

Impact de la FCO en France continentale

1 Introduction

Ces vingt dernières années, les études médico-économiques se sont développées dans le domaine de la santé animale. En témoigne le nombre croissant de rapports, d'articles scientifiques en lien avec ce domaine (Figure 6). L'objectif de ce chapitre est d'apporter des informations nouvelles concernant l'impact de la circulation de la FCO en France entre sa réémergence en 2015 et fin 2016. Pour cela, nous avons, dans un premier temps, collecté des informations concernant le nombre et le coût des opérations réalisées dans le cadre de la surveillance de la FCO. Nous avons ensuite réparti les coûts selon le contexte dans lequel ces analyses étaient réalisées, et de fait, selon les principaux acteurs de la filière prenant en charge ces analyses. Une estimation des coûts globaux de la surveillance de la FCO est finalement présentée pour chaque contexte de la surveillance.

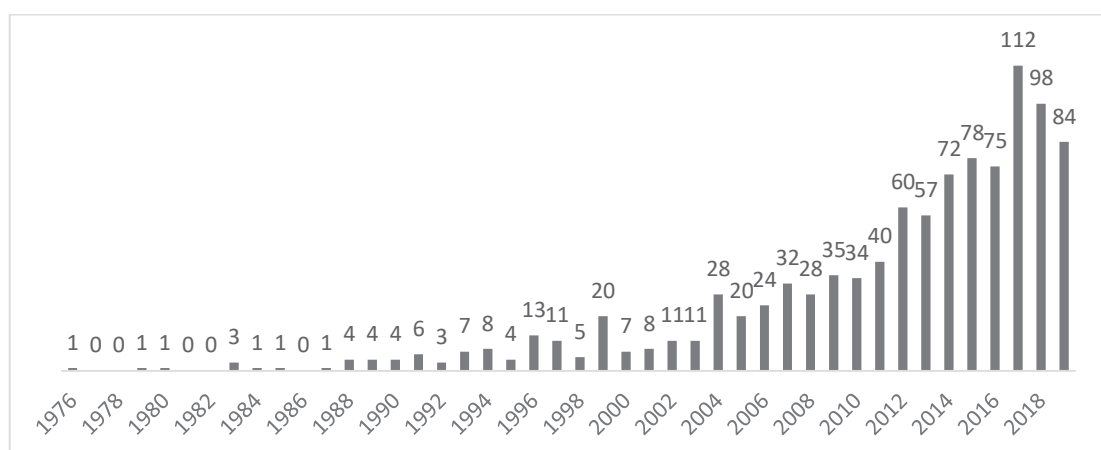


Figure 6 : Nombre d'article référencés sur PubMed portant sur l'économie de la santé animale (Medline 1946). La requête exacte lancée pour obtenir ces résultats était (animal health[Title/Abstract]) AND (economic[Title/Abstract] OR cost[Title/Abstract]).

Dans une seconde partie, nous souhaitons apporter un éclairage complémentaire concernant l'impact de la circulation de la FCO. L'angle choisi a été l'étude de la dynamique de mouvements, puisque les exportations représentaient une part importante de l'activité de la filière bovine. Les volumes de bovins sortant d'élevages pour différentes raisons (c.-à-d. mortalité, vente en France, exportation, envoi à l'abattoir, ou toutes raisons confondues), ont été analysés selon la classe d'âge des animaux, au niveau national ou dans des départements présentant une grande diversité de statuts sanitaires. Nous avons pour cela utilisé une méthode de détection d'anomalies précoces, que nous avons adaptée afin de détecter à la fois les déficits et les excès qui surviendraient.

2 Evaluation des coûts liés aux dispositifs de surveillance de la FCO en France continentale suite à la réémergence de 2015

La première épizootie, due aux sérotypes 8 (FCO-8) et 1 (FCO-1) de la FCO, a engendré des pertes économiques importantes liées à la circulation de ces virus dans les élevages (surmortalité, avortement, perte de production de lait et de viande) (Dal Pozzo, Saegerman, et Thiry 2009; Elbers *et al.* 2008; Nusinovici *et al.* 2012a; 2012b; 2013) et aux mesures de lutte (restriction de mouvements, vaccination) imposées par la réglementation européenne (Prentice *et al.* 2017; Tago *et al.* 2014; Perrin, Ducrot, *et al.* 2010; Nusinovici *et al.* 2011; 2012a; 2012b; 2013). Suite à des campagnes de vaccination obligatoires (2008-2010), puis facultatives (2010-2012), la France a recouvré son statut indemne en 2012 (Anonyme 2012a). Cette situation favorable a permis d'alléger la surveillance de la maladie sur le territoire (DGAL/SDSPA 2013) pour ne conserver qu'une surveillance sérologique programmée (selon la directive CE/75/2000 de l'union européenne (Anonyme 2007; 2012a; 2000)) et une surveillance événementielle, afin de détecter et alerter précocement en cas de nouvelle introduction ou de ré-émergence sur le territoire.

En août 2015, un cas clinique de FCO sérotype 8 (FCO-8) a été détecté dans l'Allier chez un bélier présentant des signes cliniques. La mise en évidence de la présence du virus dans onze des douze élevages analysés dans les deux kilomètres autour du foyer a conduit d'une part à un renforcement de la surveillance événementielle et d'autre part à la mise en œuvre d'une enquête programmée à l'échelle nationale entre septembre et octobre 2015 (DGAL/SDSPA 2015j). Cette enquête, conduite sur un échantillon aléatoire d'élevages bovins, a révélé une distribution spatiale étendue du virus FCO-8, avec 27 élevages de neuf départements français (Allier, Cantal, Cher, Creuse, Indre, Loire, Nièvre, Puy-de-Dôme et Saône-et-Loire) infectés au 12 novembre 2015. A cette même date, 52 foyers supplémentaires avaient été localisés via les analyses pré-mouvements et la surveillance événementielle dans d'autres départements de France continentale (Aveyron, Corrèze, Haute-Loire et Loiret) (Bournez *et al.* 2015). En application du règlement européen (2007/12668/CE) relatif à la lutte contre la fièvre catarrhale du mouton, des restrictions de mouvements d'animaux sensibles ont été définies autour des foyers afin d'empêcher la diffusion du virus.

