

« EMERGENCES 2 », UN SYSTEME D'ALERTE PRECOCE POUR ACCELERER LA DETECTION ET L'IDENTIFICATION DES MALADIES ANIMALES EMERGENTES EN BELGIQUE*

Cécile Herr¹, Jacques Barnouin², Libo Ren², Ides Boone¹ et Marc Dispas¹

RESUME

Pour accélérer la détection et l'identification des maladies animales émergentes, les autorités sanitaires belges ont lancé un programme de « Monitoring et Surveillance ». Ce programme inclut le développement d'un outil internet qui sera un point de convergence entre vétérinaires de terrain, experts vétérinaires et autorités sanitaires. Une interface Web multilingue, conçue en étroite collaboration avec l'Unité d'épidémiologie animale de l'INRA, permettra aux vétérinaires belges de rapporter les syndromes atypiques observés chez les animaux de rente. Le système cible les maladies émergentes mais aussi les maladies connues avec une expression clinique atypique. Une méthode flexible de groupement hiérarchique associe automatiquement les cas similaires sur base des signes cliniques, des catégories animales affectées et de la distribution spatio-temporelle. Les informations sur les groupes de cas similaires détectés sont accessibles à un réseau de spécialistes en pathologie, sémiologie et épidémiologie pour investigation complémentaire.

Mots-clés : Maladies animales émergentes, syndromes atypiques, détection précoce, classification hiérarchique ascendante, agrégation spatio-temporale.

SUMMARY

The Belgian sanitary authorities launched the development of a Monitoring and Surveillance System (MoSS) to accelerate the detection and identification of emerging diseases in animals. The MoSS implementation includes the development of a web-based tool designed as a focal point between field veterinarians, veterinary experts and sanitary authorities. A multilingual web interface, created in close collaboration with the French INRA Animal Epidemiology Research Unit, will allow Belgian veterinary practitioners to report atypical syndromes in farm animals. The system focuses not only on emerging diseases but also on known diseases showing unusual clinical expression. A flexible hierarchical clustering method automatically aggregates similar cases based on clinical signs, affected animal categories and spatio-temporal distribution. Data about the relevant detected clusters are directly available for a network of specialists in pathology, semiology and epidemiology for further investigations.

Keywords : Emerging animal diseases, Atypical syndromes, Early detection, Monitoring and surveillance system, Ascending hierarchical classification, Spatio-temporal clustering.



* Texte de la communication affichée au cours des Journées scientifiques AEEMA-AESA, 4-5 juin 2009

¹ Centre de coordination du diagnostic vétérinaire, Centre d'étude et de recherches vétérinaires et agrochimiques, Groeselenberg 99, B-1180 Bruxelles, Belgique

² Unité d'épidémiologie animale, Institut national de recherche agronomique, Centre de recherche de Clermont-Ferrand-Theix, 63122 Saint Genès Champanelle, France

I - INTRODUCTION

Plusieurs crises sanitaires récentes ont montré que les maladies animales émergentes et ré-émergentes constituent un risque majeur pour les différentes filières de production animale. Dans nos régions, l'encéphalopathie spongiforme bovine et, récemment, la fièvre catarrhale ovine ont rappelé l'impact potentiel des maladies émergentes sur le bien-être et la santé des animaux, sur les échanges commerciaux et sur la santé publique. La précocité de la détection des maladies émergentes s'avère primordiale pour en diminuer les impacts économiques et sociétaux. Cette précocité est l'un des objectifs prioritaires de la surveillance dans le contexte des maladies infectieuses émergentes [Merianos, 2007].

Cependant, la détection précoce des maladies émergentes est loin d'être une tâche facile. Un premier obstacle réside dans la difficulté de structurer la description des symptômes liés à une manifestation clinique inconnue. Même si la stratégie de gestion des maladies émergentes préconisée par l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) recommande de faire connaître les risques d'introduction et de développement de maladies exotiques aux intervenants du monde agricole [Geering *et al.*, 1999], les praticiens de terrain peuvent se trouver démunis face à un tableau clinique jamais observé auparavant, soit que les symptômes soient ceux d'une maladie extrêmement rare, soit qu'ils correspondent à une réelle émergence. L'épizootie européenne de fièvre catarrhale ovine (FCO) en 2006 illustre le problème. En Belgique, les premières observations de cas de FCO chez les bovins ont été d'abord attribuées à une photosensibilisation ou à une exposition à des mycotoxines [Thiry *et al.*, 2006 ; Elbers *et al.*, 2008]. La FCO n'a pas été immédiatement intégrée au diagnostic différentiel : il s'agissait d'une maladie inattendue dans la région qui, de plus, présentait des manifestations cliniques chez des bovins, espèce dans laquelle l'infection était réputée sub-clinique.

