

Surveillance post-vaccinale de la peste porcine classique chez le sanglier des Vosges du Nord (2010-2014) : difficultés et perspectives

Sophie Rossi (1) (sophie.rossi@oncfs.gouv.fr), Clara Marcé (2), Thibault Saubusse (1), Mireille Le Dimma (3), Thomas Quintaine (1), Jean-Daniel Masson (1), Robert Hamman (1), Guy Puthiot (1), Jean Guillotin (4), Florence Etoire (5), Anais Léger (5), Régine Martin-Schaller (6), Béatrice Kadour (7), Ianic Faes (8), Norchen Chenoufi (9), David Abrial (10), Emmanuelle Gilot-Fromont (11), Geoffrey Petit (1), Jean Hars (1), Jean-Yves Chollet (1), Marie-Frédérique Le Potier (3)

(1) ONCFS, Office national de la chasse et de la faune sauvage, Unité sanitaire de la faune, Gap, France

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

(3) Anses, Laboratoire de Ploufragan/Plouzané, Unité Virologie immunologie porcines, Ploufragan, France

(4) Laboratoire départemental public, Villeneuve d'Ascq, France

(5) Anses, Maisons-Alfort, Direction de l'évaluation des risques, Unité Evaluation des risques en santé, alimentation et bien-être des animaux, Maisons-Alfort, France

(6) Direction départementale de la protection des populations du Bas-Rhin, Strasbourg, France

(7) Direction départementale de la protection des populations de la Moselle, Metz, France

(8) Laboratoire départemental d'analyses vétérinaires de la Meuse, Bar-le-Duc, France

(9) Laboratoire départemental d'analyses vétérinaires du Bas-Rhin, Strasbourg, France

(10) Inra, Unité d'épidémiologie animale, Saint-Genès-Champanelle, France

(11) Université de Lyon, VetAgro-Sup campus vétérinaire, Marcy-l'Étoile, France

Résumé

La France est officiellement indemne de peste porcine classique (PPC), chez le sanglier sauvage depuis le 1^{er} janvier 2012, suite à la mise en place d'une gestion vaccinale dans le massif des Vosges du Nord. Néanmoins, conformément aux recommandations de l'Anses, la surveillance de l'infection a été maintenue plusieurs années après l'arrêt de la vaccination. La surveillance de la PPC chez le Sanglier repose principalement sur la surveillance programmée des sangliers chassés et plus particulièrement depuis octobre 2013 sur la recherche d'anticorps chez les jeunes sangliers âgés de six à dix-huit mois. En l'absence de vaccination, la séropositivité dans cette classe d'âge devrait refléter une exposition récente au virus de la PPC. Néanmoins, en situation post-vaccinale, la présence d'anticorps maternels exceptionnellement persistants peut engendrer un bruit de fond sérologique venant compliquer l'interprétation des résultats de la surveillance programmée. Nous décrivons ici la démarche suivie pour clarifier l'interprétation des données de la surveillance. Dans un premier temps, une analyse des données sérologiques a été conduite pour identifier les zones de plus forte séroprévalence au sein de l'ancienne zone vaccinée. Dans un second temps, une étude par capture-marquage-recapture a été menée au cœur du massif, au sein des communes présentant les plus fortes séroprévalences, de façon à clarifier la cinétique individuelle et l'origine des anticorps (maternelle ou acquise) chez les jeunes sangliers. Les résultats obtenus confortent l'hypothèse de perte progressive et de quelques portages exceptionnellement longs (>6 mois) d'anticorps maternels. Par ailleurs, nous observons une constante baisse de la séroprévalence et du titre moyen d'anticorps neutralisants depuis 2012. Ces résultats rassurants permettent d'envisager un allègement de la surveillance programmée et un relais par une surveillance événementielle renforcée.

Mots-clés

Faune sauvage, analyse spatiale, capture-marquage-recapture, anticorps maternels, peste porcine classique, surveillance

Abstract

Post-vaccine surveillance of classical swine fever in wild boars in the northern Vosges (2010-2014): obstacles and opportunities.

France has been officially free of classical swine fever (CSF) in wild boars since January 2012, yet surveillance of the disease has been maintained in the Vosges du Nord massif, in accordance with the recommendations of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES). The surveillance of CSF in wild boars is mainly based on hunted individuals, and since October 2013, on serological investigations in wild boars aged six to eighteen months. Since vaccination has ceased, seropositivity in this age class should reflect recent exposure to the CSF virus. However, during the period following vaccination, the possible long-term persistence of maternal antibodies may add a background presence that interferes with the interpretation planned surveillance results. In this paper, we describe the steps that were taken to clarify the interpretation of surveillance data. We first analyzed serological data in order to identify those areas with the highest seroprevalence within the formerly vaccinated area. In a second step, a capture-mark-recapture study was carried out in the center of the massif, in those districts showing the highest prevalence, in order to characterize the individual kinetics and origin (active or passive) of the antibodies found in the young wild boars. The results support the hypothesis of a progressive decline in maternal antibodies, which can persist for unusually long periods in certain individuals. Furthermore, we observed a constant decrease in seroprevalence and in the average titer of neutralizing antibodies over time, from 2012 onwards. These results allow us to consider gradually easing up on planned surveillance, replacing it with reinforced event-based surveillance.

Keywords

Wildlife, Spatial analysis, Capture-mark-recapture, Maternal antibodies, Classical swine fever, Surveillance

En France, la peste porcine classique (PPC) a été observée dans le massif des Vosges de 1992 à 1997, puis à nouveau de 2003 à 2007 (Rossi *et al.* 2005, Pol *et al.* 2008, Rossi *et al.* 2010). Les travaux épidémiologiques ont montré le caractère persistant de ce foyer sauvage dans ce continuum forestier situé à cheval entre la France et l'Allemagne (réserve de biosphère des Vosges du Nord et Palatinat) (Rossi *et al.* 2005, Rossi *et al.* 2010). Par ailleurs, de récents travaux biomoléculaires ont confirmé que les isolats de la période 2003-2007 appartenaient

tous à la même lignée (Uelzen) que ceux observés dans les années 1990 (Simon *et al.* 2013). La vaccination orale utilisant des appâts-vaccins y a été conduite d'août 2004 à juin 2010 sous la coordination de la Direction générale de l'Alimentation (DGAL) du ministère de l'Agriculture, et, sur le terrain, en étroite collaboration entre les services décentralisés de l'État (en particulier services vétérinaires départementaux) et les fédérations de chasseurs de la Moselle et du Bas-Rhin (Louguet *et al.* 2005, Rossi *et al.* 2011, voir article Martin-