La sortie des ruminants hors de la ZR, dont l'étendue a augmenté en automne 2015 à la faveur de la détection de foyers dans de nouveaux territoires, était autorisée sous certaines conditions de dérogation. Ainsi, en l'absence de vaccins disponibles, les mouvements de sortie de ZR n'étaient autorisés que pour les veaux de moins de 70 jours et pour les bovins de retour d'estive, sous conditions d'une analyse Rt-PCR, et de l'isolement et de l'assainissement des moyens de transport (DGAL/SDSPA 2015e; 2015f; 2015g). A partir de

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

février 2016, les doses de vaccin, en nombre insuffisant, ont été mises à disposition en priorité pour les animaux destinés aux exportations et aux échanges. Ainsi, les éleveurs pouvaient déroger à l'interdiction de sortie de la ZR (Anonyme 2007; DGAL/SDSPA 2015a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015e; 2015f; 2015g; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2016f; 2016g) soit par la vaccination, soit par une combinaison de deux analyses PCR pré-mouvements, accompagnée de mesures de désinsectisation et de confinement (protocole « double PCR ») pour les animaux destinés à un autre élevage, les petits ruminants en transhumance, les animaux reproducteurs à destination d'un centre de sélection, et ce depuis une exploitation de la ZR vers la ZI en France. Pour les échanges intra-européens, les animaux devaient être vaccinés, sauf dans le cas de l'Espagne, de l'Italie et de la Belgique qui acceptaient l'importation de bovins français non vaccinés sous couvert d'un résultat Rt-PCR négatif (complété par une protection contre les vecteurs pendant quatorze jours pour l'Espagne) (DGAL/SDSPA 2015a; 2015b; 2015c; 2015d; 2015f; 2015g; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2016f; 2016g).

Au cours de l'hiver 2015-2016, un dispositif de surveillance combinant suivi entomologique hebdomadaire et dépistage programmé dans un échantillon d'élevages a été mis en place pour démontrer l'existence de ZSI de FCO (DGAL/SDSPA 2015i) et ainsi lever temporairement les restrictions de mouvements des animaux non vaccinés. Cette surveillance visait également à actualiser la connaissance de la distribution spatiale du virus FCO-8 durant l'hiver et à estimer la séroprévalence sur le territoire national afin de préciser le statut immunologique du cheptel français et son niveau de protection vis-à-vis du sérotype 8. Ces zones ont été maintenues jusqu'à la reprise de l'activité vectorielle survenant classiquement au printemps.

A partir de juillet 2016, une surveillance programmée a été conduite dans les ZI et dans les départements de la ZR limitrophes des départements de la ZI de manière à détecter le plus précocement possible la circulation de virus FCO-8 en ZI et à mettre à jour l'étendue de la ZR (DGAL/SDSPA 2016j).

Les résultats des opérations de surveillance et de lutte conduites en 2015 ont été décrits précédemment (Bournez *et al.* 2016; Bournez, Sailleau, *et al.* 2018). L'objectif de la présente étude était de répertorier l'ensemble des coûts liés aux dispositifs de surveillance et de lutte vis-à-vis du virus BTV-8 mis en œuvre en 2015 et 2016 dans la filière bovine, de les répartir entre les différents acteurs de la filière et enfin de les quantifier.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

2.1 Matériel et méthodes

2.1.1 *Données d'interventions et d'analyses liées à la surveillance dans le cheptel bovin*

Entre la ré-émergence de la maladie due au sérotype 8 de la FCO et fin 2016, les opérations de surveillance mises en œuvre dans les élevages de bovins ont été effectuées dans le cadre de différents dispositifs de surveillance (DGAL/SDSPA 2015j; 2015k; 2015l; 2015i; 2016m; 2016j; 2016k) :

- la surveillance événementielle : visites, prélèvements et analyses Rt-PCR,
- les dépistages pré-mouvements : visites, prélèvements et analyses Rt-PCR. Les analyses Rt-PCR pouvaient être réalisées dans le cadre de différentes modalités de dérogation de sortie des animaux de la ZR :
 - Pour les mouvements nationaux, deux analyses étaient requises : une première Rt-PCR jusqu'à sept jours avant le mouvement et une seconde jusqu'à quatorze jours après l'arrivée des animaux,
 - Pour les échanges intra-communautaires, une PCR négative pouvait permettre de réduire le délai pour l'exportation des animaux après vaccination,
 - Les animaux de provenance de ZSI pouvaient également sortir de la ZR (France ou UE) avec un résultat négatif en PCR et quatorze jours passés en ZSI ou négatif en sérologie et 28 jours passés en ZSI,

Ces modalités étaient les plus utilisées par les exploitants mais d'autres conditions existaient pour des catégories d'animaux et/ou des destinations plus spécifiques,

- la surveillance programmée :
 - en septembre-octobre 2015 : visites, prélèvements et analyses ELISA réalisées sur 30 bovins par élevages, dans 60 élevages par région, pour évaluer l'étendue de la zone d'infection suite à la réémergence de la FCO,
 - de décembre 2015 à avril 2016 : visites, prélèvements et analyses ELISA réalisées à deux, voire trois reprises (espacées d'au moins 21 jours), sur quinze bovins (entre 12 et 36 mois) dans cinq à dix élevages par arrondissement (323 en tout en France continentale) et sur quinze bovins (de plus de 36 mois) dans cinq à dix élevages par arrondissement pour déterminer la distribution géographique du BTV-8, confirmer le statut de ZSI une fois l'inactivité vectorielle validée et étudier la séroprévalence au niveau national,
 - à partir de juillet 2016 : visites, prélèvements et analyses ELISA réalisées mensuellement pendant la période d'activité vectorielle (et aussi le reste de l'année pour les départements à période d'inactivité vectorielle courte, c.-à-d.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

inférieure à cinq semaines par an), sur 20 bovins par élevage dans neuf élevages par département, pour détecter précocement la circulation du FCO-8 en ZI,

- La gestion de suspicions : en cas de résultats non négatifs en Rt-PCR et en fonction du contexte épidémiologique (statut du département vis-à-vis de l'infection), d'autres prélèvements ont pu être réalisés sur le troupeau suspect et envoyés à un laboratoire départemental d'analyses (LDA) agréé pour réaliser une PCR de groupe et une PCR de typage moléculaire. Le laboratoire national de référence (LNR) de virologie de la FCO à l'ANSES Maisons-Alfort était amené à confirmer les résultats obtenus, au début de l'épizootie pour confirmer le résultat dans un département nouvellement atteint et, par la suite, confirmer les résultats douteux.

Les nombres d'interventions et d'analyses par dispositif de surveillance ont été extraits de SIGAL, le système d'information de la direction générale de l'alimentation (DGAL) et complété par le fichier du LNR FCO en virologie.

Les analyses réalisées suite à un résultat positif à l'analyse de première intention (quel que soit le cadre initial de la surveillance) étaient enregistrées sous le même dispositif que les opérations de surveillance événementielle en 2015 et 2016 et sous le même dispositif que les opérations de surveillance programmée pour l'année 2016 et n'ont donc pas pu être distinguées. Les analyses effectuées par les LNR (qui sont faites sur des prélèvements déjà effectués) ont été ajoutées aux opérations de gestion de suspicion en utilisant les tarifs des analyses des LDA.

Dans le cadre de la surveillance programmée réalisée au cours de l'hiver 2015/2016 pour établir les ZSI, le protocole consistait à prélever des bovins de différents élevages à une, deux ou trois reprises, en fonction du statut du département (ZI, ZR) et de l'activité vectorielle. Il a été donné la possibilité aux départements d'utiliser, pour la première série de dépistages, des prélèvements réalisés en décembre dans le cadre des opérations de surveillance programmée d'autres maladies réglementées (brucellose bovine, leucose bovine enzootique, etc.). Les coûts des visites et des prélèvements n'ont donc pas été comptabilisés pour ces analyses. Les analyses sérologiques ont été réalisées entre janvier et avril 2016 et les tarifs unitaires pour 2016 ont donc été appliqués. Le nombre de déplacements, prélèvements et analyses réalisés a été extrait des bilans réalisés par la Plateforme ESA (rapports non publiés).