Un second obstacle à la détection précoce des maladies émergentes réside dans la difficulté

d'identifier une émergence vraie grâce à un signalement de cas cliniques répartis de manière sporadique dans le temps et dans l'espace. Ainsi, en Belgique, les observations ponctuelles de tableaux cliniques compatibles avec celui de la FCO ont été réalisées plusieurs semaines avant que le lien ne soit finalement établi entre les différents cas cliniques en Belgique, aux Pays-Bas et en Allemagne et que le premier cas belge ne soit officiellement identifié par les autorités sanitaires, au mois d'août 2006.

Dans ce contexte, les autorités sanitaires belges (Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire, AFSCA) ont financé le développement d'un système de « Monitoring et Surveillance » qui vise à permettre la détection et l'identification précoces des maladies émergentes chez l'animal sur base de deux approches complémentaires.

La première consiste en une exploration des données rassemblées par les acteurs de la santé animale en Belgique dans le cadre de recherche diagnostique, de programmes de surveillance et de suivi sanitaire. Il s'agit de valoriser les informations disponibles par des techniques d'exploration des données (« data mining ») et d'analyse statistique.

La seconde approche fait appel à la collecte centralisée d'informations sur l'occurrence de syndromes potentiellement liés à des maladies animales émergentes en encourageant le signalement structuré des observations cliniques dites « atypiques ». Le développement de ce système s'est concrétisé à travers une collaboration entre le Centre d'étude et de recherches vétérinaires et agrochimiques (CODA-CERVA) en Belgique et l'Unité d'épidémiologie animale de l'Institut national de recherche agronomique (INRA) en France. Sur base du projet « Emergences » mis au point et testé par l'INRA en France entre 2005 et 2007 [Barnouin *et al.*, 2006 ; Vourc'h *et al.*, 2006], les deux centres de recherche ont élaboré un nouveau système d'information qui répond aux spécificités belges et valorise l'expérience acquise en France : « Emergences2.be ».

II - PRINCIPES DU SYSTEME « EMERGENCES2 »

L'application « Emergences2 » se présente sous la forme d'un site internet multilingue doublé d'une base de données. Les vétérinaires y sont invités à décrire, en ligne, les syndromes atypiques observés dans le cadre de leur pratique quotidienne. La définition d'un syndrome atypique englobe trois cas de figure : 1. une maladie inconnue, 2. une maladie connue, mais présentant un caractère de gravité inquiétant, et 3. une maladie connue qui ne répond pas au traitement habituel ou qui se manifeste dans une région ou à une période inattendues. Un algorithme de groupement des cas similaires permet une analyse préliminaire automatisée des syndromes atypiques rapportés et la génération d'alarmes en cas d'émergence potentielle. Toute l'information récoltée est mise en temps réel à disposition des vétérinaires praticiens enregistrés dans le système mais aussi à disposition des experts des laboratoires officiels de diagnostic, des centres de recherche et des universités pour stimuler l'échange d'informations et l'investigation des cas soumis.

Pour réaliser ces tâches, l'application « Emergences2 » en ligne comprend trois types de modules :

- des modules de collecte de données ;
- des modules de mise à disposition des informations récoltées ;
- des modules d'analyse automatisée des données.

Un quatrième type de module est réservé à l'administrateur du site et permet la gestion aisée du contenu dans un cadre multilingue.

Pour répondre aux nécessités immédiates du cadre linguistique belge, le site est actuellement accessible en trois langues: le français, le néerlandais et l'anglais. En théorie, un nombre illimité de langues peut être adjoind.