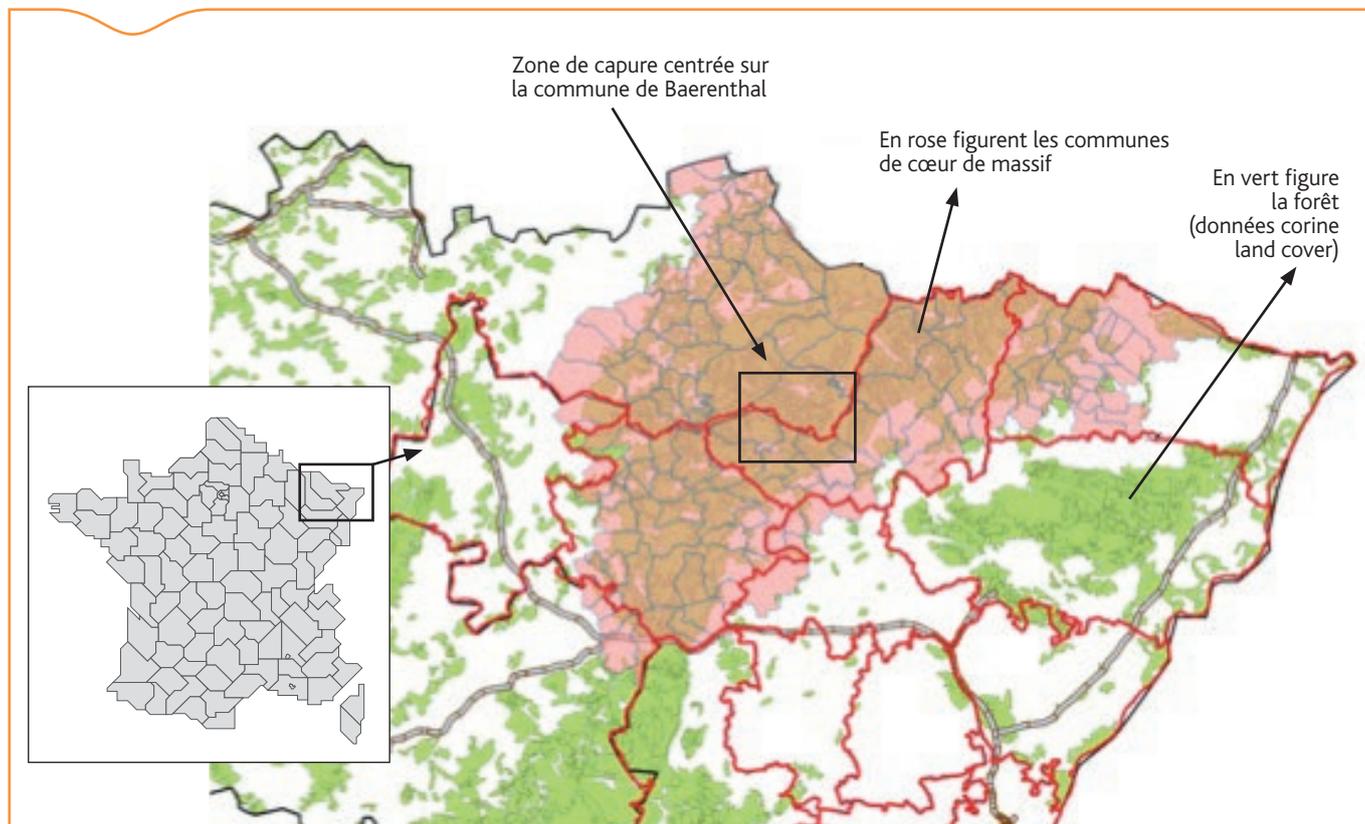


Figure 1. Ancienne zone infectée PPC (et zone vaccinale) des Vosges du Nord (à cheval entre Moselle et Bas-Rhin et en frontière de l'Allemagne). La zone colorée en rose représente les limites de la zone d'observation renforcée/zone de surveillance (anciennement zone vaccinale)

Schaller *et al.* dans ce même numéro). La stratégie adoptée par la France a été de vacciner la totalité de la zone à risque, définie sur la base de continuités forestières et délimitée par des barrières physiques (routes, rivières...), ce traitement « exhaustif » étant considéré comme le plus efficace pour contrôler les foyers sauvages de PPC (Rossi *et al.* 2010, Lange *et al.* 2012).

Surveillance post-vaccinale de la PPC

Les derniers cas de sangliers infectés (isolement viraux) remontant respectivement à mai 2007 dans les Vosges du Nord et janvier 2009 dans le Palatinat, la vaccination a été levée côté français en juin 2010, mais la surveillance a été maintenue, l'ancienne zone infectée et vaccinée (ZI) devenant officiellement zone d'observation renforcée (ZOR) en janvier 2012, puis zone de surveillance (ZS) en octobre 2013; durant toute cette période la surveillance exhaustive par sérologie et virologie des animaux chassés a été maintenue (Rossi *et al.* 2011, Marcé *et al.* 2014) conformément aux recommandations des agences française et européenne d'évaluation du risque (EFSA 2008, Afssa 2010).

