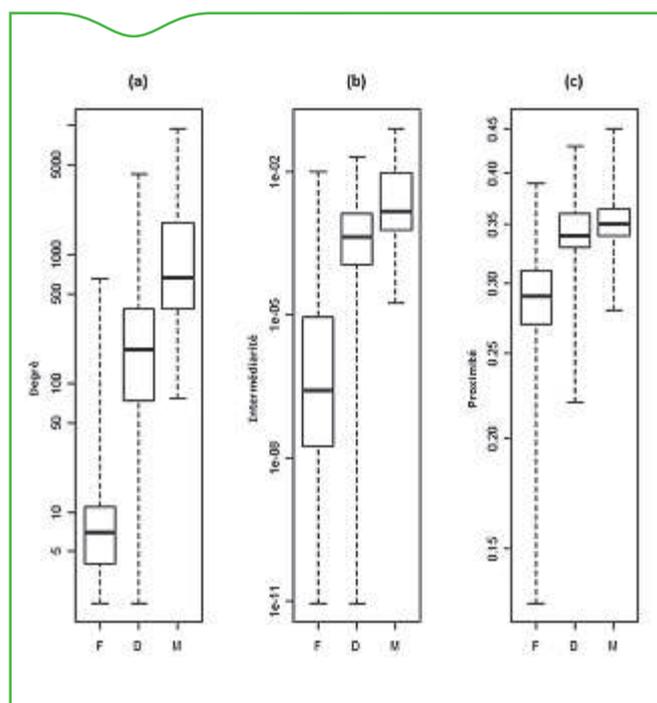
	Réseau annuel	Réseaux mensuels	Réseaux hebdomadaires
		Données moyennes [minimum-maximum]	Données moyennes [minimum-maximum]
<b>Taille totale</b>	<b>244 097</b>	<b>126 613 [106 141-139 650]</b>	<b>49 246 [33 848-59 675]</b>
Élevages	242 706	125 427 [104 976-138 473]	48 179 [32 920-58 605]
Centres	1 315	1 115 [1 091-1 145]	1 001 [865-1 042]
Marchés	76	71 [67-75]	66 [57-73]
<b>Liens</b>	<b>1 416 208</b>	<b>212 497 [168 423-245 560]</b>	<b>59 933 [35 984-73 401]</b>
<b>SC*</b>			
Nombre	1 259	362 [268-477]	125 [86-178]
Le plus grand (%)	108 904 (45 %)	10 277 (8,1 %) [7 254 (6,8%) - 12 652 (9,2 %)]	2 115 (4,3 %) [885 (2,6 %) - 2 657(4,8%)]
2 <sup>e</sup> plus grand	9	7 [5-14]	9 [4-51]
<b>Détail GSC*</b>			
<b>Taille</b>	<b>108 904</b>	<b>10 277 [7 254-12 652]</b>	<b>2 115 [885-2 657]</b>
Élevages	107 539	9 245 [6 277-11 622]	1 430 [524-1 885]
Centres	1 289	964 [908-1 008]	633 [320-714]
Marchés	76	69 [65-73]	52 [39-60]
<b>Liens</b>	<b>804 331</b>	<b>39 592 [29 726-47 581]</b>	<b>7 417 [2 655-9 485]</b>
<b>Indicateurs de réseau</b>			
Degré moyen	11,6	3,35 [3,17-3,55]	2,43 [2,13-2,52]
Distance la plus courte	4,44	4,74 [4,6-4,82]	5,07 [4,84-6,24]
Diamètre	20	16 [13-20]	14 [12-19]

\* SC = Strong component, GSC = Giant strong component.

L'analyse de réseau (SNA) offre un large panel d'outils pour étudier les réseaux d'élevages. Notre choix s'est porté avant tout sur l'étude de structures à risque simples, des sous-groupes d'établissements fortement connectés, les GSCs. La cohésion des établissements dans ces sous-groupes permet d'approcher un risque de vulnérabilité de diffusion de maladie. La prise en compte du sens des mouvements dans les GSCs précise le risque même si leur chronologie n'est pas

conservée mais seulement approchée par un découpage en mois et en semaine. Mais ces différentes échelles de temps ont permis d'étudier cette vulnérabilité face à différents types de maladies (différentes selon leur vitesse de diffusion).

L'étude a permis de qualifier le réseau de mouvements de bovins français de réseau « *scale-free* » et d'identifier l'influence de certains nœuds dans le réseau. De nombreux réseaux réels sont des réseaux « *scale-free* ». Cette topologie est assez commune et a été déjà décrite pour les mouvements de bovins dans d'autres pays d'Europe; par exemple, au Royaume-Uni [8], en Italie [9], au Danemark [10] et en Suède [11].



**Figure 3.** Mesures de centralité des établissements du réseau d'échanges bovin: (a) degré, (b) intermédiarité, (c) proximité. Mesures de centralité pour les élevages (F), les centres de rassemblement (D) et les marchés (M)

**Tableau 4.** Nombre d'établissements retirés pour obtenir la disparition des GSC dans les différents réseaux d'échanges bovins, 2005

Procédures de retrait de nœuds/établissements				
	Échelle de temps	Nombre de nœuds retirés (%*)		
		Élevages	Centres	Marchés
Selon le type d'établissements	Mensuel	-	964 (86 %)	69 (97 %)
	Hebdomadaire	-	633 (63 %)	52 (79 %)
Selon la centralité de degré 'Degree'	Annuel	2 322 (1,0 %)	1 113(85 %)	75 (100 %)
	Mensuel	3	351 (31 %)	48 (68 %)
	Hebdomadaire	-	83 (8 %)	29 (44 %)
Selon la centralité de proximité 'Closeness'	Annuel	2 805 (1,1 %)	1 073 (82 %)	75 (100 %)
	Mensuel	55	295 (26 %)	46 (65 %)
	Hebdomadaire	10	79 (8 %)	24 (36 %)
Selon la centralité d'intermédiarité 'Betweenness'	Annuel	1 766 (0,7 %)	1 035 (79 %)	75 (100 %)
	Mensuel	8	251 (23 %)	40 (56 %)
	Hebdomadaire	1	59 (6 %)	23 (35 %)

\* Pourcentage par catégorie ou global de nœuds évincés du réseau (moyennes pour les réseaux mensuels et hebdomadaires).

Par ailleurs, les opérateurs commerciaux se sont distingués par leurs fortes valeurs de centralité; les centres et les marchés avaient une place centrale dans le réseau de mouvements de bovins en France. Leur rôle dans les réseaux de mouvements d'animaux est bien incontestablement celui de « hubs » ou d'intermédiaires incontournables dans de nombreux flux [12]. Il était alors intéressant d'agir en partie sur ces établissements par une action (ou « attaque ») ciblée pour limiter la vulnérabilité du réseau. Cette étude a permis de démontrer qu'une action générale sur l'ensemble des centres et des marchés était nécessaire pour désorganiser le réseau et contrôler sa vulnérabilité. Cette application systématique de mesures de lutte ou de prévention apparaît toutefois difficilement réalisable et, sur du long terme, entrave lourdement le commerce.

Par contre, la suite de l'étude a permis de préciser ces actions en sélectionnant les nœuds selon leurs mesures de centralité au sein du réseau. Une pression de surveillance ou une limitation de mouvements temporaire sur un plus faible nombre d'établissements par rapport à un ciblage par catégorie d'activité peut suffire à déconnecter le réseau et donc à limiter un risque de large diffusion de maladies.

Bien sûr, pour cela, il faut une action rapide puisque ces indicateurs se placent dans un réseau donné et que tout événement notable (mesures de prévention ou lutte) survenant par la suite recrée un nouveau réseau; des établissements sont isolés, fermés, les réseaux commerciaux cessent leur activité ou se réorganisent.

## Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence une vulnérabilité constante du réseau d'échanges bovins *via* l'existence des GSCs, structures à risque facilitant la diffusion de maladies. Limiter leur importance permet de diminuer un risque de large diffusion par le biais de mouvements d'animaux. Pour cela, l'étude a suggéré de cibler les mesures de lutte et de prévention sur un faible nombre d'établissements grâce à des indicateurs empruntés à la méthode d'analyse de réseaux sociaux (SNA). Une partie des marchands (centres et marchés) par leur fonctionnement de rassemblement et de redistribution d'animaux ont été naturellement visés. Ce ciblage permet de proposer une stratégie optimale pour le déploiement des ressources sans entraver trop lourdement les flux commerciaux.

## Références bibliographiques

- [1] Wasserman S. F., K. (1994) *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge: 825 pp.
- [2] Dube C., Ribble C., Kelton D., McNab B. (2009) A review of network analysis terminology and its application to foot-and-mouth disease modelling and policy development. *Transbound Emerg Dis*, 56(3): 73-85.
- [3] Martinez-Lopez B., Perez A. M., Sanchez-Vizcaino J. M. (2009) Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. *Transbound Emerg Dis*, 56(4): 109-120.
- [4] Rautureau S., Dufour B., Durand B. (2011) Vulnerability of Animal Trade Networks to The Spread of Infectious Diseases: A Methodological Approach Applied to Evaluation and Emergency Control Strategies in Cattle, France, 2005. *Transbound Emerg Dis*, 58(2): 110-120.
- [5] Sabidussi G. (1966) The centrality of a graph. *Psychometrika*, 31(4): 581-603.
- [6] Freeman L. C. (1978/1979) Centrality in social networks, conceptual clarification. *Soc. Networks*, 1: 215-239.
- [7] Albert R., Jeong H., Barabasi A. L. (2000) Error and attack tolerance of complex networks. *Nature*, 406(6794): 378-382.
- [8] Christley R. M., Robinson S.E., Lysons, R., French, N. (2005) Network analysis of cattle movement in Great Britain. *Proc. Soc. Vet. Epidemiol. Prev. Med*: 234-243.
- [9] Natale F., Giovannini A., Savini L., Palma D., Possenti L., Fiore G., Calistri P. (2009) Network analysis of Italian cattle trade patterns and evaluation of risks for potential disease spread. *Prev Vet Med*, 92(4): 341-350.
- [10] Bigras-Poulin M., Thompson R. A., Chriel M., Mortensen S., Greiner M. (2006) Network analysis of Danish cattle industry trade patterns as an evaluation of risk potential for disease spread. *Prev Vet Med*, 76(1-2): 11-39.
- [11] Nöremark M., Hakansson N., Lewerin S. S., Lindberg A., Jonsson A. (2011) Network analysis of cattle and pig movements in Sweden: measures relevant for disease control and risk based surveillance. *Prev Vet Med*, 99(2-4): 78-90.
- [12] Robinson S. E., Christley R. M. (2007) Exploring the role of auction markets in cattle movements within Great Britain. *Prev Vet Med*, 81(1-3): 21-37.

Le *Bulletin épidémiologique, santé animale et alimentation* est désormais consultable sur Internet.

Recherchez un article  
du *Bulletin épidémiologique* sur:  
[www.anses.fr/bulletin-epidemiologique/index.htm](http://www.anses.fr/bulletin-epidemiologique/index.htm)

Rechercher un article				
Où chercher, vous pouvez rechercher un article par mots, auteurs et mots du titre. Vous pouvez effectuer un fil sur les différentes colonnes afin d'afficher les articles par date de parution, par exemple.				
Toutes les colonnes				
Affichage par défaut				
Lignes 1-13 sur 263				
N° titre de l'article	N° Bulletin	Date	Auteurs	Mots-clés / Mots-clés
Mise en évidence de sargiler vis-à-vis de la transmission de la maladie d'Alzheimer, de la maladie de l'Alzheimer 2 et des virus à l'échelle globale en France	BSE- Article 1	10/11	Alexis Puyat, Sophie Roux, Sandrine A. Lézou, Isabelle Vialat, Bruno Gato Buzati, Sabine Schan, Séverine Héran, Nicolas Péro, Céline Rouchoux, Charlotte Durand, Arno Bouver, Jean Hays	Sargiler, Trichinella, maladie d'Alzheimer, bovine spongiforme, virus à l'échelle globale, maladie d'Alzheimer
Bovins - Deux cas humains de maladie de sargiler liés à la consommation de sargiler de France	BCE- Article 1	10/11	Nikola Vukob, Sandrine Lézou, Pascal Bérard	Trichinella, sargiler, zoonose
Grive - Second cas humain vis-à-vis de la larve du sargiler Alaria sp. en France	BCE- Article 2	10/11	Isabelle Vialat, Sandrine Lézou, Pascal Bérard	Alaria sp., sargiler, amargine
Grive - Une infection alimentaire collective à Salmonella Enteritidis suite à la consommation de viande de sargiler	BSE- Article 5	10/11	Françoise Rogier, Pierre Bérard, Thomas L. Hays, Anne-Lise The, Odette Rey, Sandrine Héran, Annabelle Thé, Françoise Mary, Françoise Kater, Valérie Hély, Anne-Lise The	Salmonella, infection alimentaire collective (CAC), Salmonella Enteritidis, sargiler
Graves - Rapport de l'Union européenne sur les tendances et les sources des zoonoses et des maladies infectieuses en 2008	BSE- Article 7	10/11		Zoonoses, Union européenne, maladies infectieuses

# Analyse d'un échantillon de **Visites sanitaires bovines 2008-2009**. Enseignements et perspectives

Géraldine Cazeau (1)\*, Carole Sala (1)\*, Alexandre Fediaevsky (2), Anne Touratier (3), Gérard Bosquet (4), Pascal Holleville (5), Didier Calavas (1) (didier.calavas@anses.fr)

(1) Anses, Laboratoire de Lyon

(2) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris

(3) GDS France, Paris

(4) Société nationale des groupements techniques vétérinaires, Paris

(5) GDS de Loire-Atlantique, Nantes

\* Ces deux auteurs ont contribué de manière équivalente à l'analyse des données.

## Résumé

Un échantillon de 15 000 questionnaires de Visites sanitaires bovines (VSB) réalisées en 2008-2009 a été analysé pour fournir des informations sur la manière dont les vétérinaires mènent ces visites et sur les points pouvant faire l'objet d'action de sensibilisation auprès des éleveurs en terme de maîtrise des risques sanitaires. L'analyse permet de mettre en évidence des axes d'amélioration en matière de conception et réalisation des visites et en ce qui concerne les mesures en élevage : équipements et locaux, gestion de la pharmacie et tenue des documents sanitaires. La typologie des élevages au regard des réponses permet d'identifier les groupes d'élevages vers lesquels porter les actions.

## Mots clés

Visite sanitaire bovine, épidémiologie, surveillance

## Abstract

**Analysis of a sample of health visits of cattle farms in 2008-2009. Lessons and outlook.**

A sample of 15,000 questionnaires concerning health visits of cattle farms carried out in 2008-2009 was analysed to determine the way in which veterinarians organise these visits and possible ways of raising awareness among farmers concerning health risk control. The analysis revealed ways of improving the inspection protocol and procedure and also stock-keeping practices: equipment and housing, the management of veterinary pharmaceuticals and the completion of health documents. Responses showed which categories of clusters of farms would best benefit from such actions.

## Keywords

Health visits, cattle, epidemiological surveillance

Institué en 2005, le dispositif des Visites sanitaires bovines (VSB) a évolué en 2007<sup>(1)</sup> pour s'élargir à différents domaines de la santé publique vétérinaire en même temps que le rythme devenait bisannuel (Encadré 1).