1. COLLECTE DES DONNEES

1.1. SYNDROMES ATYPIQUES

Un formulaire de notification des cas permet aux vétérinaires de rapporter en ligne les syndromes atypiques observés dans le cadre de leur pratique, et ce, dans la langue de leur choix. Le formulaire de notification est le résultat d'un compromis entre la recherche d'un temps minimal d'entrée des informations

(temps minimisé par une clarté des intitulés et une navigation intuitive) et la précision de l'information collectée. Pour permettre le traitement automatisé de l'information dans le contexte particulier d'un signalement multilingue, le formulaire réserve une place importante aux champs fermés (liste de valeurs prédéfinies). En plus de la description du tableau clinique, le formulaire de notification inclut notamment la localisation précise du cas, la date d'observation des signes cliniques, l'identification des espèces animales et des catégories affectées. L'utilisateur est aussi invité à ajouter des photos illustrant les aspects marquants du cas soumis.

1.2. MALADIES DITES « SOUS SURVEILLANCE »

Outre le signalement de syndromes atypiques, le site « Emergences2 » permet également la notification de cas de maladies d'intérêt devant faire l'objet d'un suivi particulier, par exemple des maladies considérées comme potentiellement émergentes. Ces maladies, dites « sous surveillance », peuvent être définies à la demande des autorités sanitaires ou pour répondre à des objectifs spécifiques de recherche.

Associer le signalement de syndromes atypiques à un signalement plus large permet aussi, aux utilisateurs, de multiplier les occasions de faire appel à l'application « Emergences2 ». La mise en place d'un suivi de maladies ainsi ciblées contribuera au maintien d'une fréquentation régulière du site internet par ses utilisateurs et augmentera leur niveau d'appropriation du système.

1.3. ENQUETES EPIDEMIOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES

Un formulaire d'enquête épidémiologique généraliste est intégré dans le site. Il peut être envoyé en complément de chaque notification effectuée.

2. MISE A DISPOSITION DES INFORMATIONS

Pour pérenniser l'intérêt du site auprès des vétérinaires et susciter le signalement des cas, il est impératif de fournir un « retour

d'information » qui compense le travail fourni et stimule l'implication des acteurs. Une attention particulière a donc été portée à la diffusion des informations recueillies auprès des utilisateurs. L'application permet ainsi de consulter, en temps réel, les notifications effectuées et de les visualiser de manière structurée.

« Emergences2 » propose aux utilisateurs enregistrés d'identifier et de consulter leurs propres notifications mais également celles réalisées par d'autres praticiens. Pour ces dernières, les données permettant l'identification univoque de l'exploitation affectée sont dissimulées, par souci de confidentialité. La description de chaque cas est présentée dans une mise en page compacte illustrée des photos transmises par l'utilisateur qui a réalisé la notification.

Pour répondre à des interrogations plus ciblées, un outil de recherche avancée facilite la sélection de notifications correspondant aux critères d'intérêt. L'utilisateur peut notamment filtrer les notifications selon l'espèce affectée, les éléments cliniques présents, le lieu et/ou la période d'observation. L'utilisateur peut ainsi aisément visualiser l'ensemble des notifications effectuées dans une zone géographique de son choix au cours des derniers mois pour les espèces qu'il prend en charge.

Enfin, pour apporter des éléments de réflexion sur un cas spécifique, l'application permet aux utilisateurs de visualiser les notifications similaires à une notification d'intérêt. Le calcul de similarité entre notifications se fonde sur le tableau clinique, sur l'espèce et les catégories animales affectées et sur la distribution spatio-temporelle des cas. Un vétérinaire qui vient de rapporter un syndrome atypique peut ainsi voir si d'autres praticiens ont été confrontés au même type de syndrome et visualiser, via Google Maps®, la répartition géographique des cas similaires. Le site se veut donc aussi un outil à valeur pédagogique, qui favorise l'échange d'expériences et contribue à renforcer une expertise collective.

3. ANALYSE DES DONNEES

Un des défis d'un tel système de détection réside dans l'exploitation efficace des données pour générer un signal d'alerte précoce en cas d'émergence possible d'une maladie.