La stratégie de vaccination complexifie la surveillance des foyers sauvages dans la mesure où les anticorps produits après infection ne peuvent pas être distingués de ceux dus à la vaccination. En période de vaccination, la présence d'anticorps ne permet donc pas d'attester de la circulation du virus et ne peut être utilisée que comme un indicateur de la protection immunitaire des animaux et de la couverture vaccinale d'une population (EFSA 2008, Calenge et Rossi 2014). Durant cette période, la surveillance de la PPC repose principalement sur la recherche directe du virus ou de son génome dans la rate des animaux chassés ou trouvés morts, avec une très faible probabilité de détection en raison d'une virémie courte (von Rüden *et al.* 2008, Rossi *et al.* 2011). Cette surveillance virologique nécessite de plus de distinguer les génomes des souches sauvages et vaccinales (Leifer *et al.* 2009, Blome *et al.* 2011). Lorsque la vaccination est interrompue, il devient *a priori* possible d'appuyer la surveillance sur la détection des anticorps chez les jeunes sangliers âgés de six à douze mois, nés après l'arrêt de la

vaccination et ayant *a priori* perdu leur immunité d'origine maternelle. Les experts européens recommandent donc de surveiller la dynamique des anticorps chez les sangliers chassés de six à vingt-quatre mois, qui sont alors considérés comme les témoins d'une circulation virale récente, durant les trois années suivant l'arrêt de la vaccination (Kaden *et al.* 2006, EFSA 2008).

Cet article fait le point sur la surveillance programmée effectuée en période post-vaccinale. Dans un premier temps, nous décrivons l'analyse épidémiologique des données de chasse collectées entre octobre 2010 et mars 2013, dont le but était d'identifier les zones de plus forte séroprévalence chez les jeunes sangliers et d'apprécier l'évolution temporelle de la séroprévalence à large échelle (ensemble du massif précédemment infecté). Dans un second temps, nous décrivons une étude de capture-marquage-recapture conduite entre juillet 2013 et mars 2015 au sein des zones de plus forte séroprévalence (chez les sangliers chassés), dont le but était de clarifier la cinétique et l'origine (maternelle, vaccinale ou infectieuse) des anticorps chez les jeunes sangliers. Enfin, nous abordons les perspectives de la surveillance.

Surveillance programmée des sangliers chassés

Protocole de surveillance

Cette surveillance a pour objectif de maximiser la représentation spatiale de la surveillance pour l'ensemble de la ZS mais elle est uniquement transversale et concerne majoritairement des animaux âgés de plus de six mois. Durant les trois saisons de chasse qui ont suivi l'arrêt de la vaccination, entre juillet 2010 et octobre 2013, la surveillance programmée de la PPC a été basée sur la réalisation systématique de prélèvements chez les sangliers chassés de la ZV/ZOR (Figure 1). À partir d'octobre 2013, le protocole de surveillance a été allégé et essentiellement basé sur le prélèvement volontaire de sang et de rate et le suivi sérologique des sangliers âgés de moins de vingt-quatre mois et pesant moins de 40 kg.

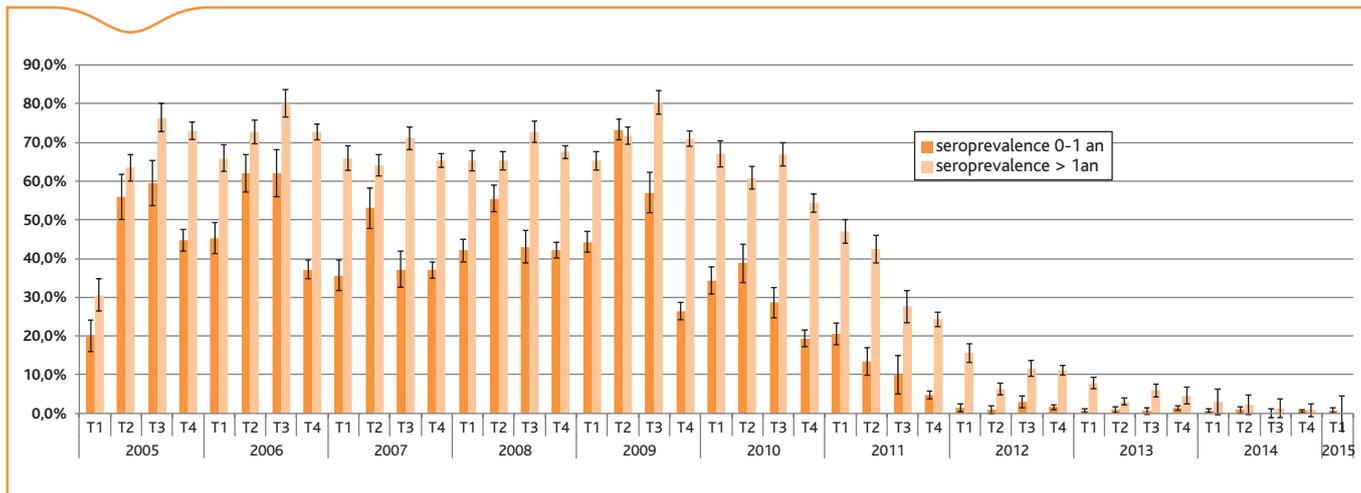


Figure 2. Évolution de la séroprévalence vis-à-vis de la PPC après l'arrêt de la vaccination orale (juin 2010) chez les animaux de six à douze mois et de plus de douze mois en zone d'observation renforcée/zone de surveillance