2.1.2 *Honoraires vétérinaires et coûts unitaires des analyses*

L'Etat prend en charge les coûts relatifs aux opérations techniques (visites et prélèvements) et analyses réalisées dans le cadre de la suspicion clinique, des enquêtes programmées et de la gestion des suspicions. Les opérations de dépistage effectuées en amont et en aval du mouvement d'un bovin sont à la charge du détenteur.

Les tarifs des opérations techniques prises en charge par l'Etat sont fixés par l'arrêté du 10 décembre 2008 fixant les mesures financières relatives à la fièvre catarrhale du mouton (Anonyme 2008a). L'indemnisation d'une visite correspond à la somme des honoraires vétérinaires pour la visite de l'élevage, de la rémunération du temps de déplacement (par km) et de l'indemnisation des frais de déplacement (par km). Les honoraires vétérinaires s'élevaient à trois fois le montant de l'acte médical vétérinaire (AMV) pour une visite, l'AMV étant fixé à 13,85 € HT depuis le 1^{er} janvier 2013 (Anonyme 2012b). La rémunération du temps de déplacement était fixée forfaitairement à 1/15^{ème} d'AMV par kilomètre parcouru (Anonyme 1990; 2004) et le tarif d'indemnisation des frais de déplacement à 0,32 € HT par km (Anonyme 2008b) ; un trajet aller-retour de 15 km en moyenne (pour un véhicule de 6-7 CV) a été considéré afin de calculer la rémunération des frais et temps de déplacements. L'indemnisation d'un prélèvement de sang était de 1/5^{ème} d'AMV pour un bovin (Anonyme 2008a).

Pour les opérations à la charge des éleveurs, le montant des visites, des prélèvements, des indemnités de déplacement et des prélèvements sont établis dans les conventions départementales ou régionales, ou par arrêtés préfectoraux lorsque les parties concernées n'ont pu aboutir à un accord. Les tarifs moyens de ces actes ont été extraits d'une synthèse de 53 conventions ou arrêtés préfectoraux pour l'année 2015 (couvrant 66 départements métropolitains) effectuée par le Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER) (Gibon et Parle 2016; 2018). Le tarif moyen d'une visite était de 26,71 € HT. En ce qui concerne la rémunération des frais de déplacement et du temps de déplacement, les modalités divergeaient selon les conventions : pour 18 conventions, il s'agissait d'une rémunération globale kilométrique au taux de 0,59 € HT par km (de même que précédemment, un trajet aller-retour de quinze kilomètres en moyenne a été considéré) ; pour onze conventions, il s'agissait d'un forfait de 13,92 € HT par visite ; pour 22 conventions, cette rémunération était incluse dans le tarif de la visite ; et pour deux conventions, le montant de l'indemnisation n'était pas mentionné. Pour obtenir un tarif moyen applicable à toutes les visites à la charge des éleveurs, nous avons calculé la moyenne de la rémunération des frais et du temps de déplacement pondérée par le nombre de conventions correspondantes, à laquelle nous avons ajouté le tarif moyen d'une visite. Le coût des opérations techniques par modalité de surveillance a

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

été calculé au niveau du territoire national continental, à partir du produit entre le nombre d'opérations et le tarif unitaire correspondant.

Afin de connaître les tarifs des analyses, une enquête a été menée, avec l'appui de l'Association française des directeurs et cadres de laboratoires vétérinaires publics d'analyses (Adilva), auprès des laboratoires départementaux d'analyses agréés pour les méthodes de dépistage de la FCO. L'enquête portait sur les tarifs pratiqués par les laboratoires pour l'ELISA sur sérum sanguin individuel, l'analyse PCR sur sérum individuel, ainsi que sur le typage du sérotype 8. Les tarifs étaient demandés en € HT et selon le contexte de surveillance (surveillance programmée, surveillance événementielle, dépistage pré-mouvement ou investigation suite à une séroconversion). Le coût des analyses de laboratoire par modalité de surveillance a été calculé au niveau du territoire national continental, à partir du produit entre le nombre d'analyses et la moyenne des tarifs unitaire de base correspondant.

2.1.3 Surveillance entomologique

La surveillance entomologique des populations de *Culicoides* dans les zones de protection est une exigence détaillée dans la directive 2000/75/CE. Le règlement 2007/1266/CE précise les modalités de la surveillance pour déterminer la période saisonnièrement indemne de culicoïdes, dans l'objectif de bénéficier de dérogations à l'interdiction de sortie des zones réglementées. La réglementation européenne définit le nombre de pièges par unité géographique ainsi que le rythme de piégeage, mais permet de modifier ces préconisations sur la base de trois années consécutives de suivi entomologique. Le réseau de surveillance mis en place en 2009 a fonctionné avec 160 pièges pendant quatre années consécutives (Balenghien *et al.* 2013). Une analyse statistique des données de surveillance entomologique recueillies entre 2009 et 2011 (classification hiérarchique ascendante sur les données d'abondance, et de début et fin de période d'inactivité des culicoïdes, aussi appelé inactivité vectorielle) a permis de proposer un allègement du réseau en 2015 avec 49 zones de piégeage définies sur le territoire continental français en hiver 2015-2016, ramenées à 24 zones de piégeage pour les campagnes hivernales suivantes (c.-à-d. 2016-2017 et 2017-2018) (voir chap. 2).

Ces zones de piégeage rassemblaient et/ou découpaient (au niveau des arrondissements) un ou plusieurs départements, homogènes en termes de diversité des espèces, de durée d'inactivité vectorielle et de phénologie des populations (semaines de début et de fin d'inactivité). Chaque zone de piégeage (contiguë ou non) est représentée par un seul site de piégeage. Le choix du site de piégeage au sein de chaque zone repose sur un certain nombre de critères, à savoir : (i) une abondance annuelle forte en *Culicoides*, (ii) une

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

bonne accessibilité pour l'agent responsable du piégeage et (iii) la meilleure sensibilité possible aux culicoïdes vecteurs c.-à-d. présentant un profil de fin d'activité la plus tardive et de début d'activité la plus précoce parmi les sites potentiels connus/disponibles au sein de la zone concernée. L'activité des populations de *Culicoides* dans chacune des zones est surveillée par un piégeage hebdomadaire.