Les objectifs de l'analyse d'un échantillon de VSB réalisées dans l'ensemble des exploitations bovines entre 2008 et 2009 étaient multiples :

- déterminer comment les outils fournis pour effectuer la VSB (questionnaire et grille d'analyse) sont utilisés par les vétérinaires pour faire l'évaluation globale des six rubriques principales ;
- dresser un état « sanitaire » du cheptel bovin à partir des éléments du questionnaire, en faisant notamment ressortir les points majeurs de maîtrise des risques en santé publique vétérinaire ;
- identifier au sein des différentes rubriques les points pouvant faire l'objet d'actions de sensibilisation prioritaires auprès des éleveurs.

Cette étude<sup>(3)</sup> vient compléter une première analyse des 132 597 VSB réalisées en France métropolitaine entre le 1<sup>er</sup> janvier 2008 et le 31 octobre 2009 à partir des données saisies par les vétérinaires dans le système d'information de la DGAL (SIGAL) par la télé-procédure mise en place au printemps 2008. Cette première analyse avait porté sur les données disponibles au plan national, c'est-à-dire les réponses synthétiques aux six rubriques du questionnaire et la synthèse générale de la visite [1].

## Réalisation de l'étude

L'étude prévoyait d'analyser la totalité des VSB réalisées en France métropolitaine en 2008-2009 pour lesquelles la conclusion était « non satisfaisante (NS) », ainsi qu'un échantillon aléatoire dans chaque département de 10 % des VSB dont la conclusion était « satisfaisante

### Encadré 1. Contenu de la Visite sanitaire bovine 2008-2009

La moitié des exploitations bovines ont fait l'objet d'une VSB en 2008, l'autre moitié en 2009. Le questionnaire renseigné à l'occasion de cette visite comporte six rubriques : protection sanitaire de l'élevage, gestion des locaux et des équipements, gestion sanitaire des animaux, gestion de la pharmacie vétérinaire, hygiène de la traite et tenue des documents sanitaires de l'élevage. Les réponses à chaque rubrique sont consignées par le vétérinaire sanitaire de l'élevage, en utilisant une grille d'évaluation fournie par la DGAL<sup>(2)</sup>. L'évaluation conduit à attribuer par rubrique une des trois mentions suivantes : « satisfaisante », « à améliorer » ou « non satisfaisante ». Une évaluation globale est attribuée en fonction des résultats des différentes rubriques et de l'appréciation générale du vétérinaire.

(S) » ou « à améliorer (A) ». Le tirage aléatoire a été réalisé par l'Anses à partir de la liste des visites réalisées fournie par la DGAL. Une liste de 21 880 visites a été envoyée aux Directions départementales en charge de la protection des populations (DDecPP), leur demandant de collecter les questionnaires correspondants auprès des vétérinaires qui avaient réalisé les visites.

Au total, 16 192 questionnaires ont été retournés, soit un taux de retour global de 74 %, avec des différences importantes entre les départements. L'échantillon reçu représentait 8 % des VSB réalisées en 2008-2009. Après déclaration de l'étude à la CNIL et anonymation des documents, les données ont été saisies dans une base de données et ont fait l'objet d'une analyse statistique (Encadré 2).

Les questionnaires pour lesquels une rubrique entière était non renseignée ont été exclus, considérant qu'il s'agissait d'un problème de transmission des questionnaires. Au final, 14 590 questionnaires ont été analysés, soit 66,7 % de l'échantillon défini initialement.

(1) Arrêté du 28 décembre 2007 constituant un réseau de surveillance et de prévention des risques sanitaires dans la filière bovine dénommé « réseau national des visites sanitaires bovines » ; [http://www.legifrance.gouv.fr/jo\\_pdf.do?cidTexte=JORFTEXT000017843231](http://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?cidTexte=JORFTEXT000017843231)

(2) <http://agriculture.gouv.fr/sections/thematiques/sante-protection-animaux/animaux-d-elevage/visite-sanitaire-bovine>

(3) Cette étude s'inscrit dans le cadre de la convention DGAL-Anses L 118-A relative à l'analyse des visites sanitaires réalisées en France métropolitaine en 2008 et 2009. Sa réalisation a été suivie par un groupe de travail composé des auteurs de cet article.

## Encadré 2. Analyse statistique des questionnaires

Après saisie de l'ensemble des questionnaires reçus dans une base de données, chaque question a fait l'objet d'une description statistique, ainsi que les commentaires de chaque rubrique. Une analyse statistique multivariée (analyse des correspondances multiples (ACM) et classification ascendante hiérarchique (CAH)) a ensuite été réalisée pour chacune des rubriques du questionnaire pour comprendre les relations entre les réponses à chaque question et analyser comment les vétérinaires avaient renseigné le questionnaire. Dans un troisième temps, une analyse statistique multivariée de l'ensemble des questions a permis de dégager la structure générale des réponses et d'identifier des groupes d'élevages en fonction de l'ensemble des réponses. Pour cette dernière analyse, la taille des élevages (estimée par le nombre de bovins de deux ans et plus présents sur l'année entière en 2008 ou 2009 (nombre de bovin-années divisé par 365)) a été « projetée » sur l'analyse (c'est-à-dire que cette variable n'intervient pas dans l'analyse) afin de voir s'il y avait un lien entre la typologie des réponses et la taille des exploitations.

Les taux de retour des questionnaires complets et analysés à conclusion A ou S (66,9 %) et de ceux à conclusion NS (61,2 %) n'étaient pas significativement différents (Khi-deux,  $p = 0,16$ ), n'introduisant pas de biais dans l'analyse, qui a cependant été pondérée en fonction des taux de sondage dans les différentes catégories d'élevages.

## Analyse de l'utilisation des outils de la VSB par les vétérinaires

L'utilisation des outils de la VSB a été estimée à partir d'indicateurs : niveau de non réponse aux questions, cohérence entre réponses aux rubriques et synthèse générale, présence de commentaires et cohérence entre les réponses à certaines questions.

Les taux de non réponse sont variables en fonction des questions mais sont en général faibles (moins de 3 %). Ils peuvent être assez importants dans certains cas. C'est le cas pour l'évaluation de la rubrique gestion sanitaire des animaux qui présente un taux de modalité « non renseigné » anormalement élevé (16,5 %) sans doute en raison de l'ergonomie du questionnaire. On peut penser qu'il peut s'agir d'un oubli, car cette question arrive à la fin d'une série de questions assez longue : dix questions fermées, un tableau pour les motifs de réforme, un tableau de mortalité par classe d'âge, un tableau sur les maladies de l'élevage et enfin un tableau sur les traitements préventifs. On note également que les tableaux de cette rubrique sont moyennement bien renseignés, peut-être parce qu'ils sont redondants avec certaines questions du Bilan sanitaire d'élevage<sup>(4)</sup>.

La cohérence de report des évaluations de chaque rubrique en fin de questionnaire est globalement très bonne (de 94,3 à 98,5 % selon les rubriques). Dans les autres cas, les notes reportées sont dans certains cas plus favorables (par ex. gestion sanitaire des animaux), dans d'autres plus défavorables (par ex. tenue des documents sanitaires de l'élevage). On constate le même type de différence entre la note de synthèse « théorique » (c'est-à-dire celle que l'on obtient en appliquant l'algorithme prévu dans la note de service) et la note de synthèse attribuée par les vétérinaires. Ces deux notes sont cohérentes dans 93 % des cas et pour les cas restants, la note de synthèse est quasiment toujours (97 % des cas) moins bonne que la note théorique. Il apparaît ainsi que les vétérinaires semblent moduler volontairement les notes reportées, ce qui relève de l'expertise qui leur est demandée, et qui interroge de ce fait sur l'intérêt de l'algorithme de classification.

De même la cohérence entre la conclusion du questionnaire et celle saisie dans SIGAL est très élevée (98,1 %). Cependant, un certain nombre de vétérinaires ne reportent pas systématiquement les évaluations en fin de questionnaire ou ne renseignent que la page de

conclusion sans avoir renseigné le questionnaire. Cela pose dans ce cas la question de la réalisation de la visite selon le protocole prévu.