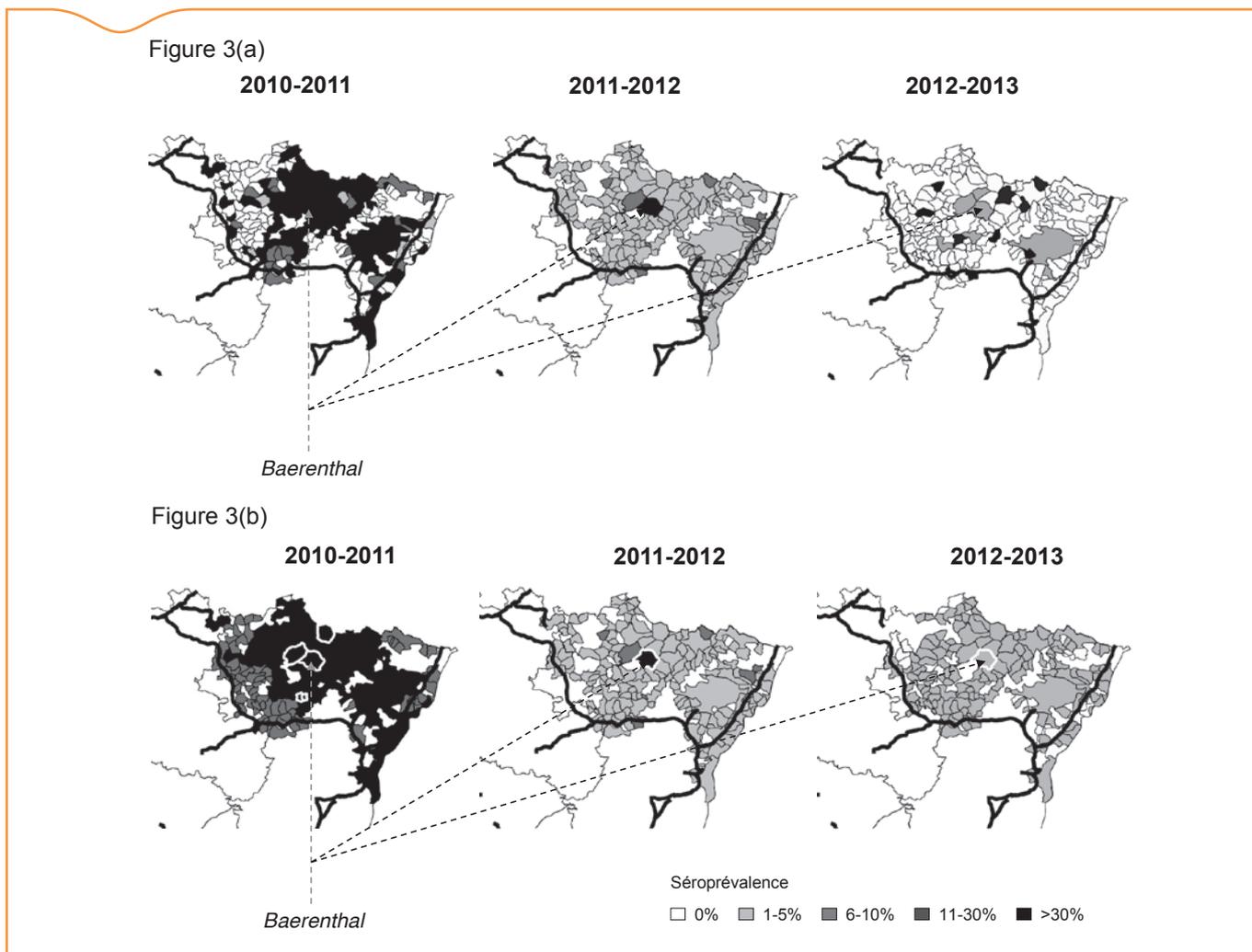


Figure 3. Séroprévalences a) brutes et b) prédites après modélisation spatiale tout au long des trois années qui ont suivi l'arrêt de la vaccination orale contre la PPC

Analyse de l'évolution spatio-temporelle de la séroprévalence

Tout au long de la période post-vaccinale (jusqu'au 1^{er} trimestre 2015), nous avons pu observer une baisse de la séroprévalence à l'échelle du massif (Figure 2). Néanmoins, la séroprévalence brute chez les sangliers âgés de six à douze mois demeurait élevée dans certaines communes (5-30 %), ce qui pouvait faire suspecter une séroconversion récente chez ces jeunes animaux due à la persistance à bas bruit de la PPC (Figure 3). Pour étudier cette hypothèse, nous avons tout d'abord analysé les données sérologiques obtenues sur des sangliers chassés entre octobre 2012 et juin 2013, âgés de moins de douze mois et

pesant moins de 30 kg⁽¹⁾, selon une méthode statistique (modèle spatial hiérarchique bayésien) permettant de s'affranchir des biais inhérents à l'échantillon de chasse et à la biologie du sanglier (Abrial *et al.* 2005, Rossi *et al.* 2013, Saubusse *et al.* soumis). Cette analyse a permis d'ajuster les données de séroprévalence brute et d'identifier des zones de plus fort risque de séropositivité chez les jeunes sangliers, correspondant à un nombre réduit de communes situées au cœur

(1) Les animaux de moins de 30 kg (poids de la carcasse vidée) dont l'âge n'a pas été rapporté ont nécessairement moins de 12 mois. À l'inverse les animaux classés moins d'un an et de plus de 30 kg peuvent avoir été classés à tort moins de 12 mois.

du massif forestier des Vosges du Nord (Figure 3). Des analyses par sérologie quantitative (séro-neutralisation virale ou SNV) ont, dès lors, été conduites pour confirmer la spécificité des résultats obtenus et quantifier le titre d'anticorps neutralisants.

Analyse des titres d'anticorps neutralisants

Entre décembre 2012 et mars 2015, le Laboratoire national de référence (LNR) de l'Anses a réalisé 130 SNV différentielles sur les sérums présentant un résultat positif ou douteux en ELISA chez les sangliers chassés âgés de six à vingt-quatre mois et de moins de 40 kg. En premier lieu, cette approche quantitative a confirmé la spécificité des résultats obtenus en ELISA (réponse dirigée contre le virus de la PPC et non contre un autre Pestivirus). Ces travaux ont également révélé l'absence de différence significative de titres en anticorps neutralisants dirigés contre le virus sauvage (souche « Bas-Rhin », isolée à Wissembourg en 2003) vs le virus vaccinal (souche « Alfort », proche de la souche vaccinale), une différence à laquelle on aurait pourtant pu s'attendre sous l'hypothèse d'infection récente de ces animaux (Piriou *et al.* 2003). Ces analyses ont enfin montré, d'une part une baisse régulière du titre en anticorps neutralisants d'année en année, et d'autre part une augmentation graduelle de ce titre avec le poids des animaux. Ces résultats suggèrent une baisse progressive du taux d'anticorps au cours du temps et de génération en génération comme on pourrait s'y attendre sous l'hypothèse d'une transmission d'anticorps d'origine maternelle. Cependant les études transversales basées sur l'échantillon de chasse à un temps *t* ne permettaient pas de confirmer la cinétique individuelle des anticorps entre trois et vingt-quatre mois. Une étude par capture-marquage-recapture a donc été diligentée par l'ONCFS afin de mieux préciser la cinétique individuelle et donc l'origine des anticorps chez les jeunes sangliers.