La coordination du réseau de surveillance entomologique est assurée par le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). Le matériel de piégeage est fourni par le Cirad et envoyé par colis postal à la personne contact de la zone désignée par les DDecPPs en amont des premières dates de piégeage. Dans le cadre de la surveillance hivernale, les captures sont réalisées chaque semaine sur un site pour chacune des 24 zones de piégeage définies pour la France continentale dans la nuit du lundi au mardi (sauf contraintes logistiques ou météorologiques, auquel cas, la capture est repoussée à la nuit suivante pour le site concerné). Les prélèvements sont envoyés le lendemain de la capture au Cirad pour identification et dénombrement. Les résultats des prélèvements sont saisis dans la base de données Ocapi (base de données dédiée à la surveillance des culicoïdes en France initiée par le Cirad et en lien avec la plateforme européenne de surveillance de la FCO), et rendus accessibles aux différents acteurs du réseau via le site <http://ocapi.cirad.fr>. Une approche conservatrice est appliquée pour les départements couverts par différentes zones de piégeage, c.-à-d. l'entrée en période d'inactivité pour le département concerné est déterminée par la dernière zone le couvrant pour laquelle cette inactivité a été prononcée. De même, lorsque la dernière zone couvrant un département est déclarée en reprise d'activité vectorielle (c.-à-d. fin de période d'inactivité), il en va de même pour le département.

D'autre part, une surveillance estivale peut être mise en place pour i) recueillir des données d'abondance et de dynamique des populations de *Culicoides* pour les confronter aux données historiques (2009-2012, 2015-2017) et aux données météorologiques et ii) réaliser une surveillance de virus FCO sans a priori au cours de la période d'activité vectorielle.

Les données concernant les coûts de la surveillance entomologique ont été récupérées auprès du Cirad. On peut distinguer les coûts de personnel et les coûts de terrain. Les coûts de terrain incluent la mise en place du dispositif (matériel de capture, cartons, envois postaux, reproduction des livrets du dispositif) et le déplacement des agents du Cirad sur les sites de capture pour former les acteurs en charge du piégeage et initier le dispositif. Les coûts de personnels correspondent notamment à l'identification des échantillons d'insectes piégés, à la saisie des résultats dans la base de données et à la restitution hebdomadaire qui en est faite auprès de la DGAI et des autres partenaires. La

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

coordination technique des opérations de terrain, ainsi que la coordination et l'animation de la surveillance (impliquant la formation des acteurs – éleveurs et agents de terrain – et la restitution des résultats à l'ensemble des partenaires – éleveurs, agents, partenaires publics) est aussi incluse dans ces coûts de personnel. A partir de ces résultats, une analyse rétrospective de la distribution et de la dynamique des espèces de *Culicoides* en France, notamment celles vectrices de maladies d'intérêt vétérinaire, est menée ; la réalisation de ces analyses statistiques est également incluse dans le coût de personnel. En 2016, une analyse statistique (disponible en Annexe 1 :) a été conduite pour redéfinir le maillage du dispositif de surveillance entomologique, à partir d'un zonage écologique (Villard *et al.* 2019). Le coût de cette analyse a été intégré dans l'estimation des coûts tout en tenant compte du fait qu'il s'agissait d'une dépense ponctuelle. Les coûts de personnel ont été majorés de 68 % pour prendre en compte les coûts indirects (frais généraux et administratifs).

Le nombre de piégeage a été extrait de différentes instructions techniques et des bilans de la surveillance entomologique pour les années étudiées. En 2015, la surveillance entomologique a été réalisée uniquement dans le cadre de la surveillance hivernale 2015-2016 en vue de la mise en place des ZSI ; il y a eu sept nuits de piégeage dans 49 sites (DGAL/SDSPA 2015h; Garros *et al.* 2017), soit 343 piégeages. En 2016, la surveillance entomologique a été réalisée dans le cadre de la surveillance hivernale 2015-2016 pour la mise en place et le maintien des ZSI avec 18 nuits de piégeage dans 49 sites (DGAL/SDSPA 2015h; Garros *et al.* 2017), dans le cadre de la surveillance entomologique en période estivale avec quatre nuits de piégeage dans 13 sites (DGAL/SDSPA 2016i) puis, dans le cadre de la surveillance hivernale 2016-2017 avec huit nuits de piégeage dans 24 sites (DGAL/SDSPA 2016h), soit un total de 1 126 nuits de piégeage pour l'année 2016.

2.2 Résultats

2.2.1 Honoraires vétérinaires et coûts des analyses

Les honoraires vétérinaires pour les opérations techniques ainsi que les tarifs moyens des analyses sont listés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Honoraires vétérinaires et tarifs des analyses (en € HT) dans le cadre des opérations de la surveillance de la FCO en 2015 et 2016.

Dispositif		Surveillance événementielle, surveillance programmée, gestion des suspicions	Dépistage pré-mouvement
Prise en charge		Etat	Eleveurs
Visite		60,20	32,60
Prélèvement		2,77	2,41
ELISA	2015	10,93	
	2016	11,22	
Rt-PCR	2015	33,50	
	2016	32,21	
Typage FCO-8	2015	30,90	
	2016	29,06	

Nous avons reçu les tarifs des analyses de 14 sur 68 laboratoires agréés, soit un taux de réponse d'environ 21 %. Les tarifs des analyses sont présentés dans la Figure 7.

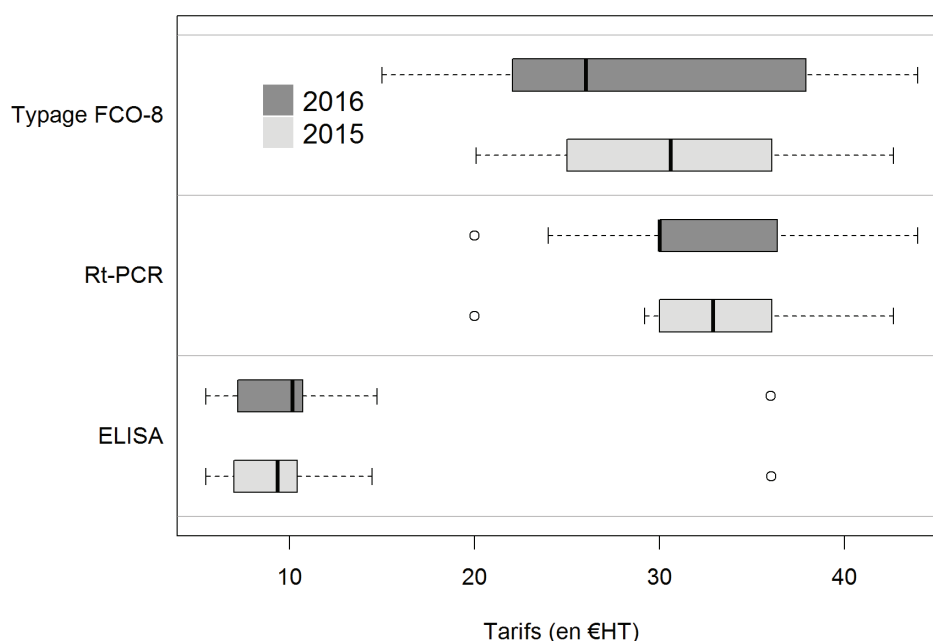


Figure 7 : Tarifs des méthodes de diagnostic de la FCO appliqués par les laboratoires en 2015 et 2016. Pour chaque boîte à moustache (boxplot), les traits verticaux représentent les premiers et neuvièmes déciles, les extrémités de la « boîte » représentent les premier (à gauche) et troisième (à droite) quartiles, le trait en gras représente la médiane et les points sont les valeurs extrêmes.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