Pour permettre une analyse automatisée de l'information collectée, l'application fait appel à une méthode d'agrégation non supervisée des

notifications. L'agrégation (ou « clustering ») est un procédé de groupement de données en groupes homogènes (ou « clusters »), de telle sorte que les objets au sein d'un groupe aient une similarité élevée les uns par rapport aux autres et soient très différents des objets des autres groupes [Han et Kamber, 2006]. L'application « Emergences2 » utilise une méthode d'agrégation hiérarchique ascendante. Au départ, chaque objet est placé dans son propre groupe. Les groupes sont ensuite fusionnés sur base d'un indice de similarité en groupes plus grands, jusqu'à ce qu'il ne reste qu'un seul groupe ou qu'une condition imposée soit remplie (par exemple un degré de similarité minimale entre deux groupes soit atteint) pour pouvoir les fusionner. Le calcul de l'indice de similarité entre notifications, qui dicte les regroupements, est basé sur le tableau clinique, l'espèce et les catégories animales affectées et la distribution spatio-temporelle des notifications.

Cette approche, dite « non supervisée » permet de grouper les notifications sans connaître *a priori* le nombre de catégories existantes, ni leurs caractéristiques. Elle s'applique particulièrement bien à la détection de maladies émergentes dont les particularités cliniques et épidémiologiques ne sont pas forcément connues *a priori*.

4. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE L'APPLICATION

L'application internet repose exclusivement sur des logiciels 'open sources' : au langage de programmation PHP et base de données MySQL construite selon les principes de normalisation de bases de données relationnelles. Ce modèle de données standardisé permet de réaliser des requêtes variées et complexes et de présenter les données selon différentes vues sur le site internet. Les informations sont ainsi présentées en ligne et sont également facilement exploitables pour la création de rapports périodiques d'activité et pour toute application épidémiologique (cartographie des risques, étude épidémiologique rétrospective,...). Le développement du site a été effectué par l'INRA sous l'environnement de développement Zend Studio®. Le modèle conceptuel des données et la base de données ont été conçus avec le logiciel libre DBDesigner. Par l'utilisation de logiciels libres de droits, les développeurs ont voulu obtenir une application aisée à maintenir et à diffuser avec des contraintes économiques minimales.

III - RESULTATS ATTENDUS

L'application « Emergences2 » permet une récolte structurée et centralisée de l'information relative à l'occurrence de syndromes atypiques. La centralisation des données disponibles doit contribuer à différencier les événements ponctuels et sporadiques des maladies réellement émergentes. Des notifications similaires qui se multiplient sont le signe d'appel d'une maladie potentiellement émergente qui mérite des investigations complémentaires. Une attention particulière est donc portée à la détection de similarités entre les notifications et à la dynamisation d'un réseau potentiel d'intervention où tous les intervenants (praticiens, laboratoires de diagnostic, universités, centres de recherches et autorités sanitaires) sont partie prenante.

Outre une description clinique des cas, l'application propose un signalement spatial très précis et une collecte d'informations épidémiologiques additionnelles. Les données récoltées permettront ainsi une première évaluation de la distribution spatio-temporelle et des caractéristiques épidémiologiques des cas rapportés en vue de proposer des éventuelles mesures de contrôle et de préciser les études complémentaires à réaliser.

En proposant des modules de recherche de notifications et d'exploration des données, « Emergences2 » se veut aussi un outil de mise à disposition de l'information entre partenaires. Cet outil devrait favoriser l'échange d'expérience et permettre aux acteurs de terrain d'avoir une vision des problématiques de santé animale au-delà de leur aire d'activité quotidienne.

Outre sa fonction première de détection des maladies émergentes, « Emergences2 » pourra apporter des éléments d'information sur l'occurrence et les caractéristiques épidémiologiques des maladies rares en Belgique. En effet, le choix d'axer le signalement sur les syndromes atypiques va cibler non seulement les maladies émergentes et ré-émergentes mais également les maladies rares et/ou mal connues. Comme l'a montré l'expérience de l'INRA avec le test d'une application similaire, la probabilité de détecter des maladies rares connues et inconnues par ce système est élevée [Vourc'h *et al.*, 2006]. L'outil pourrait donc contribuer à documenter l'occurrence des maladies rares et représenter pour les vétérinaires un outil d'information sur la distribution et les caractéristiques de maladies mal connues.