Dans le guide d'évaluation, il était demandé de rédiger des conseils pour chaque rubrique « non satisfaisante ». Cette consigne semble avoir été correctement respectée, puisque la présence de commentaires était plus fréquente lorsque l'évaluation était « à améliorer » ou « non satisfaisante » (de 33 % à 85 %) que lorsque celle-ci était « satisfaisante » (de 16 % à 37 %). Lorsque l'évaluation était à améliorer, la présence de commentaires était plus fréquente pour les rubriques « protection de l'élevage » et « gestion de la pharmacie » (plus de 80 % de commentaires) par rapport aux autres rubriques (de 58 % à 62 %). Lorsque l'évaluation était « non satisfaisante » la présence de commentaires variait de 33 % (rubrique « hygiène de la traite ») à 80 % (rubrique « gestion de la pharmacie »).

La cohérence entre les réponses à certaines questions permet de tirer des enseignements. Ceci est illustré par la cohérence entre l'existence de centres de rassemblement<sup>(5)</sup> ou d'ateliers dérogoitaires<sup>(6)</sup> sur le site d'exploitation et les moyens mis en œuvre pour l'isolement. Respectivement 3,6 % et 4,3 % des questionnaires signalent l'existence de centres de rassemblement et d'ateliers dérogoitaires alors que la proportion de centres de rassemblement est beaucoup plus faible. Ces chiffres traduisent probablement une confusion entre ces deux types de situations et interrogent donc notamment sur la compréhension de ces différentes activités. Par ailleurs, on observe que pour respectivement 30 et 51,3 % des centres de rassemblement et des ateliers dérogoitaires signalés, la séparation des bovins de l'exploitation avec ceux du centre de rassemblement ou de l'atelier dérogoitaire était notée sans objet. Il serait donc nécessaire de clarifier et de mettre en exergue les définitions correspondantes.

## Analyse de la maîtrise des risques sanitaires et identification d'actions de sensibilisation prioritaires

Le nombre de situations non satisfaisantes est très faible (globalement 0,5 %) et par rubrique (de 0,1 à 1,7 %), identifiant vraisemblablement des dysfonctionnements majeurs. La VSB permet également, selon les rubriques, d'identifier entre 5 et 20 % environ d'élevages dont la situation est à améliorer.

Les trois rubriques ayant une évaluation avec un taux de modalité à améliorer de plus de 10 % sont :

- les locaux et équipements : la notion d'isolement ou de local de quarantaine est relative. Un emplacement permettant une séparation dans l'espace entre l'animal et le reste du troupeau peut être suffisant dans les cas où il n'y a pas de risque apparent de contagiosité. Toutefois, on constate qu'il n'était pas possible d'isoler des animaux malades dans 19 % des exploitations et que les locaux de quarantaine faisaient défaut dans 13 % des élevages. Les élevages disposant d'une quarantaine isolaient généralement les animaux malades. Il s'agit probablement du même local qui fait office de quarantaine et de zone d'isolement. On note que les équipements pour le stockage des cadavres (aire bétonnée) faisaient défaut dans plus de la moitié des élevages ;
- la gestion de la pharmacie : la gestion des déchets de soins était satisfaisante dans deux tiers des élevages, ce qui peut être considéré comme relativement satisfaisant ; il y a néanmoins une marge d'amélioration possible pour le tiers des élevages restants ;
- la tenue des documents : un peu de plus de 3 % des exploitations ne disposaient pas de registre d'élevage, document pourtant obligatoire depuis plus de dix ans. Mais le principal problème était l'enregistrement des soins effectués par le vétérinaire ou l'éleveur, qui était à améliorer dans plus de 15 % des élevages.

(4) Arrêté du 24 avril 2007 relatif à la surveillance sanitaire et aux soins régulièrement confiés au vétérinaire pris en application de l'article L. 5143-2 du code de la santé publique.

(5) Centre agréé pour les échanges communautaires ou exploitation enregistrée par l'EDE pour une activité de négoce.

(6) Élevage ayant un atelier d'engraissement séparé de l'atelier naisseur et bénéficiant pour cet atelier de dérogations en matière de prophylaxies réglementées.

Des actions d'information et de sensibilisation pourraient être menées sur ces trois points.

La réalisation d'une typologie des réponses à partir de toutes les questions de la VSB (ACM et CAH, **Encadré 2**), permet d'identifier trois grands groupes d'élevages :

- un groupe très majoritaire (73,2 % des élevages) qui présente globalement et par rubrique une situation satisfaisante et des risques sanitaires faibles ; on retrouve majoritairement les plus gros élevages dans ce groupe (plus de 50 animaux de deux ans et plus) ;
- un deuxième groupe (21,3 % des élevages) dont la situation est « à améliorer » voire « non satisfaisante » et les évaluations des rubriques essentiellement à améliorer (élevages qui n'effectuent pas les isolements réglementaires (vêlage, isolement des malades et quarantaine), qui doivent améliorer la gestion des risques (modérés) d'introduction d'agents pathogènes, de la pharmacie vétérinaire et de la documentation sanitaire) ; on retrouve majoritairement dans ce groupe les petits/moyens élevages (de 20 à 49 animaux de deux ans et plus) ;
- un petit groupe (5,5 %) d'élevages à conclusion « non satisfaisante » ou « à améliorer ». Ces élevages n'enregistrent pas les soins, présentent un écart dans l'application de la réglementation concernant la pharmacie vétérinaire, n'effectuent pas les isolements réglementaires (vêlage, malades et quarantaine) ; ces élevages doivent par ailleurs améliorer l'état sanitaire des animaux et les soins apportés aux animaux ; ce sont plutôt de très petits élevages (moins de 10 animaux de deux ans et plus).

Cette typologie permet d'éclairer l'analyse des résultats de la VSB. L'association statistique entre une partie des réponses « non satisfaisante » ou « à améliorer » et la taille des ateliers bovins suggère une difficulté des petits élevages à respecter l'ensemble des prescriptions réglementaires évaluées. Cela peut provenir de l'investissement que peuvent représenter des aménagements structurels, tels que l'aire de stockage des cadavres, en comparaison aux bénéfiques issus des petits ateliers bovins, mais également d'autres facteurs non pris en compte par la VSB dans sa forme actuelle.

## Perspectives d'évolution de la VSB

L'évolution de la VSB passe par une réflexion approfondie sur les objectifs assignés à cette visite et la mise en adéquation de son contenu avec ces objectifs. On peut identifier trois grands types d'objectifs dans la visite actuelle : contrôle, conseil, enquête.

En matière de contrôle, la remontée des données de synthèse de la VSB via SIGAL semble être de nature à permettre d'identifier les élevages « à problème » dans lesquels la maîtrise des risques sanitaires, les soins portés aux animaux, etc. sont notoirement insuffisants, et donc orienter les actions des différents acteurs auprès de ces élevages.

En matière de conseil, on a pu constater par le passé qu'il y a eu une augmentation notable des déclarations d'avortements, et également de la tenue du registre d'élevage et de la gestion de la pharmacie, très probablement suite à l'introduction de ces thématiques dans le contenu de la VSB. Ce type de visite peut donc être le support d'actions de sensibilisation et de conseil auprès des éleveurs. Cet objectif, qui relève de la relation individuelle entre un éleveur et son vétérinaire lors de la visite, doit cependant être appuyé en termes de contenu et de message par une formation continue adéquate des vétérinaires qui réalisent ces visites et un recyclage régulier sur les thèmes abordés par la visite.

En matière d'enquête cette visite peut constituer un moyen d'accéder directement à tout élevage de bovins et donc d'obtenir des informations non disponibles par ailleurs. Par exemple, la VSB pourrait utilement être utilisée pour estimer le niveau d'information des éleveurs sur leurs obligations réglementaires, pour recueillir de façon standardisée des informations objectives précises sur certaines pratiques comme l'utilisation des médicaments ou sur des données structurelles

utilisables par le gestionnaire en anticipation de crise ou pour affiner le traitement de données de surveillance à des fins épidémiologiques.