Les résultats mettent en évidence que les tarifs médians des analyses ELISA et de Rt-PCR ont très peu évolué entre les deux années étudiées, contrairement à celui du typage FCO-8. Les tarifs des analyses sérologiques ne variaient pas en fonction du contexte des analyses (surveillance événementielle, programmée ou dépistage pré-mouvements). Par contre, pour les analyses virologiques, quatre laboratoires sur les quatorze agréés ont appliqué des tarifs différents selon le contexte : pour l'un des laboratoires, le tarif standard était utilisé uniquement pour les dépistages pré-mouvements tandis que les analyses réalisées dans les autres contextes étaient majorées à 51 % ; pour trois laboratoires, le tarif des analyses pré-mouvements étaient diminué de 20 % à 56 % par rapport au tarif appliqué dans le cadre des enquêtes programmées ou de la surveillance événementielle. De la même manière, deux laboratoires sur les dix effectuant le typage FCO-8 appliquaient des tarifs différents selon le contexte de l'analyse : dans un laboratoire, le tarif était majoré de 50 % pour les analyses réalisées dans le cadre de la surveillance programmée ou événementielle par rapport aux analyses de dépistage pré-mouvements et d'investigation suite à une séroconversion ; pour le second, le tarif de base était diminué de 70 % pour les analyses de surveillance programmée et événementielle, de dépistage pré-mouvements et pour les investigations à la suite d'une séroconversion.

2.2.2 Coût de la surveillance

Le coût total des opérations de surveillance dans la filière bovine entre septembre et décembre 2015 s'est élevé à 2,7 millions (M) € HT (Tableau 2). Parmi ces opérations, les enquêtes programmées réalisées en septembre-octobre 2015 autour du premier foyer de FCO-8 puis à l'échelle nationale ont coûté 1,7 M€ HT. Le coût associé à la surveillance événementielle était de 54 milliers (k) € HT. Les dépenses liées aux dépistages pré-mouvements ont été estimées à 927 k€ HT. Le coût des analyses de gestion de suspicions liés à ces opérations de surveillance était de 31 k€ HT.

Tableau 2 : Nombre d'opérations techniques et d'analyses par dispositif de surveillance de la FCO entre septembre et décembre 2015 et coûts associés en € HT.

Opérations	Surveillance événementielle		Dépistage pré-mouvement		Surveillance programmée		Gestion des suspicions		Total	
	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût
Visites	450	27 090	419	13 661	1 538	92 588			2 407	133 339
Prélèvements	750	2 078	25 413	61 245	43 077	119 323			69 240	182 646
ELISA			18	197	45	492			63	689
Rt-PCR	50	25 125	25 443	852 341	42 271	1 416 079	26	27 671	69 290	2 321 215
Typage FCO-8					895	27 656	21	3739	1 016	31 394
Total (HT)	54 293		927 444		1 656 137		31 410		2 669 283	

En 2016, le montant total des opérations de surveillance dans la filière bovine était de 11,7 M€ HT, incluant 94 k€ HT pour la suspicion clinique, 7,7 M€ HT pour les dépistages pré-mouvement, 2,4 M€ HT pour la surveillance programmée et 1,6 M€ HT pour la gestion des suspicions (Tableau 3).

Tableau 3 : Nombre d'opérations techniques et d'analyses par dispositif de surveillance de la FCO en 2016 et coûts associés en € HT.

Opérations	Surveillance événementielle		Dépistage pré-mouvement		Surveillance programmée		Gestion des suspicions		Total	
	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût	Nombre	Coût
Visites	301	18 120	4 339	141 472	3 472	209 014			8 112	368 606
Prélèvements	596	7 191	217 359	523 835	150 886	417 954			370 841	948 980
ELISA			95	1 066	149 910	1 681 990			150 005	1 683 056
Rt-PCR	121	68 317	218 435	7 035 791	1 719	55 369	38 149	1 228 779	260 424	8 388 257
Typage FCO-8					45	1 308	12 235	355 549	12 280	356 857
Total (HT)	93 629		7 702 164		2 365 636		1 584 328		11 745 757	

La surveillance programmée durant l'hiver 2015-2016 (décembre-avril) pour identifier les ZSI a coûté 559 k€ HT ; la répartition des coûts par type de dépenses est détaillée dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Nombre d'opérations techniques et d'analyses pour la surveillance visant à établir les ZSI au cours de l'hiver 2015-2016 et coûts associés en € HT.

	Nombre	Coût
Visites	673	40 515
Prélèvements	6 725	18 628
Elisa	43 101	483 593
PCR	501	16 137
Total (HT)		558 873

Nous avons décompté 264 cheptels ayant eu recours à des analyses pré-mouvement entre septembre et décembre 2015 et 1 726 élevages en 2016. Le coût médian de ces opérations par cheptel, en incluant les visites, les prélèvements et les analyses, était de 176 € HT en 2015 et 238 € HT en 2016 (Tableau 5).

Tableau 5 : Nombre d'élevages soumis à des dépistages pré-mouvements vers des zones indemnes pour 2015 (septembre-décembre) et 2016 et distribution des coûts totaux (visites, prélèvements et analyses) entre élevages en € HT.

Année	Nombre d'élevages	Nombre de bovins testés par élevage		Coût par élevage	
		Médiane et intervalle interquartile	Minimum et maximum	Médiane et intervalle interquartile	Minimum et maximum
2015	264	4 [1-25]	1 – 5 331	176 [69-947]	35 – 191 862
2016	1 726	56 [14-358]	1 – 74 131	238 [102-648]	33 – 768 960

2.2.3 Coût du dispositif de surveillance entomologique

La surveillance entomologique a eu un coût global de 43 k€ en 2015 et de 171 k€ en 2016 (Tableau 6).

Tableau 6 : Coûts par piège et coûts totaux de la surveillance entomologique pour novembre-décembre 2015 (343 piégeages) et pour l'année 2016 (1 126 piégeages) en €.

Postes de dépenses liés à la surveillance entomologique	Catégorie de coûts	Coût par piège		Coût totaux	
		2015	2016	2015	2016
Coordination de la surveillance entomologique, formation et restitution des résultats de la surveillance entomologique en France continentale	Animation	27	34	9 190	37 852
Analyse rétrospective de la distribution et de la dynamique des espèces de <i>Culicoides</i> en France (et définition du zonage écologique en 2016)	Appui scientifique et technique	13	13	4 436	14 673
Coordination technique de la surveillance entomologique en France continentale	Animation	10	12	3 580	13 098
Identification des échantillons de la surveillance en France continentale et saisie des résultats dans la base de données Ocapi	Appui scientifique et technique	18	21	6 060	24 088
Sous-total coûts de personnel direct		68	80	23 266	89 711
Sous-total coûts personnel indirects (68 % des coûts directs)		46	54	15 821	61 003
Matériel pour remise en place du dispositif: Matériel de capture, cartons, envois postaux, reproduction des livrets du dispositif	Appui scientifique et technique	8	12	2 800	13 284
Missions et déplacement sur site	Animation	4	6	1 400	6 642
Sous-total des coûts de consommables et de missions		12	18	4 200	19 926
Total du coûts de la surveillance entomologique		126	152	43 288	170 641

La surveillance entomologique s'est déroulée sur quatre semaines en 2015 contre 30 en 2016 ; en outre, cette augmentation importante de l'effort de capture sur le terrain s'est accompagnée d'une augmentation des coûts unitaires : les coûts de coordination de la surveillance entomologique par piégeage ont augmenté de 25 %, ceux de coordination technique de la surveillance entomologique par piégeage de 11 %, ceux d'identification des

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

échantillons par piégeage de 21 % et ceux de consommables et de mission par piégeage de 45 % entre 2015 et 2016. Seul le coût unitaire des analyses statistiques est resté stable entre 2015 et 2016 malgré la surcharge de travail entraînée par la définition d'un nouveau zonage, à partir de l'analyse statistique de la distribution et de la dynamique des culicoïdes.