IV - DISCUSSION ET PERSPECTIVES

1. SIGNALEMENT CLINIQUE PAR LES VETERINAIRES

La détection d'une maladie au sein d'un troupeau sur base clinique dépend d'une suite de décisions où les responsables sanitaires et les techniciens agricoles forment le premier niveau d'examen [Doherr et Audigé, 2001]. Leur vigilance dans le dépistage des anomalies et leur disposition à chercher assistance auprès du vétérinaire conditionnent l'efficacité ultérieure du système. L'information et la sensibilisation des éleveurs à la problématique des maladies rares et des maladies émergentes sont donc des facteurs non négligeables pour le bon fonctionnement d'un système de signalement par les vétérinaires. Cet aspect est pris en compte par les autorités sanitaires belges comme en témoigne la publication et la diffusion au printemps 2009 d'une brochure à l'attention

des éleveurs consacrée aux maladies émergentes [Cardoen *et al.*, 2009] où le rôle du vétérinaire en tant qu'auxiliaire de choix est souligné.

Dans « Emergences2 », le public visé en priorité pour le signalement de syndromes atypiques inclut l'ensemble des vétérinaires actifs auprès des animaux de rente (vétérinaires praticiens de terrain, vétérinaires des universités, des laboratoires et des centres de recherche). Le postulat posé ici est que cette participation garantit un niveau technique suffisant pour le signalement de signes cliniques selon une terminologie rigoureuse ainsi qu'un jugement informé de ce qui peut constituer une situation inhabituelle méritant un signalement [McIntyre *et al.*, 2002]. Si l'adoption du vétérinaire comme rapporteur privilégié s'applique relativement bien à l'élevage bovin, cette stratégie pourra limiter

l'efficacité du système pour l'élevage de petits ruminants ou de porcs. La nécessité d'ouvrir le système au signalement par d'autres acteurs de santé pourrait s'avérer utile. Cette option plus généraliste allongerait cependant la liste des symptômes que chacun pourrait renseigner sans toutefois gagner en pertinence : quantité de termes feraient double emploi et seraient utilisés préférentiellement par des utilisateurs de niveaux techniques différents. Il pourrait alors s'avérer utile d'adapter le questionnaire en fonction du profil rapporteur. Il est important de mettre le plus rapidement possible le système à la disposition des utilisateurs et de prendre note de toutes les remarques des utilisateurs pour leur donner, dans un prochain développement, le produit optimisé en fonction de leurs besoins propres.

Le champ d'application d'« Emergences2 » se heurte aussi à une caractéristique inhérente au signalement de signes cliniques : ce système permettra difficilement de détecter des maladies émergentes à manifestation sub-clinique et des infections émergentes à signes cliniques peu spécifiques ou similaires à des maladies répandues. Aucune source unique de données ne capture toute l'information nécessaire et suffisante pour réaliser un programme de surveillance sans défaut. L'outil « Emergences2 » sera donc complété au sein du système de « Monitoring et Surveillance » par une exploration des données accumulées par les acteurs de la santé animale en Belgique dans le cadre de diagnostics de laboratoires et de programmes de surveillance et de suivi sanitaire.

2. ANALYSE DES DONNEES

Pour détecter rapidement l'émergence d'une maladie, il est primordial d'exploiter efficacement les données récoltées. L'application « Emergences2 » fait appel à une méthode d'agrégation hiérarchique ascendante des notifications qui regroupe les notifications similaires sur base de leur tableau clinique, des espèces et catégories animales atteintes et de la localisation des cas dans le temps et l'espace. Comme évoqué précédemment, cette approche non supervisée permet de grouper les cas sans connaître *a priori* le nombre de catégories existantes dans les données ni leurs caractéristiques. Cependant, il faut souligner que cette méthode ne produit pas de groupement unique. La composition des groupes peut changer selon l'ensemble de données analysées, le choix de l'indice de

similarité et du seuil de similarité minimale pour associer des notifications au sein d'un groupe.