Par contre, il paraît inutile de recueillir via la VSB des informations dont on dispose par ailleurs (par ex. le respect des règles sanitaires sur les introductions d'animaux) ou encore des informations dont le niveau de précision serait incompatible avec le temps de travail rémunéré pour la VSB. Par exemple les questions concernant le recueil des principales maladies rencontrées dans l'élevage, les causes de mortalité et de réforme ou encore les traitements préventifs mis en place fournissent des réponses très générales, ne précisant rien que l'on ne sache par ailleurs. Il en est de même pour l'évaluation de l'hygiène de traite qui nécessiterait une visite approfondie, avec une méthodologie définie et la nécessité d'assister à une séance de traite, pour être menée convenablement.

Sur le plan logistique, l'utilisation des VSB à des fins de surveillance épidémiologique implique un certain nombre de contraintes :

- permettre un accès aisé au contenu des questionnaires ; il a en effet été extrêmement lourd de se procurer les questionnaires auprès de chaque vétérinaire. Une centralisation des questionnaires apparaît indispensable, les modalités de cette centralisation restant à définir, questionnaire papier ou accès télématique. Cet accès peut être anonymé, avec uniquement une localisation départementale des élevages, ce qui permettrait de déconnecter les objectifs d'épidémiologie de l'objectif de contrôle et favoriser ainsi l'acquisition de données pertinentes, sans crainte des conséquences ;
- avoir un formulaire unique pour les VSB ; l'analyse de l'échantillon de questionnaires a montré que deux tiers des questionnaires respectaient dans le fond et la forme les spécifications de la note de service. Le tiers restant recouvrait une dizaine de questionnaires différents, dans la forme essentiellement, rendant plus difficile leur exploitation.

Au final, l'analyse d'un échantillon de VSB 2008-2009 a apporté un certain nombre d'informations quant à sa mise en œuvre et son intérêt, et a permis d'identifier des pistes d'amélioration. Cette étude, dont tous les résultats ne peuvent pas être présentés ici [2] vient compléter l'audit réalisé par le CGAEER en 2010 [3] et les analyses précédemment réalisées sur ce dispositif [4,6] et pourra ainsi contribuer à l'évolution de cette visite pour les années à venir.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des DDecPP et des vétérinaires concernés pour la fourniture des questionnaires échantillonnés, ainsi que l'unité Épidémiologie de l'Anses-Lyon pour le travail de gestion logistique des questionnaires inclus dans l'étude.

## Références bibliographiques

- [1] Fediaevsky, A. and D. Calavas (2010). La visite sanitaire bovine : un dispositif à valoriser. *Bulletin épidémiologique Afssa-DGAL* 36: 1-5.
- [2] Cazeau, G., Sala, C. and D. Calavas (2011) Les visites sanitaires bovines 2008-2009 en métropole - Analyse d'un échantillon de visites, Rapport Anses Laboratoire de Lyon : 91pp.
- [3] Gaudot, C. and J.-C. Tosi (2010). La visite sanitaire bovine : perception et attentes, pistes d'évolution [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Cgaaer\\_10101\\_visite\\_sanitaire\\_bovine.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Cgaaer_10101_visite_sanitaire_bovine.pdf): 38pp.
- [4] Mornat, E. and D. Calavas (2007). Visites sanitaires annuelles des élevages de bovins. Analyse d'un échantillon de visites réalisées dans le département de la Vendée lors de la campagne 2005-2006, Rapport Afssa-Lyon: 28pp.
- [5] Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments sur un arrêté constituant un réseau de surveillance et de prévention des risques sanitaires dans la filière bovine dénommé « réseau national des visites sanitaires bovines », 11 décembre 2007, <http://www.anses.fr/Documents/SANT2007sa0332.pdf>.
- [6] Calavas, D., A.-M. Roy, et al. (2009). Visite sanitaire bovine : objectivité et pédagogie. *Le Point Vétérinaire*: 65-69.

## Brève. Notification des alertes dans le domaine de la santé animale Bilan sur la période de janvier 2010 à septembre 2011

### Short item. Notification of alerts in the field of animal health Report for the period January 2010 to September 2011

Xavier Rosières (1) (xavier.rosieres@agriculture.gouv.fr), Clara Marcé (2) (clara.marce@agriculture.gouv.fr)

(1) Direction générale de l'alimentation, Mission des urgences sanitaires, Paris

(2) Direction générale de l'alimentation, Bureau de la santé animale, Paris

**Mots clés : notification, maladies animales, suspicion clinique, mission des urgences sanitaires**

**Keywords: notification, animal diseases, clinical suspicion, emergency health mission**

L'arrêté ministériel du 30 juin 2008 qui fixe l'organisation et les attributions de la direction générale de l'alimentation, précise dans son article 6 que la mission des urgences sanitaires (MUS) est chargée de la gestion des alertes, urgences et crises sanitaires, notamment dans le domaine de la santé animale.

Ainsi à l'instar du dispositif mis en place pour le secteur de la sécurité sanitaire des aliments, la MUS est le point de contact unique des services déconcentrés pour la notification des maladies animales. À titre expérimental, la notification des alertes dans le domaine de la santé et de la protection animales a débuté en janvier 2010 puis a été étendue par note de service (DGAL/MUS/SDSPA/N2010-8185 du 6 juillet 2010) à l'ensemble des services déconcentrés.

Cependant, toutes les maladies animales ne sont pas notifiées. Les maladies notifiables à la DGAL et les conditions de notification ont été définies au regard de la nécessité de disposer des informations en flux tendu pour en assurer la gestion au niveau central, mais aussi au regard de ses obligations en terme de notification auprès de l'Union européenne ou de l'OIE. Ces maladies ont été réparties en trois catégories :

1. les maladies devant faire l'objet d'une notification immédiate dès la phase de suspicion clinique, telles que les maladies réputées contagieuses à plan d'urgence (fièvre aphteuse, pestes aviaires, pestes porcines), certaines zoonoses (fièvre charbonneuse, rage) qui demandent des investigations rapides ou bien encore toute suspicion de maladie exotique;
2. les maladies devant faire l'objet d'une notification immédiate en phase de confirmation, telles que la maladie d'Aujeszky, la brucellose), les maladies réputées contagieuses devant faire l'objet d'une déclaration à la Commission européenne, certaines zoonoses avec cas humains associés nécessitant une enquête vétérinaire (fièvre Q, ornithose-psittacose) ou bien certaines maladies des équidés (métrite contagieuse, artérite virale, anémie infectieuse) faisant l'objet d'un accord tripartite entre le Royaume-Uni, l'Irlande et la France;
3. les maladies devant faire l'objet d'une notification différée dans la limite de sept jours, telles les maladies réputées contagieuses présentes sur le territoire national (tuberculose).

Au-delà d'un souci de formalisation de la réception des alertes dans le domaine de la santé animale, la mise en place d'une notification vers une structure unique permet :

- de mettre en place une réponse opérationnelle aux urgences sanitaires, tant sur le plan technique qu'en vue de la communication. À cet effet, la DGAL se repose sur la MUS et sur la sous-direction de la santé et protections animales;
- d'adopter une approche intégrée en matière de gestion des zoonoses à travers une coopération interministérielle (Direction générale de la santé, Institut de veille sanitaire);
- de pouvoir connaître et analyser au fil de l'eau les événements sanitaires qui surviennent sur le territoire national.

Ainsi, de janvier 2010 à septembre 2011 la DGAL a enregistré 196 notifications :

- 72,9 % concernaient des maladies devant faire l'objet d'une notification immédiate dès la phase de suspicion clinique;
- 9,7 % concernaient des maladies devant faire l'objet d'une notification immédiate au moment de la confirmation officielle;
- 5,6 % concernaient des maladies devant faire l'objet d'une notification différée dans la limite de sept jours.