La répartition des coûts entre l'animation du dispositif d'un côté et l'appui scientifique et technique de l'autre est équilibrée (52,8 % en 2015 et 54,1 % en 2016 pour l'animation et 47,2 % en 2015 et 45,9 % en 2016 pour l'appui scientifique et technique). Les consommables et frais de missions relatifs à la mise en fonctionnement des sites de capture ne représentent que 11,3 % du total des dépenses (9,7 % en 2015 et 11,7 % en 2016).

2.2.4 Répartition des coûts entre les éleveurs et l'Etat

Le coût total de la surveillance de la FCO dans la filière bovine et pour le suivi vectoriel a été estimé à 2,7 M€ HT en 2015 et 11,9 M€ HT en 2016. Les actes effectués dans le cadre des dépistages pré-mouvements sont à la charge des exploitants, pour un coût total de 927 k€ HT en 2015 (sur la période septembre-décembre) et 7,7 M€ HT en 2016. L'Etat a pris en charge l'ensemble des coûts liés aux opérations de surveillance événementielle, de surveillance programmée et de gestion des suspicions dans les élevages bovins, et les dépenses issues de la surveillance entomologique, pour un coût total estimé à 1,8 M€ HT en 2015 et 4,2 M€ HT en 2016.

2.3 Discussion

Les mesures de surveillance des bovins mises en œuvre suite à la réémergence du sérotype 8 de la FCO en 2015 ont coûté à l'Etat environ 1,8 M€ HT sur la période septembre-décembre 2015 et 4,0 M€ HT en 2016. A titre de comparaison, le coût de la surveillance pour l'Etat s'était élevé à 45 500 € HT en France continentale en 2014 (Perrin *et al.* 2015). Sur la période janvier-août 2015, le coût de la surveillance était de 288 k€ HT pour l'Etat ; l'augmentation entre 2014 et 2015 étant liée à l'enquête conduite dans les Bouches du Rhône suite à l'importation de taureaux positifs en RT-PCR (Bournez, Sailleau, *et al.* 2018). Ainsi, le coût annuel de la surveillance dans les élevages bovins et des vecteurs en 2016 (7,9 M€ HT), où la maladie était présente sur l'ensemble du territoire continental, était plus de 90 fois supérieur aux coûts de la surveillance en 2014 (où la France était en statut indemne, avec une surveillance uniquement dans les élevages bovins).

A ces coûts s'ajoutent les dépenses par les éleveurs pour les opérations techniques et analyses pour prouver le statut indemne des bovins en vue d'un mouvement, estimés à 927 k€ HT en 2015 (sur la période septembre-décembre) et 7,7 M€ HT en 2016 ; ces montants n'incluent pas le coût de désinsectisation (des animaux et des moyens de transport), ni celui

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

des visites pour vaccination également pris en charge par les éleveurs (le vaccin étant à la charge de l'Etat). De plus, une partie de ces analyses n'a pas été enregistrée dans SIGAL par les laboratoires en particulier au début de l'épizootie car les systèmes de gestion de l'information des laboratoires n'étaient pas adaptés. Nos résultats ont montré que malgré la plus courte durée d'exposition aux mesures de restrictions de mouvement en 2015 qu'en 2016, les éleveurs ont dépensé des montants équivalents pour les opérations liées aux dépistages pré-mouvement dans leur élevage (50 % des éleveurs ont payés entre 68,51 € HT et 947,48 € HT entre septembre et décembre 2015 et entre 101,84 € HT et 648,21 € HT sur l'année 2016). Il est possible que compte tenu du nombre insuffisant de doses vaccinales en 2015, les éleveurs aient eu recours aux analyses PCR pour garantir le statut des animaux et ainsi, les vendre ou les exporter. En 2016, les vaccins étant de nouveau disponibles, les éleveurs ont pu diminuer leur recours aux analyses PCR et utiliser les vaccins pour déplacer leurs animaux. La vaccination étant à la charge exclusive des éleveurs mais non-incluse dans cette estimation, cela pourrait expliquer la similarité des dépenses des éleveurs en fin d'année 2015 comparé à leurs dépenses sur l'ensemble de l'année 2016. Il est à noter que pour 1 % des exploitants, les montants dépensés dans le cadre des mouvements de bovins étaient très élevés (entre 77 k€ HT et 192 k€ HT en 2015 et entre 99k€ HT et 767 k€ HT en 2016). Ces élevages étaient soit des exploitations avec un atelier d'engraissement, soit des centres de rassemblement ou des exploitations de négoce, c'est-à-dire des établissements où la revente de bovins vivants est le pilier principal de leur modèle économique. Il n'est pas à exclure que les détenteurs d'animaux aient modifiés leurs pratiques afin d'être moins soumis aux analyses ou vaccins nécessaire aux mouvements de bovins (voir chap.1§3.3).

Plusieurs sources de coûts n'ont pas été prises en compte (ou partiellement), en raison de données incomplètes ou non disponibles ou du fait d'un manque de connaissance sur les modalités d'application selon les départements. Ainsi, le coût du matériel de prélèvement et de conditionnement, les frais de collecte des échantillons par les laboratoires ou d'envoi aux laboratoires, les frais de préparation et de conservation n'ont pas été comptabilisés dans les coûts des analyses. Par exemple, certains laboratoires ont mentionné appliquer des coûts de préparation (entre 0,69 et 1,22 € par échantillon) et/ou de conservation (entre 0,69 et 2,60 € par échantillon), mais ces coûts ne sont pas systématiques (les frais de conservation n'étaient par exemple appliqués qu'au moment de la ré-utilisation de l'échantillon conservé). De même, certains LDA obtiennent des subventions de la part des départements, donc indirectement de l'Etat. Ces subventions pouvaient soit permettre aux LDA d'effectuer des investissements afin d'améliorer leurs capacités techniques pour mieux répondre à leurs missions, ou à diminuer le prix des analyses pour les éleveurs dans certaines circonstances. Dans les deux cas, la facture s'alourdit pour l'Etat mais dans le second cas, celle des éleveurs s'allège en contrepartie.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