Pour déterminer l'influence du choix de l'indice de similarité sur le groupement, les gestionnaires du système « Emergences2 » ont la possibilité de modifier la pondération des critères qui interviennent dans son calcul (signes cliniques, proximité spatio-temporelle des cas, espèces et catégories animales affectées). Ils peuvent ainsi aisément comparer les résultats de groupements obtenus avec les différents indices de similarité définis.

Le choix d'un seuil de similarité à partir duquel associer des notifications au sein d'un groupe nécessite d'évaluer les différentes sources de variation entre notifications. Un même phénomène rapporté plusieurs fois donnera toujours lieu à des notifications légèrement différentes. Une partie de la variabilité entre notifications est directement associée à la perception du rapporteur. Une méthode pour l'estimer grossièrement est de faire rapporter un même cas par différents rapporteurs et de calculer la similarité des descriptions d'un même phénomène. Il faut encore ajouter à cette variabilité de perception la variabilité d'expression des signes cliniques pour une même maladie selon le stade d'observation, les espèces et classes d'âge touchées, les facteurs environnementaux, ... autant de facteurs nettement plus délicats à quantifier.

Une autre difficulté, rencontrée pour utiliser cette méthode d'agrégation dans un système d'alarme, réside dans la définition d'un seuil de « N » cas similaires associés au sein d'un groupe à partir duquel une alerte pour émergence potentielle doit être générée.

Une première validation expérimentale du système d'agrégation a été réalisée sur base de notifications factices. Pour répondre plus précisément aux interrogations méthodologiques évoquées ci-dessus, l'algorithme d'agrégation des cas sera également testé systématiquement et validé sur base d'un plus large ensemble de notifications factices et de données réelles. Nous utiliserons notamment à cet effet des enquêtes épidémiologiques complétées dans les foyers de fièvre catarrhale ovine en 2006 et incluant une description clinique des cas (plus de 150 de ces enquêtes sont disponibles).

Dans le futur, des méthodes d'agrégation alternatives seront également examinées et testées.

Un autre type de méthode, largement utilisé pour mettre en évidence les événements cliniques potentiellement importants, consiste à déterminer si la fréquence d'un syndrome donné au cours d'une période donnée est inhabituellement élevée [Stern et Lightfoot, 1999 ; Jackson, Baer et al., 2007; Straetemans, Altmann et al., 2008]. Des algorithmes de détection génèrent un signal quand le nombre de cas pour une période donnée est plus élevé qu'une valeur seuil déterminée par rapport à un niveau de signalement de référence. Cette référence est établie sur base de données accumulées au cours du temps. Les événements inhabituels sont ensuite analysés plus en détail pour confirmer ou infirmer l'alerte.

A moyen terme, l'accumulation des données dans le système « Emergences2 » permettra également d'expérimenter ce type de méthode.

Les alertes générées par le système doivent ensuite être analysées et confirmées ou infirmées. Pour ce faire, elles sont adressées à un réseau d'experts issus des laboratoires de diagnostic, des centres de recherche, des universités et des autorités sanitaires. Pour faciliter l'identification de la maladie, il est primordial de pouvoir retracer la démarche diagnostique qui a conduit le vétérinaire à rapporter un syndrome atypique. A cet effet, le formulaire de notification reprend la liste des maladies que le vétérinaire inclut dans son diagnostic différentiel. Il permet de décrire explicitement sur quelles bases diagnostiques le vétérinaire rapporteur a fondé son jugement et si des analyses de laboratoire ont été demandées. La prochaine étape sera de compléter ces informations par un lien direct vers les données des laboratoires et les éventuels rapports d'autopsie.

V - CONCLUSION

Forte du soutien des autorités sanitaires belges dans le déploiement d'un réseau de surveillance des maladies émergentes, l'application « Emergences2 » devra permettre :

- la récolte d'informations cliniques et épidémiologiques sur les syndromes atypiques potentiellement liés à des maladies émergentes,
- l'analyse du schéma d'occurrence de ces cas atypiques pour détecter les émergences potentielles,
- une première évaluation de la distribution spatio-temporelle et des caractéristiques épidémiologiques des cas rapportés en vue de proposer des éventuelles mesures de

contrôle et de préciser les études complémentaires à réaliser.