Étude par capture-marquage-recapture

Protocole et résultats des captures

Des captures de sangliers ont été conduites par l'ONCFS avec l'appui des chasseurs du massif et de l'ONF (Office national des forêts) entre juillet 2013 et août 2013 dans une zone de 3000 hectares centrée sur la commune de Baerenthal (Moselle), identifiée comme une des zones de plus forte séroprévalence par l'analyse statistique des données de chasse (voir ci dessus). Douze cages-trappes ont été disposées sur quatre lots de chasse volontaires et agrainées dès le mois de juin 2013 (Figure 4). Les animaux capturés ont été identifiés individuellement à l'aide de boucles numérotées et un code visuel de marquage de groupe a également été mis en place. L'appartenance des animaux aux groupes sociaux a par ailleurs été confirmée par des ré-observations visuelles basées sur l'usage de pièges photographiques (Figure 4).

Cent trente quatre individus issus de vingt-cinq groupes différents ont ainsi été capturés de une à quatre fois entre le 2 juillet et le 30 août 2013 : 107 marcassins, dix-neuf sub-adultes et huit adultes. Suite à une campagne de sensibilisation des chasseurs par voie de presse et de réunions d'information, cinquante-et-un sangliers ont été signalés entre août 2013 et mars 2015 : quarante-sept tirés à la chasse, deux ont été écrasés par une voiture et enfin deux trouvés malades, euthanasiés et autopsiés (réseau Sagir). Il est probable que certains animaux aient perdu leur boucles ou n'aient pas été signalés, mais ce taux de recapture (~40 % en l'espace de dix-huit mois) est jugé satisfaisant au vu de l'expérience de l'ONCFS dans d'autres sites.

Interprétation de la cinétique des anticorps neutralisants et des indicateurs d'immunité

Les animaux marqués ont fait l'objet de prélèvements (sérum et sang total) à chaque capture. Le sérum a été utilisé d'une part pour la recherche et le titrage d'anticorps neutralisants (test ELISA puis SNV) et d'autre part pour la mesure d'indicateurs immunitaires humoraux pouvant avoir un lien avec l'infection par le virus de la PPC. Le sang



Figure 4. Marcassins marqués en juillet-août 2013, capturés en cage-piège (a) et suivis par piège photographique (b) (source photos : (a) Sophie Rossi et (b) Jean-Daniel Masson ONCFS/USF/2013)

total (animaux vivants) ou la rate (prélevée sur animaux morts) ont par ailleurs été utilisés pour la recherche du génome viral par PCR en LVD. Les résultats positifs en PCR ont ensuite fait l'objet d'une confirmation au LNR. Le sang total des animaux capturés a également fait l'objet d'une numération formule, afin de mesurer des indicateurs cellulaires pouvant avoir un lien avec l'infection par le virus de la PPC (diminution du taux de lymphocytes notamment). Parmi les 134 individus capturés, douze étaient séropositifs, dont onze marcassins issus de quatre groupes sociaux différents, et une laie adulte de plus de 30 mois appartenant au même groupe social que quatre marcassins séropositifs. Le titrage des anticorps neutralisants a révélé un fort différentiel de titres entre la laie adulte (360) et les marcassins (<20) ; par ailleurs la capture répétée des marcassins a permis de confirmer sur la plupart d'entre eux une disparition progressive des anticorps neutralisants (Tableau 1). Enfin, les indicateurs immunitaires n'ont pas révélé de profil évocateur d'une infection récente par le virus de la PPC chez aucun des animaux séropositifs. De plus, aucun génome n'a pu être détecté dans les prélèvements de sang ou de rate réalisés. Les deux animaux trouvés cliniquement malades étaient négatifs en sérologie et virologie PPC. Ils présentaient un bon état corporel mais une importante charge parasitaire de *Metastrongylus* dans les bronches (source LVD du Bas-Rhin).

L'ensemble de ces résultats conforte l'hypothèse de la présence d'anticorps d'origine maternelle chez des marcassins nés trois ans après l'arrêt de la vaccination orale, et la persistance, chez quelques individus âgés de plus de six mois, de niveaux faibles d'anticorps neutralisants au moment de leur prélèvement à la chasse. Cette présence d'anticorps maternels exceptionnellement longue est à mettre en lien avec la survie de laies nées avant l'arrêt de la vaccination et qui ont pu être hyperimmunisées suite à une consommation répétée d'appâts vaccinaux entre 2004 et 2010. La présence de titres élevés d'anticorps

Tableau 1. Résultats sérologiques obtenus chez les sangliers séropositifs (ELISA et SNV) en fonction de la semaine de capture (de juillet 2013 à juillet 2014). Les titres d'anticorps neutralisants sont indiqués en chiffres (inverse de la dilution) respectivement vis-à-vis des deux souches testées (Alfort/Bas-Rhin)

Période et semaine				Captures-recaptures d'été										Recaptures de chasse				Nombre de captures
Groupe	N° animal	Age	Sexe	27	28	29	31	32	33	34	35	46	47	52	29*			
				Titre anticorps neutralisants souche sauvage (Bas-Rhin)/ souche vaccinale (Alfort)														
G1	58	Marcassin	M	10 / 7,5													4	
	61	Marcassin	M	15 / 10													3	
G15a	125	Marcassin	M				7,5/<5	5 / 5									3	
	126	Marcassin	F				7,5/<5										2	
G15b	76	Marcassin	M		40/7,5												2	
	94	Marcassin	F			15 / 7,5											3	
	99	Marcassin	F			15 / 10											2	
	132	Marcassin	M					NV non réalisée									2	
	289	Adulte	F		320/160												1	
G19	123	Marcassin	M				sérum ND					7,5/7,5					1	
G6	72	Marcassin	F	10/10													1	
	74	Marcassin	M	7,5/10													2	

Légende:

	Pas de prélèvement
	ELISA négative
	ELISA positive; SNV négative (seuil positivité =10)
	ELISA et SNV positives: titres faibles en anticorps
	ELISA et SNV positives: titres forts en anticorps

neutralisants chez ces laies (cf. laie capturée avec un titre au 360°) a permis une transmission passive importante d'anticorps à leurs jeunes plusieurs années de suite, certains d'entre eux pouvant encore conserver des anticorps détectables au-delà de six mois et venir ainsi perturber l'interprétation des résultats de la surveillance plusieurs années après l'arrêt de la vaccination.