L'évaluation des coûts de la surveillance dans la filière bovine (Tableau 6) a porté uniquement sur les coûts des opérations techniques et n'inclut pas les coûts liés à la gestion administrative et à l'animation de ces dispositifs. Or, le fonctionnement d'un réseau de surveillance engendre de multiples sources de coûts, telles que des ressources humaines pour les services de l'État et les organismes délégataires (Groupements de défense sanitaire), des coûts de fonctionnement et des charges de structure pour ces organismes. En 2015-2016, l'animation du dispositif était assurée par la DGAL appuyée par les animateurs de chacun des réseaux de professionnels intervenant dans la surveillance et la gestion de la FCO. L'estimation de ces coûts nécessiterait la mise en place en amont d'une comptabilité analytique, uniformisée entre les départements. De plus, un groupe national de la surveillance de la FCO était animé dans le cadre de la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (Plateforme ESA) et avait la charge de la rédaction des protocoles de surveillance et réalisait des analyses statistiques compilées en bilans très réguliers. La mise en place d'un système de comptabilité, comme c'est le cas pour la surveillance entomologique avec le Cirad, permettrait de mieux calculer les coûts de tous les dispositifs sanitaires soutenus par l'État. Ce changement devra être précédé d'une importante sensibilisation des acteurs des différents services de l'État afin que les nouveaux outils de comptabilité soient adaptés aux différents types de dépenses et d'opérations de surveillance.

En complément, l'investissement des acteurs de terrain, et notamment des vétérinaires sanitaires et des éleveurs, est essentiel à la qualité des données ainsi qu'à leur transmission et donc à l'efficacité de ces dispositifs (Palussière, Calavas, et Bronner 2013). Dans un contexte où le coût des actes de prophylaxie est très hétérogène d'un département à l'autre, des travaux permettant de développer une méthode de construction des coûts, appuyée par une charte définissant les objectifs de la surveillance et les rôles et responsabilités de chaque acteur, pourrait permettre d'objectiver et de clarifier la rémunération des vétérinaires. Ce travail complexe nécessiterait d'associer l'ensemble des acteurs concernés au niveau local et national pour co-construire cette méthode.

Aux coûts des opérations de surveillance, s'ajoutent des coûts annexes pour les éleveurs liés à la mise en place des mesures de restriction. En effet, ces restrictions contraignent les éleveurs à conserver les animaux dans l'exploitation, entraînant potentiellement une augmentation de la mortalité, de la morbidité, des coûts de médecine vétérinaire préventive, d'alimentation et de stabulation, comme cela avait été montré pour l'épizootie de FCO de 2006-2008 (Tago *et al.* 2014). Toutefois, la fusion des zones de surveillance et de protection (DGAL/SDSPA 2015a) a permis aux éleveurs de l'ancienne ZP de s'affranchir des mesures de restriction pour les mouvements vers l'ensemble de la ZR, et ainsi de se soustraire aux risques sanitaires liés à une surpopulation animale au sein de leur

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

élevage. Ces coûts dépendent des capacités matérielles des élevages, notamment en termes d'alimentation (achetées ou produites sur place) et de bâtiments (propriétaire ou locataire, avec ou sans contraintes capacitaires).

Dans l'optique d'exporter leurs animaux, les éleveurs étaient contraints d'effectuer soit une vaccination préalable des bovins concernés, soit un test RT-PCR dont le résultat devait être négatif, soit les deux (dans le cas où la seconde injection du vaccin aurait été réalisée trop tardivement par rapport au mouvement prévu), avec des conditions de confinement vectoriel (c.-à-d. désinsectisation des bâtiments et isolement des bovins) en fonction de la destination et des différents protocoles bilatéraux. Ces opérations étant à la charge des éleveurs, ces dépenses venaient peser sur ces acteurs primordiaux de la filière.

Au cours du premier épisode de FCO (épizootie de 2006-2008), les vaccins ont été utilisés comme moyen de lutte pour prévenir la diffusion de la FCO (avec une prise en charge des honoraires vétérinaires par l'Etat), et comme moyen de prévention en proposant aux éleveurs de vacciner leur cheptel de manière volontaire (DGAL/SDSPA 2016) et ce, à leur charge. Après cette épizootie, une fois la vaccination devenue facultative (c.-à-d. en 2011), très peu d'animaux avaient bénéficié de la vaccination (Courtejoie, Salje, *et al.* 2018). Pour 2015-2016, on ignore combien d'animaux ont été vaccinés, qu'ils soient destinés aux échanges et aux exportations ou non. Une étude complémentaire sur le recours et les conditions d'usage de la vaccination par les éleveurs, basée sur les données de vente de vaccin aux vétérinaires, permettrait d'évaluer les coûts associés à la vaccination au cours de l'épizootie en cours depuis 2015.

De même, il serait intéressant de conduire une étude complémentaire afin d'estimer l'efficacité des ZSI en comparant, d'une part, les coûts associés à la mise en place et au maintien des ZSI, et aux analyses nécessaires aux mouvements depuis ces ZSI et, d'autre part, les montants des analyses ou vaccins qu'il aurait fallu utiliser pour permettre les mouvements de bovins si le département était considéré comme une ZR. Il faudrait estimer en parallèle si la mise en place des ZSI a permis de restaurer des volumes d'échanges comparables à ceux attendus en ZI, ou si les analyses nécessaires dans le cas de mouvement hors de ZSI étaient toujours trop contraignantes pour les éleveurs.

Enfin, le dispositif de surveillance avait tout de même prouvé son efficacité puisque le virus FCO-8 a été détecté de manière précoce grâce à la surveillance clinique au regard du dispositif de surveillance prévu. En effet, le virus circulait alors chez moins de 5 % des animaux dans les zones les plus touchées (Courtejoie, Salje, *et al.* 2018) alors que le dispositif de surveillance était prévu pour détecter une prévalence supérieure ou égale à 20 % (2007/1266/CE, Directive 2007/75). Des tests sérologiques positifs avaient été obtenus

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

auparavant mais ils n'avaient jamais été investigués plus en détail du fait de doutes sur la spécificité de la technique (Anses 2015). Par ailleurs, une étude récente a mis en évidence des résultats sérologiques positifs sur des échantillons récoltés au cours des hivers 2014-2015 et 2015-2016 dans le cadre de la surveillance contre la brucellose bovine et la rhinotrachéite infectieuse bovine (Courtejoie, Salje, *et al.* 2018). Cependant, bien que le niveau de circulation du virus était encore faible au moment de sa détection, sa présence était étendue à plusieurs régions et le nombre de vaccins encore disponible était très largement insuffisant pour envisager une éradication rapide.

Rétrospectivement et au regard du caractère désormais enzootique du FCO-8, ces résultats remettent en cause la pertinence de la surveillance mise en place en amont de la détection du virus en septembre 2015. L'utilisation d'un modèle de diffusion de la FCO (Courtejoie, Cauchemez, *et al.* 2019; Turner, Bowers, et Baylis 2012) permettrait, par simulation, d'estimer tant l'efficacité que le coût de la mise en place et du maintien d'une surveillance programmée permettant la détection d'une prévalence plus faible. Une détection plus précoce aurait pu permettre la circonscription du virus à une zone restreinte voir à éradiquer l'infection, par la mise en place de mesures de lutte (notamment via la vaccination, à condition de disposer d'une banque de vaccins suffisante pour procéder à l'éradication précoce du virus).