Une collaboration étroite avec les autorités sanitaires doit assurer la complémentarité du système « Emergences2 » avec les systèmes d'épidémiosurveillance existants.

La collaboration franco-belge facilitera l'échange transfrontalier des données d'observations atypiques. Ce système, basé sur la centralisation de l'information disponible et le renforcement des liens entre les différents acteurs de la santé animale, contribuera ainsi à accélérer la détection des affections touchant les animaux de rente et à favoriser si nécessaire une intervention précoce sur le terrain.

BIBLIOGRAPHIE

Barnouin J., Vourc'h G., De Goer J., Dorr N. et al. - Valoriser l'observation clinique via la conception d'un système d'information générique dédié à l'analyse des maladies animales émergentes. In : Colloque « émergences 2006 » Méthodes et stratégies d'analyse épidémiologique des maladies émergentes chez le Végétal,

l'Animal et l'Homme, INRA, 2006, 31-36.

Cardoen S., Van Huffel X., Poizat R., De Lathouwers C. - Les maladies animales émergentes. Brochure informative à l'attention des éleveurs, 52 pages, Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire (AFSCA), Bruxelles, 2009.

Disponible sur le site internet de l'AFSCA :
http://www.favv-afsca.be/publicationsthematiques/_documents/2009-04_MAE_Fr_S.pdf

- Doherr M.G., Audigé L. - Monitoring and surveillance for rare health-related events : a review from the veterinary perspective. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 2001, **356**, 1097-1106.
- Elbers A.R., Backx A., Ekker H.M., van der Spek A.N., van Rijn P.A. - Performance of clinical signs to detect bluetongue virus serotype 8 outbreaks in cattle and sheep during the 2006-epidemic in The Netherlands. *Vet. Microbiol.*, 2008, **129**, 156-62.
- Geering W.A., Roeder P.L. & Obi T.U. - Manual on the preparation of national animal disease emergency preparedness plans, Food and Agriculture Organization (FAO) Animal Health Manual No. 6, 96 pages, FAO, Rome, 1999.
- Han J., Kamber M. - Data Mining: concepts and techniques, 770 pages, The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, Jim Gray, Series Editor Morgan Kaufmann Publishers, Mars 2006.
- Jackson M.L., Baer A., Painter I., Duchin J. - A simulation study comparing aberration detection algorithms for syndromic surveillance. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 2007, **7**, 6.
- McIntyre L.H., Davies P.R., Morris R.S., Jackson R., Poland R. - The relative value of farmer, veterinary practitioner and diagnostic laboratory records in providing epidemiologically sound endemic disease surveillance data. In : Society for Veterinary Epidemiology and Preventive Medicine, Vicensy Proceedings, 2002, 128-136.
- Merianos A. - Surveillance and response to disease emergence. In : Wildlife and Emerging Zoonotic Diseases : The Biology, Circumstances and Consequences of Cross-Species Transmission, Current Topics in Microbiology and Immunology, Springer, Berlin, 2007, **315**, 477-508.
- Stern L., Lightfoot D. - Automated outbreak detection: a quantitative retrospective analysis. *Epidemiol. Infect.*, 1999, **122**, 103-110.
- Straetmans M., Altmann D., Eckmanns T., Krause G. - Automatic outbreak detection algorithm versus electronic reporting system. *Emerg. Infect. Dis.*, 2008, **14**, 1610-1612.
- Thiry E., Saegerman C., Guyot H., Kirten P., Losson B., Rollin F., Bodmer M., Czaplicki G., Toussaint J-F., De Clercq K., Dochy J-M., Dufey J., Gillemann J-L., Messemann K. - Bluetongue in northern Europe. *Vet. Rec.*, 2006, **159**, 327.
- Vourc'h G., Bridges V. E., Gibbens J., De Groot B.D., McIntyre L., Poland R., Barnouin J. - Detecting emerging diseases in farm animals through clinical observations. *Emerg. Infect. Dis.*, 2006, **12**, 204-210.



Remerciements

Le projet « Monitoring and Surveillance System » et l'application « Emergences2 » sont mis en œuvre à la demande et avec le soutien de l'Agence fédérale pour la sécurité de la chaîne alimentaire.