Les perspectives de la surveillance

Le risque de réapparition de la PPC dans les Vosges du Nord a été estimé par l'Anses à un niveau de probabilité compris entre deux et trois (« minime » à « extrêmement faible ») (Anses, 2014) sur une échelle de zéro à neuf (respectivement « nul » à « très élevé ») (Afssa, 2008). Dans une perspective d'allègement progressif de la surveillance « en temps de paix », l'avis de 2014 propose des niveaux de surveillance adaptés au niveau de risque et combinant d'une part un renfort de la surveillance événementielle (Sagir renforcé, voir paragraphe ci-après), d'autre part une procédure d'allègement ou de renfort de la surveillance programmée en fonction du degré de risque estimé dans cette zone historiquement infectée (Anses, 2014).

Renforcement de la surveillance événementielle des animaux morts

Un renforcement de la surveillance événementielle (Sagir renforcé), dont la nécessité est identifiée depuis plusieurs années, a été initié en 2014 (Encadré 1), dans l'objectif de remplacer progressivement le dispositif de surveillance programmée de plus en plus allégé. En effet, la réémergence de la maladie dans une population de sangliers sensibles s'exprime par la mort des individus, surtout pour les jeunes âgés de moins d'un an. Ainsi la probabilité de trouver le virus de la PPC est cinq à dix fois supérieure chez un jeune sanglier mort que chez un sanglier tué à la chasse (Rossi *et al.* 2005, EFSA 2008). De ce fait, entre 2003 et 2007, alors que la surveillance programmée a révélé quarante-six sangliers viro-positifs sur 35 007 testés (~0,1 %), huit sangliers viro-positifs sur 251 trouvés morts ont été détectés par surveillance événementielle (~3 %); signalons néanmoins que la détection n'est pas forcément la plus précoce par ce mode de surveillance; ainsi en 2003, le premier sanglier viro-positif trouvé mort a été observé 18 mois après le premier sanglier viro-positif tué à la chasse (Rossi *et al.* 2014).

La surveillance événementielle offre en outre l'avantage d'être moins onéreuse que la surveillance programmée et ne dépend pas des dates de chasse. Elle offre également l'opportunité, grâce à la mise en œuvre d'autopsies, de caractériser l'expression syndromique et lésionnelle de la maladie dans la population et chez les individus. Ainsi, dans le cadre de la convention signée entre la DGAL, l'ONCFS et la FNC pour le renforcement de la surveillance des maladies règlementées, le réseau de surveillance épidémiologique Sagir (réseau ONCFS – FNC – FDC) est en charge du renforcement de la surveillance événementielle de la PPC dans les Vosges du Nord.

La surveillance Sagir repose sur la collecte des animaux trouvés morts par les correspondants départementaux du réseau, techniciens des FDC et agents de l'ONCFS, qui se chargent d'acheminer les cadavres au laboratoire départemental d'analyse où est réalisée une autopsie ainsi que des examens complémentaires éventuels pour déterminer l'étiologie de la mort de l'animal. Les correspondants sont formés à recueillir les informations concernant les circonstances de découverte du cadavre, qui sont notées sur une fiche « Sagir » accompagnant le cadavre au laboratoire et assurant la traçabilité de l'échantillon.

La surveillance Sagir repose dans son fonctionnement classique sur le volontariat des observateurs sur le terrain et ne repose sur aucun protocole définissant un objectif de collecte (nature ou nombre d'échantillon, Decors *et al.* 2014). L'échantillonnage, qualifié d'opportuniste, repose en outre sur la facilité de détection et d'obtention des cadavres, ainsi que sur une série de filtres de sélection des cadavres dépendant de l'observateur.

Dans le cadre de la surveillance événementielle renforcée de la PPC, il est donc demandé aux acteurs du réseau Sagir de collecter tous les sangliers trouvés morts ou moribonds âgés de moins d'un an et d'un poids inférieur à 40 kg, quelle que soit la cause présumée de la mort, y compris si elle semble évidente. Par exemple, la PPC pouvant entraîner une baisse de la vigilance favorisant la collision avec des véhicules, les sangliers retrouvés en bord de route sont notamment à inclure dans la surveillance. Lors de l'autopsie, le laboratoire vétérinaire départemental effectue également les prélèvements nécessaires à la recherche du virus de la PPC (quel que soit le tableau lésionnel, contrairement au cas de la surveillance généraliste mise en œuvre sur le reste du territoire). L'autopsie complète ainsi que les informations récoltées lors de la découverte du cadavre permettent d'apporter des informations sur

l'expression clinique et lésionnelle chez les animaux lors de l'émergence de la maladie. Afin d'augmenter la pression d'observation et pour faciliter l'acheminement des cadavres au laboratoire, d'autres acteurs que les correspondants Sagir peuvent être impliqués, notamment ceux du monde cynégétique, des services de voirie communaux ou des conseils départementaux. Des solutions logistiques sont en cours d'étude afin de faciliter la coordination entre les différents acteurs de terrain pour acheminer les cadavres au laboratoire dans les meilleurs délais. Dans ce fonctionnement, chaque cadavre acheminé au laboratoire est considéré comme une suspicion et fait l'objet d'un avis à la DDecPP. Deux niveaux d'alerte peuvent faire également l'objet d'une notification immédiate à la DDecPP: 1) un niveau d'alerte syndromique, qui correspond à l'observation ou à la connaissance d'une hausse de la mortalité, selon la sensibilité de terrain des acteurs; ce niveau d'alerte peut être ensuite confirmé ou infirmé par les analyses PPC réalisées si des cadavres sont collectés, 2) un niveau d'alerte étiologique, qui correspond à la confirmation de l'alerte syndromique par les analyses PPC, ou à la confirmation d'un cas détecté, sans information de hausse de la mortalité. Des observations correspondant à ces deux niveaux seront notifiées dans les plus brefs délais aux DDecPP qui seront en charge de mesures de contrôle et de gestion de la crise au cas où un nouveau de cas de PPC viendrait à être confirmé. Ainsi, la réactivité de la surveillance dépend de la bonne coordination des acteurs sur le terrain pour garantir l'acheminement du cadavre dans les plus brefs délais avec le soutien local des DDecPP et des animateurs du réseau Sagir au niveau central (ONCFS, FNC, Adilva).