D'autres événements représentant 11,8 % des alertes, ont motivé les services déconcentrés à notifier des non-conformités à la DGAL/MUS pour des motifs divers (contaminations chimiques, protection animale) nécessitant également la mise en place de mesures de gestion.

Ces chiffres montrent que la majorité des alertes est représentée par des suspicions cliniques devant faire l'objet d'une notification immédiate dès la phase de suspicion. Il s'agit de suspicions qui nécessitent une enquête, un partage d'information avec le ministère chargé de la santé (cas des zoonoses), voire une expertise qui nécessite de saisir l'Anses. La précocité de la prise en charge des notifications en phase de suspicion est guidée soit par des enjeux de santé publique, soit par les impacts économiques d'une épidémie, soit par la réaction des médias suite à l'apparition d'une maladie.

Parmi ces notifications, 28,6 % concernaient des maladies réputées contagieuses à plans d'urgence et 54,08 % concernaient des maladies hors plans d'urgence.

La Figure 1 détaille pour chaque espèce et par type de maladies, l'intégralité des notifications réceptionnées à la DGAL/MUS du 1<sup>er</sup> janvier 2010 au 30 septembre 2011.

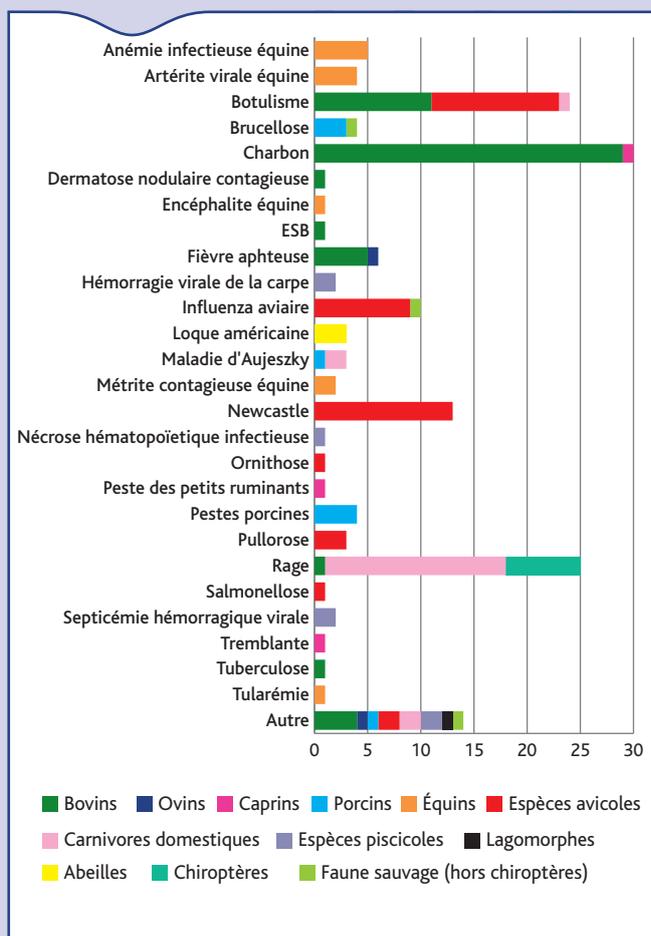


Figure 1. Répartition des notifications en fonction des maladies et des espèces concernées

Certaines maladies émergent parmi les autres. Ainsi les pestes aviaires représentent 78,6 % des suspicions de maladies à plans d'urgence. De même, pour les maladies hors plans d'urgence, 28,3 % des suspicions sont représentées par la fièvre charbonneuse et 15,09 % par des suspicions de rage chez des carnivores domestiques.

Par ailleurs la Figure 2 qui représente l'évolution saisonnière des notifications reçues à la DGAL/MUS, montre que le printemps et l'été constituent des périodes à fortes notifications. S'il n'est pas possible d'en tirer des conclusions à ce stade compte tenu du caractère nouveau de ces notifications débutées en 2010, on peut toutefois noter que pour certaines maladies l'augmentation des notifications peut être corrélée avec les importations de carnivores domestiques (retour de vacances), ou bien tout simplement au cycle naturel de certaines espèces (chiroptères par exemple).

Mis en place récemment, le dispositif de notification des alertes dans le domaine de la santé animale doit, pour pouvoir être valorisé au-delà des actions immédiates faisant suite à une suspicion, devenir un outil permettant de disposer d'informations fiables et exhaustives pour les maladies en question. Il souligne l'importance du trépied sanitaire représenté par les éleveurs, les vétérinaires et les laboratoires, afin de prévenir les maladies à leur source et invite à rester vigilant face aux diverses menaces d'introduction de certaines maladies sur le territoire national.

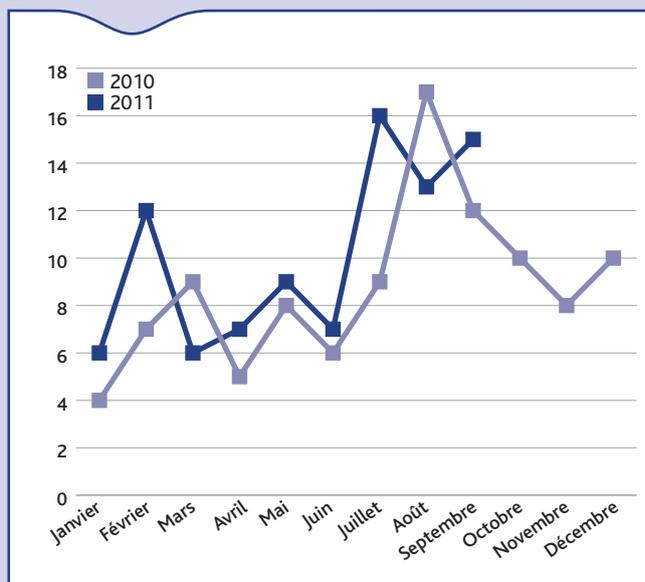


Figure 2. Évolution saisonnière des notifications reçues en 2010 et 2011 (période de janvier 2010 à septembre 2011)

## Brève. Chenille processionnaire du pin, changement climatique et impacts sanitaires Short item. *The pine processionary moth, climate change and health risks*

Julie Rivière (1) (julie.riviere@anses.fr), Barbara Dufour (2), François Moutou (3)

(1) Anses, Plateforme de surveillance épidémiologique en santé animale, Maisons-Alfort.

(2) ENVA, Unité de recherche d'épidémiologie des maladies animales infectieuses (EPIMAI), Maisons-Alfort

(3) Anses, Laboratoire de santé animale de Maisons-Alfort

**Mots clés :** Chenille processionnaire du pin, réchauffement climatique, risques sanitaires

**Keywords:** *pine processionary moth, climate change, health risks*

Les conséquences du changement climatique s'expriment dans de nombreux domaines. L'agence nationale pour la recherche (ANR) a lancé un appel à projets en 2007 sur l'impact de ce phénomène complexe sur la biodiversité. En réponse, un programme associant des équipes de l'Inra, du CNRS, de l'assistance publique, de l'ENVA et de l'Afssa (de l'époque) avait été proposé. Intitulé « Anticipation des effets du changement climatique sur l'impact écologique et sanitaire d'insectes forestiers urticants », acronyme URTICLIM (ANR 07BDIV013), ce programme avait été retenu et arrive aujourd'hui à son terme (1<sup>er</sup> janvier 2008-31 décembre 2011). Le programme associant des équipes françaises et étrangères a été animé et coordonné par Alain Roques (Inra Orléans).