Allègement progressif de la surveillance programmée (sangliers chassés)

Dans le contexte actuel (poursuite de la diminution de la séroprévalence, niveau très faible d'anticorps chez les jeunes animaux, renforcement de la surveillance événementielle en cours), un nouvel allègement de la surveillance programmée est envisagé pour la prochaine saison de chasse (2015-2016). À terme, la surveillance événementielle devrait remplacer ce dispositif de surveillance programmée. Concrètement, cet allègement de la surveillance programmée consiste à concentrer l'effort de surveillance sur une zone géographique ciblée (zone de plus forte séroprévalence) et une classe d'âge. Le dispositif d'analyse est également revu. Ainsi, seront mises en œuvre des analyses sérologiques chez les sangliers âgés de six à douze mois et d'un poids inférieur à 30 kg chassés au cœur du massif forestier (Figure 1). L'analyse des données sera réalisée à l'échelle de la commune (surveillance sérologique programmée des sangliers chassés structurée par unité de gestion). Si ces analyses révèlent une augmentation de la séroprévalence au-dessus d'un seuil défini (5 %), alors des analyses virologiques (PCR) seront remises en place de façon systématique pour la période suivante sur les lots de chasse considérés à risque. Une réunion entre les autorités locales et nationales françaises et allemandes est envisagée au cours du dernier trimestre 2015, afin d'échanger sur les modalités et résultats de la surveillance des deux côtés de la frontière.

Conclusion

Après le succès de la vaccination antirabique des renards, la vaccination orale des sangliers contre la PPC dans les Vosges du Nord apparaît comme un second exemple de maîtrise d'un réservoir sauvage à grande échelle (3000 km²). Néanmoins, l'usage dans la faune sauvage d'un vaccin dépourvu de marqueur a pour conséquence de compliquer l'interprétation des résultats de la surveillance non seulement en période de vaccination, mais aussi plusieurs années après l'arrêt de celle-ci. Dans le futur, un renforcement de la surveillance des animaux morts ainsi qu'une surveillance programmée allégée sur les sangliers âgés de six à douze mois est envisagée dans cette zone. Ce schéma de surveillance post-foyer s'inscrit par ailleurs dans une démarche plus globale de protocole national de surveillance des pestes porcines au sein d'un groupe scientifique et technique de la Plateforme ESA adossé au groupe de suivi Faune sauvage de la Plateforme ESA regroupant DGAL, Anses, représentants de SRAL et de DDecPP, Adilva et ONCFS.

Encadré 1. Surveillance événementielle des animaux trouvés morts

Depuis 2003 (date de la réémergence de la PPC dans le massif des Vosges du Nord), tous les sangliers trouvés morts ont fait l'objet d'une recherche du virus de la PPC dans la rate ou, à défaut, dans les amygdales. Certains sangliers ont fait l'objet d'une autopsie en LVD, en particulier dans le Bas-Rhin. La surveillance des animaux trouvés morts, ou malades et euthanasiés, a été plus particulièrement efficace entre 2003 et 2011 en raison du dédommagement des carcasses mises à la destruction (60 € par carcasse en zone infectée). De plus, des chambres froides dites « de destruction » ont été mises à disposition des chasseurs par les DDecPP jusqu'en octobre 2013 et permettaient d'éliminer les carcasses non destinées à la consommation et notamment les cadavres ne pouvant pas être autopsiés. Le Tableau 2 fait état du nombre d'animaux trouvés morts et du différentiel avec les animaux chassés de 2003 à 2013, et rend plus particulièrement évident l'effet de l'activation de la collecte par le système de dédommagement et de collecte de carcasses mis en place par les DDecPP de Moselle et du Bas-Rhin et de collecte de carcasses par le réseau Sagir. Les données historiques montrent qu'il est primordial de prélever et d'analyser systématiquement les animaux morts, mais attestent également de la difficulté de découvrir précocement les carcasses des animaux malades en forêt.

Tableau 2. Nombre de sangliers contrôlés dans le cadre de la surveillance événementielle et ratio par rapport au nombre d'animaux contrôlés dans le cadre de la surveillance programmée

ZI-ZOR*	Animaux tués à la chasse	Animaux trouvés morts ou malades	Ratio (en %)
2006	7 672	48	0,63
2007	9 910	91	0,92
2008	13 343	109	0,82
2009	10 829	45	0,42
2010	8 553	42	0,49
2011	7 651	26	0,34
2012**	2 817	3	0,11
2013	7 728	5	0,06

* Zone infectée vaccinée/Zone d'observation renforcée.

** Données 2012 disponibles uniquement pour le 1^{er} semestre, modification du zonage (ZOR au lieu de ZI) et abandon de la filière destruction et du système de collecte des carcasses vers l'équarrissage en octobre 2013.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des personnes qui ont permis la réalisation de cette étude et l'amélioration de la surveillance et de la gestion de la PPC en milieu sauvage. Les FDC et chasseurs bénévoles de Moselle et du Bas-Rhin qui réalisent les prélèvements de chasse, et tout particulièrement les locataires de chasse et gardes particuliers ayant accueilli l'étude de capture-recapture de l'été 2013 et qui ont systématiquement prélevé des sangliers marqués par la suite. Les agents de l'ONF du Bas-Rhin et de la Moselle pour leur contribution sur le terrain et leur expertise des SIG. Les DDT du Bas-Rhin et de la Moselle pour leur appui administratif et leur expertise des SIG. Les agents de l'ONCFS: Direction des études et recherche de l'ONCFS, la division convention, DIR Nord-Est et SD du Bas-Rhin. Deux relecteurs anonymes et l'équipe éditoriale du BE pour leur relecture attentive et détaillée du présent article.