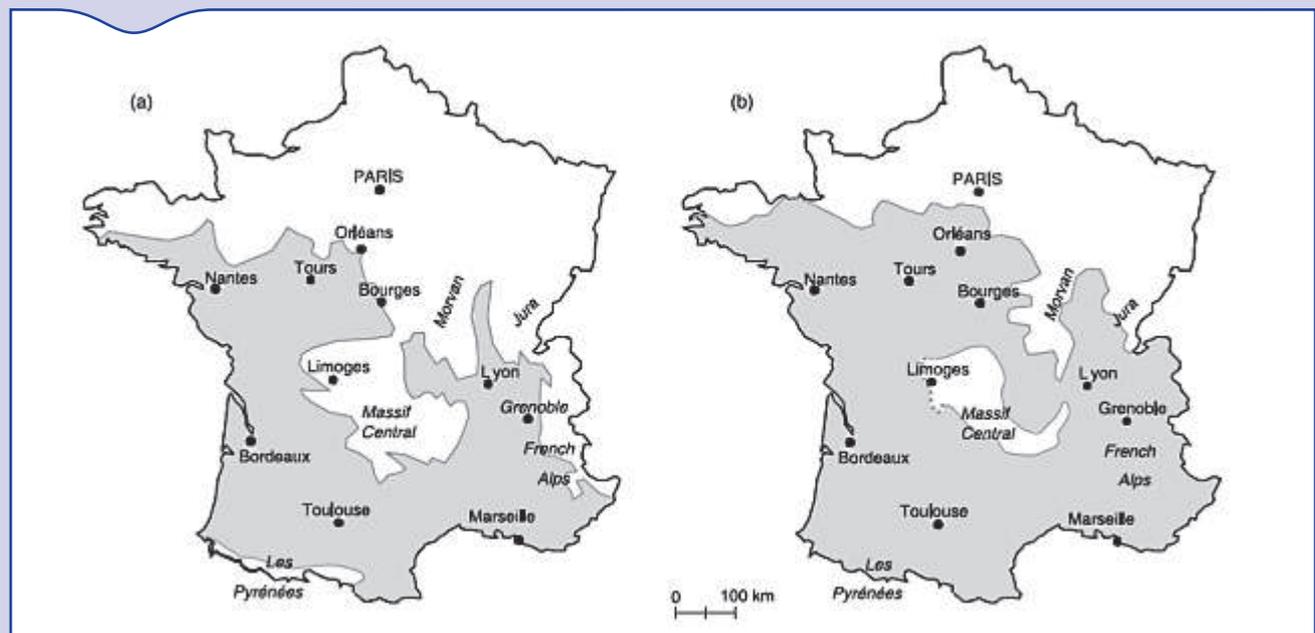
La chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pitycampae*, famille des Notodontidae) se nourrit essentiellement sur diverses espèces de pin (*Pinus* sp.). Sa répartition naturelle est circumméditerranéenne. En France elle était limitée historiquement au sud de la Loire. Depuis quelques années, sa présence au nord devient de plus en plus régulière et après quelques percées (Val-de-Marne notamment) son implantation en région parisienne, très peuplée, semble inévitable (Figure 1). Le projet, en s'appuyant sur ce constat, a utilisé la progression vers le nord de la chenille comme marqueur du changement climatique, puis a cherché à décrire cette avancée, l'analyser et essayer de la modéliser [1]. Comme cette espèce d'insecte peut avoir un impact écologique sur les arbres infestés ainsi que sanitaire via les poils urticants et allergènes des chenilles, les équipes associées dans ce projet couvraient des domaines allant de la botanique à la climatologie en passant par l'entomologie, l'écologie, la zoologie, la dynamique des populations, l'allergologie, la parasitologie, la modélisation et l'épidémiologie animale. Le cadre administratif du projet a permis d'associer des équipes des pays de la totalité de l'aire de répartition de l'espèce (et d'une espèce proche, *T. wilkinsoni*, Turquie, Syrie, Liban), et des deux côtés de la Méditerranée. Une soixantaine de personnes représentant 20 pays ont participé à la réunion finale d'URTICLIM, tenue du 17 au 19 octobre 2011 en Corse. Des spécialistes de la chenille processionnaire du chêne (*T. processionea*), plus septentrionale, étaient également présents.

Les nids de soie blanche bien visibles sur les pins sont les sites où les chenilles passent l'hiver. Elles en sortent au printemps et forment des processions avant de s'enterrer pour effectuer leur métamorphose sous terre. Les adultes émergent en été. Ces petits papillons ont des capacités de vol modestes. Les femelles pondent sur des aiguilles de pin vers le mois de septembre et le cycle recommence [2]. Au-delà de l'impact économique et écologique sur les pins parasités, les chenilles, à partir de leur troisième stade, produisent des poils urticants et allergènes. Les nids, même vides, peuvent encore en contenir. La protéine responsable de ces réactions a été identifiée et caractérisée: il s'agit de la thaumétopoéine. Les équipes espagnoles travaillant dans le cadre d'URTICLIM ont développé un test Elisa permettant d'aider au diagnostic chez l'Homme. L'intérêt économique semble moindre en santé animale ou insuffisant pour justifier une telle démarche. Inversement, il a été possible de préciser en partie la zone concernée en France via la localisation des régions atteintes chez les animaux de rente et de compagnie par deux enquêtes réalisées auprès de 600 cabinets vétérinaires grâce à la SNGTV. Ces deux enquêtes ont permis de mieux connaître les espèces touchées (le chien a été le plus souvent signalé, d'une simple inflammation buccale à une perte partielle de la langue), et parfois de décrire le contexte (présence connue de pins parasités à proximité des cas par exemple). La Figure 1 montre cette répartition et son évolution récente. Chez les ruminants, certaines des lésions peuvent ressembler à celles liées aux virus de la fièvre aphteuse ou de la fièvre catarrhale ovine. Il semble de ce fait que des plaquettes d'information destinées aux praticiens comme aux propriétaires d'animaux ne soient pas inutiles, en particulier dans les zones nouvellement touchées ou en phase de l'être [3]. Ces plaquettes seront mises à disposition des praticiens vétérinaires et des propriétaires de leurs patients par les réseaux professionnels.

Parmi les autres résultats intéressants et nouveaux du projet, on peut signaler la mise en évidence d'une troisième « espèce » de *Thaumetopoea*, encore à décrire, présente à l'est du Maghreb (Tunisie, Cyrénaïque), mise en évidence par les outils génétiques [4]. Une autre surprise a été de constater que nombre de pins adultes sont déplacés à travers la France, pour diverses raisons, et sans réelle prise en compte du risque « chenille processionnaire ». Clairement, le changement climatique n'explique pas tout.

### Références bibliographiques

- [1] Robinet C., Baier P., Pennerstorfer J., Schopf A., Roques A. (2007) Modelling the effects of a climate change on the potential feeding activity of *Thaumetopoea pitycampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Notodontidae). *Global Ecol. Biogeogr.* DOI:10.1111/j.1466-8238.2006.00302.x
- [2] Rivière J. (2011). Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale. Thèse vétérinaire ENVA, Créteil: 197p.
- [3] Rivière J., Moutou F., Dufour B. (2011) La chenille processionnaire du pin, une nuisance sanitaire de plus en plus préoccupante. *Bulletin des GTV*, N°58: 87-96.
- [4] Kerdelhue C., Zane L., Simonato M., Salvato P., Rousset J., Roques A, Battisti A., (2009) Quaternary history and contemporary patterns in a currently expanding species. *BMC Evolutionary Biology*, 9-220. DOI: 10.1186/1471-2148-9-220.
- [5] CTGREF-INRA (1980) La chenille processionnaire du pin. Organisation de la surveillance en forêt à partir de 1980. Ministère de l'Agriculture, CTGREF, Division de la protection de la nature, Saint-Martin-d'Hère, INRA, Station de Zoologie Forestière.
- [6] ROBINET C. (2006) Mathematical modelling of invasion processes in ecology: the pine processionary moth as a case study. PhD thesis, EHESS, Paris.