Références bibliographiques

- Abrial D, Calavas D, Jarrige N, Ducrot C (2005). Poultry, pig and the risk of BSE following the feed ban in France – a spatial analysis. *Vet Res* 36: 615-628.
- Afssa (2008). Une méthode qualitative d'estimation du risque en santé animale. Afssa, Maisons-Alfort, France. 67pp.
- Afssa (2010). Evaluation des risques concernant l'allègement des mesures de surveillance et de lutte au regard de la peste porcine classique chez les sangliers sauvages. Anses, Maisons-Alfort, France. 47pp.
- Anses (2014). Avis relatif à la situation sanitaire et le risque d'émergence en matière de peste porcine classique dans les Vosges du Nord. Anses, Maisons-Alfort, France. 107pp.

- Blome S, Gabriel C, Staubach C, Leifer I, Strebelowa G, Beer M (2011). Genetic differentiation of infected from vaccinated animals after implementation of an emergency vaccination strategy against classical swine fever in wild boar. *Vet Microbiol*, doi:10.1016/j.vetmic.2011.05.039.
- Calenge C, Rossi S (2014). Bayesian modelling of hunting data may improve the understanding of host–parasite systems: Wild boar diseases and vaccination as an example. *J Theor Biol*, 343, 32-43.
- Decors A, Hars J, Faure E, Quintaine T, Chollet JY, Rossi S (2014). Le réseau SAGIR: un outil de vigilance vis-à-vis des agents pathogènes exotiques. *Bull Epid Santé Anim Alim*, 66, 35-39.
- EFSA (2008). Control and eradication of Classic Swine Fever in wild boar. Scientific opinions of the Panel on Animal Health and Welfare (Question No EFSA-Q-2007-200). Adopted on 12 December 2008. *EFSA J*, 932, 1–18.
- Gilot-Fromont E, Jégo M, Bonenfant C, Gibert P, Rannou B, Klein F, Gaillard JM (2012). Immune phenotype and body condition in roe deer: individuals with high body condition have different, not stronger immunity. *PLoS ONE* 7(9): e45576. doi: 0.1371/journal.pone.0045576
- Kaden V, Heyne H, Kiupel H, Letz W, Kern B, Lemmer U, Gossger K, Rothe A, Bohme H, Tyrpe P (2002). Oral immunisation of wild boar against classical swine fever: concluding analysis of the recent field trials in Germany. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr*, 115,179–185.
- Kaden V, Kramer M, Kern B, Hlinak A, Mewes L, Hänel A, Renner Ch, Dedek J, Bruer JW (2006). Diagnostic procedures after completion of oral immunisation against classical swine fever in wild boar Laboratory diagnosis. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* 2006, 25:989-997.
- Lange M, Kramer-Schadt S, Thulke HH (2012). Efficiency of spatio-temporal vaccination regimes in wildlife populations under different viral constraints. *Vet Res*, 43, 1–12.
- Leifer I, Depner K, Blome S, Le Potier MF, Le Dimma M, Beer M, Hoffmann B (2009). Differentiation of C-strain "Riems" or CP7_E2alf vaccinated animals from animals infected by classical swine fever virus field strains using real-time RT-PCR. *J Virol Meth*, 158: 114-122.
- Louguet Y, Masse-Provin N, Le Potier M-F, Rossi S (2005). Mesures de gestion de la peste porcine classique sur la faune sauvage: stratégie vaccinale. *Bull Epid*, 19, 3-5.
- Marcé C, Simon G, Rose N, Martin C, Saubusse T, Rossi S, Le Potier MF (2013). Bilan de la vigilance à l'égard des pestes porcines classique et africaine en France métropolitaine et d'Outre-mer en 2012. *Bull Epid Santé Anim Alim* 59: 50-53.
- Piriou L, Chevallier S, Hutet E, Charley B, Le Potier MF, Albina E (2003). Humoral and cell-mediated immune responses of d/d histocompatible pigs against classical swine fever (CSF) virus. *Vet Res*, 34(4): 389-404.
- Rossi S, Fromont E, Pontier D, Cruciere C, Hars J, Barrat J, Pacholek X, Artois M (2005). Incidence and persistence of classical swine fever in free-ranging wild boar (*Sus scrofa*). *Epidemiol Infect*, 133, 559–568.
- Rossi S, Pol F, Forot B, Masse-Provin N, Rigaux S, Bronner A, Le Potier MF (2010). Preventive vaccination contributes to control classical swine fever in wild boar (*Sus scrofa* sp.). *Vet Microbiol*, 142:99-107.
- Rossi S, Bronner A, Pol F, Martin-Schaller R, Kadour B, Marcé C, Le Potier M-F (2011). Bilan et évolution du dispositif de surveillance et de lutte contre la peste porcine classique du sanglier en France (2004-2010). *Bull. Epid. Santé Anim. Alim*, 45, 8.
- Rossi S, Doucelin A, Eraud C, Le Potier M-F, Gilot-Fromont E (2013). Innate immunity correlates with host fitness in wild boar (*Sus scrofa*) exposed to classical swine fever. *PLoS ONE* 8(11): e79706. doi:10.1371/journal.pone.0079706.
- Rossi S, Le Dimma M, Hamman R, Puthiot G, Masson JD, Gilot-Fromont E, Petit G, Martin-Schaller R, Kadour B, Hars J, Chollet J-Y, Marce C, Le Potier M-F (2014). Convention relative à la participation de l'ONCFS au suivi de la peste porcine classique (PPC) par capture-marquage-recapture de sangliers sauvages. Rapport intermédiaire, 35pp.
- Saubusse T, Masson J-D, Le Dimma M, Abrial D, Marcé Clara, Martin-Schaller R, Dupire A, Le Potier M-F, Rossi S (soumis). How to survey classical swine fever in wild boar (*Sus scrofa*) after the completion of oral vaccination? Chasing away the ghost of infection at different spatial scales. *Vet Res*, sous presse.
- Simon G, Le Dimma M, Le Potier M-F, Pol F (2013). Molecular tracing of classical swine fever viruses isolated from wild boars and pigs in France from 2002 to 2011. *Vet Microbiol*, 166, 631-638.
- von Rüden S, Staubach C, Kaden V, Hess RG, Blicke J, Kühne S, Sonnenburg J, Fröhlich A, Teuffert J, Moennig V (2008). Retrospective analysis of the oral immunisation of wild boar populations against classical swine fever virus (CSFV) in region Eifel of Rhineland-Palatinate. *Vet Microbiol*, 132, 29-38.