**Figure 1.** Front d'expansion de la chenille processionnaire du pin en France. La zone grisée correspond à l'aire de distribution de la chenille processionnaire du pin observée: (a) en 1969-1980 [5]; (b) en 2005 (le front d'expansion de la chenille processionnaire du pin a été géo-référencé avec le système GPS par l'Inra Orléans [6]). Les lignes en pointillé indiquent que la position du front n'est pas déterminée avec précision; les noms en italique indiquent des zones montagneuses.

## Brève. Mortalité inhabituelle de sangliers dans les Côtes-d'Armor Short item. Unusual deaths of wild boar in the Côtes-d'Armor département

Xavier Rosières (1) (xavier.rosieres@agriculture.gouv.fr), Hervé Morvan (2), Gilles Salvat (3)

(1) Direction générale de l'alimentation, Mission des urgences sanitaires, Paris

(2) Laboratoire de développement et d'analyses des Côtes-d'Armor, Saint-Brieuc

(3) Anses, Laboratoire de Ploufragan - Plouzané

**Mots clés :** mortalité, sangliers, intoxication, sulfure d'hydrogène, algues vertes

**Keywords:** mortality, wild boar, poisoning, hydrogen sulfide, green algae

Entre le 7 juillet et le 2 août 2011, trente-six cadavres de sangliers et de marçassins auxquels il faut ajouter trois cadavres de ragondins, ont été découverts sur les berges du fleuve côtier Le Gouessant et à son embouchure ainsi que sur la plage de Saint-Maurice à Morieux (Côtes-d'Armor). Au vu des premières observations faites sur les cadavres, une mortalité pour cause infectieuse a été rapidement écartée.

Déjà en 2008 et en 2009, les autopsies de deux chiens morts sur la plage d'Hillion située en baie de Morieux et celle d'un cheval en bordure de mer à Saint-Michel en grève à proximité de Lannion, avaient mis en évidence des lésions d'œdème pulmonaire sur le cheval et l'un des deux chiens.

Aussi l'hypothèse d'une intoxication à l' $H_2S$  a-t-elle été envisagée.

Les investigations se sont donc poursuivies et deux séries d'autopsies ont été réalisées au Laboratoire départemental d'analyses des Côtes-d'Armor. Les conclusions ont montré des tableaux lésionnels constants (emphysème, congestion et œdème pulmonaires) traduisant une mort par une exposition à un toxique puissant. Au regard du résultat des autopsies et des investigations menées sur le terrain, des analyses complémentaires ont été réalisées sur les organes (poumons), le sang et le contenu gastrique de six sangliers et d'un ragondin ainsi que sur le milieu, à savoir :

- une recherche de sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) à la fois dans les tissus des animaux, dans la vase et dans l'air ambiant;
- une recherche d'autres toxiques chimiques, ayant pu être ingérés par les sangliers et ragondins: il s'agit essentiellement de pyréthrinoides, organochlorés, organophosphorés, carbamates, rodenticides, cyanure, chloralose, alcaloïdes, convulsivants simples (strychnine, crimidine), bipyridylum et phényl pyrazole, une recherche de cyanobactéries dans l'eau.

L'Ineris, Air Breizh, le laboratoire VetAgro Sup Campus Vétérinaire de Lyon ainsi qu'un scientifique de l'université Rennes 1 ont apporté leurs concours pour la réalisation des analyses.

Les résultats des recherches ont montré :

- des taux élevés de  $H_2S$  dans les poumons de trois sangliers (entre 0,93 et 1,72 mg/kg) et son absence dans le sang;
- une présence simultanée de  $H_2S$  mais à des taux inférieurs (0,36 et 0,14 mg/kg) dans les poumons et le sang de deux autres sangliers;
- une présence de  $H_2S$  dans les poumons d'un ragondin à un taux de 2,45 mg/kg.

Les mesures de  $H_2S$  dans l'air ambiant, à proximité du site concerné, ont confirmé l'émission de ce gaz au niveau des zones de vasière, à des taux de concentration qui ne dépassent pas la valeur de recommandation de l'OMS (150  $\mu g/m^3$  sur 24 heures).

Les résultats des recherches d'autres toxiques dans le contenu gastrique des animaux ont été négatifs et ne confirment aucune des hypothèses toxicologiques testées. En ce qui concerne les cyanobactéries, les résultats ont dénombré 84000 Microcystis/ml, se situant entre le seuil d'alerte (20000 n/ml) et le seuil de danger (100000 n/ml) et un taux de microcystine de 1,48  $\mu g/l$  et 1,83  $\mu g/l$  sur les prélèvements d'eau réalisés. Cependant, la microcystine est une hépato-toxine à effet chronique, ce qui ne correspondait pas aux lésions observées sur les animaux.

La Direction générale de l'alimentation a saisi l'Anses d'une demande d'avis relatif à la toxicité du sulfure d'hydrogène chez l'animal et d'interprétation des résultats tant pour les autopsies des animaux que pour les analyses toxicologiques.

Après avoir pris en compte plusieurs hypothèses et au vu du résultat des analyses réalisées, l'Anses a considéré hautement probable que les sangliers et ragondins aient pu être exposés à des concentrations de  $H_2S$  contribuant aux lésions et aux décès, « sans pouvoir affirmer qu'il s'agit du seul facteur contributif de la mortalité massive ». L'Anses a souligné d'autre part la forte variabilité dans le temps et dans l'espace des teneurs en  $H_2S$ .

Les experts ont émis par ailleurs l'hypothèse que l'intoxication présumée des animaux découverts morts dans l'estuaire du Gouessant a été rendue possible, « plus probablement par l'émission des gaz des larges vasières dans cet estuaire que par la rupture des croûtes formées par les algues en putréfaction sur les plages. »

Il est vraisemblable que plusieurs facteurs conjoncturels à savoir de fortes températures, de faibles débits du Gouessant et de faibles coefficients de marée, se soient conjugués pour accroître la décomposition des matières organiques des vasières et la production de gaz toxiques.

Les algues vertes demeurent une préoccupation réelle. Présenté en février 2010, un plan de lutte est appliqué dans huit baies bretonnes. Il comprend trois volets :

- un volet sécurisation portant sur l'amélioration des connaissances et la gestion des risques;
- un volet relatif aux actions curatives: amélioration du ramassage et développement des capacités de traitement des algues échouées;
- un volet préventif comprenant les actions à mettre en œuvre pour limiter les flux d'azote vers les côtes.

### Références bibliographiques

Avis de l'Anses du 6 septembre 2011 relatif à la toxicité du sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ ) chez l'animal et aux valeurs de toxicité disponibles dans la bibliographie sur ce sujet pour interpréter des résultats d'autopsie de sangliers et ragondins. <http://www.anses.fr/documents/SANT2011sa0225.pdf>

**Directeur de publication:** Marc Mortureux

**Directrice associée:** Pascale Briand

**Comité de rédaction:** Didier Boisseleau, Anne Brisabois, Anne Dufour, Françoise Gauchard, Pascal Hendrikx, Paul Martin, François Moutou, Élisabeth Repérant, Julien Santolini

**Rédacteur en chef:** Didier Calavas

**Rédactrice en chef adjointe:** Clara Marcé

**Secrétaire de rédaction:** Florence Lavissière

**Responsable d'édition:** Fabrice Coutureau

**Assistante d'édition:** Céline Leterg

**Anses -** [www.anses.fr](http://www.anses.fr)

27-31 avenue du général Leclerc

94701 Maisons-Alfort Cedex

**Courriel:** [bulletin.epidemie@anses.fr](mailto:bulletin.epidemie@anses.fr)

**Conception et réalisation:** Parimage

**Photographies:** Christophe Lepetit

**Impression:** Bialec - N° 77534

95 boulevard d'Austrasie - 54000 Nancy

**Tirage:** 5500 exemplaires

**Dépôt légal à parution/ISSN 1630-8018**