2.3.1 *Evolution des modalités de surveillance depuis 2018*

Suite à l'introduction du FCO-4 en novembre 2017 en Haute Savoie et à sa diffusion rapide sur l'ensemble du territoire, les sérotypes 4 et 8 de la FCO sont considérés comme enzootiques en France continentale depuis début 2018 (Anonyme 2017). Dès lors, les réglementations qui régissaient la surveillance et la lutte contre la FCO-8 ont évoluées (DGAL/SDSPA 2018b).

La surveillance évènementielle est toujours en place de manière continue sur l'ensemble du territoire afin de détecter l'intrusion d'un sérotype exotique ou la circulation des sérotypes 4 et 8 dans les zones sans foyer déclaré au cours de l'année et de connaître l'intensité de la circulation et de l'impact sanitaire des sérotypes 4 et 8 en ZR en France continentale. Pour cela, l'Etat prend en charge les opérations techniques et analyses (Rt-PCR de groupe et de typage des sérotypes 4 et 8 si la PCR s'est révélée positive).

La vaccination ou le dépistage pré-mouvement est également maintenu pour les exportations vers l'étranger (soumis à un protocole spécifique ou non) et pour les mouvements depuis une ZR vers une ZI d'un sérotype particulier (c.-à-d. la Corse qui est indemne de sérotype 8 (DGAL/SDSPA 2018a)). Les détenteurs prennent en charge les opérations et les analyses de première intention et l'Etat s'acquitte des analyses

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

complémentaires de typage des sérotypes 4 et 8 si la PCR initiale s'est révélée positive. L'impact financier pour les éleveurs ne devrait donc pas changer, à moins qu'ils n'aient changé leurs pratiques d'élevage et de vente depuis 2016. Comme l'ensemble du territoire continental est une ZR vis-à-vis des sérotypes 4 et 8, plus aucune restriction n'est appliquée aux élevages (indemne de FCO) pour les mouvements de bovins (vers l'abattoir ou un autre élevage) en France continentale. Au contraire, tous les établissements doivent désormais se plier aux mesures (c.-à-d. vaccination, PCR, désinsectisation), pour exporter leurs bovins, engendrant des dépenses supplémentaires.

L'objectif de la surveillance programmée a été très largement revu à la baisse. Il s'agit depuis 2018 de démontrer l'absence de circulation d'un sérotype autre que les sérotypes 4 et 8 en France continentale (conformément aux obligations de l'annexe I du règlement 2007/1266/CE pour une prévalence seuil de 20 % par unité géographique de 45x45km). Pour cela, l'Etat prend en charge quinze prélèvements sur tube sec pour ELISA dans trois exploitations par départements en début de période d'inactivité vectorielle (DGAL/SDSPA 2018b).

L'envergure de la surveillance diminuant (plus de 150 000 analyses programmées pour l'année 2016 à 3 975 pour la saison 2018-2019), les coûts devraient en faire de même. En effet, en utilisant les tarifs des visites et prélèvement de 2016 (qui n'ont pas changé depuis), ainsi que les tarifs des analyses ELISA de 2016, le coût annuel de la surveillance programmée pour 2018 peut être estimé à environ 72 k€ HT sans compter les éventuelles analyses de typage moléculaire.

La surveillance entomologique hivernale n'a quant à elle pas repris sur le continent à l'automne 2018 ni depuis. Seule une surveillance estivale très allégée est maintenue en Corse puisque cette région est en première ligne du risque d'introduction de nouveaux sérotypes de la FCO circulant en Afrique du Nord et dans le Sud du bassin méditerranéen.

3 Variations des dynamiques de mouvements de bovins lors de l'épizootie de fièvre catarrhale ovine de 2015-2016

3.1 Matériel et méthodes

3.1.1 *Matériel*

Les données de sorties et d'entrées des exploitations et les mouvements vers l'abattoir entre septembre 2013 et août 2016 ont été extraites de la Base de données nationale d'identification (BDNI) et agrégées par classe d'âge (veaux de 0 à 20 jours, jeunes de 21 jours à 6 mois, broutards et génisses de 6 mois à 2 ans et adultes pour les bovins de plus de 2 ans). Trois campagnes de production (de début septembre à fin août) ont été considérées : 2013-2014, 2014-2015 et 2015-2016. Dans la suite de l'étude, nous avons considéré l'ensemble des bovins à l'exception des femelles laitières qui n'effectuent que très peu de mouvements au cours de leur vie ; en effet, sur les deux périodes 2013-2014 et 2014-2015, les mouvements de femelles laitières n'ont représenté que 11 % de l'ensemble des sorties de bovins. Une fois cette catégorie exclue, les mouvements des veaux et des jeunes ont été principalement effectués par des mâles laitiers (76 % et 41 %), ceux des broutards et génisses par les mâles allaitants (66 %) et ceux des adultes par les femelles allaitantes (89 %).

Plusieurs types de sorties ont été identifiés :

- mouvements vers une autre exploitation en France : ces mouvements sont caractérisés par une sortie pour cause de vente, une date de départ de l'exploitation source et une date d'arrivée dans l'exploitation de destination ;
- mouvements vers l'abattoir : ces mouvements sont caractérisés par une sortie pour boucherie, une date d'entrée en abattoir ainsi que par une exploitation source ;
- mortalité : ces mouvements sont caractérisés par une sortie de l'exploitation source pour cause de décès de l'animal, avec la date de départ de l'exploitation source ;
- mouvements vers l'étranger : ces mouvements sont caractérisés par une sortie pour cause de vente, une date de départ de l'exploitation source, mais aucune information sur l'exploitation d'arrivée.

Les nombres de sorties de bovins par classe d'âge et pour chaque destination ont été calculés à deux échelles différentes : pour l'ensemble du territoire continental et pour chacun des sept départements du transect présenté en Figure 8. Ces départements ont été choisis pour obtenir un continuum géographique ainsi qu'une variété de situations épidémiologiques vis-à-vis de la FCO au cours de la période 2015-2016, sachant que le premier foyer identifié en septembre 2015 était dans le département B. La Figure 9 présente l'évolution chronologique du statut sanitaire des départements du transect sur cette période et permet de regrouper les départements en quatre groupes distincts :

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

- les départements B et C ont été concernés par des foyers sur toute la période et ont donc toujours été classés en ZR ;
- les départements A et D ont toujours été en ZR, sans foyer pour le département D et avec l'apparition de foyers de FCO-8 au sein du département A en février 2016 ; ces deux départements ont bénéficié d'une période de quelques semaines en ZSI à l'hiver 2016 sur tout ou une partie du département ;
- le département E n'a jamais eu de foyer mais a été soumis aux restrictions (passage de ZI à ZR) en février 2016 ;
- les départements F et G sont restés en ZI pendant toute la période 2015-2016.

Dans la suite de l'étude, les volumes de sorties ont été analysés pour les départements regroupés selon ces statuts épidémiologiques.

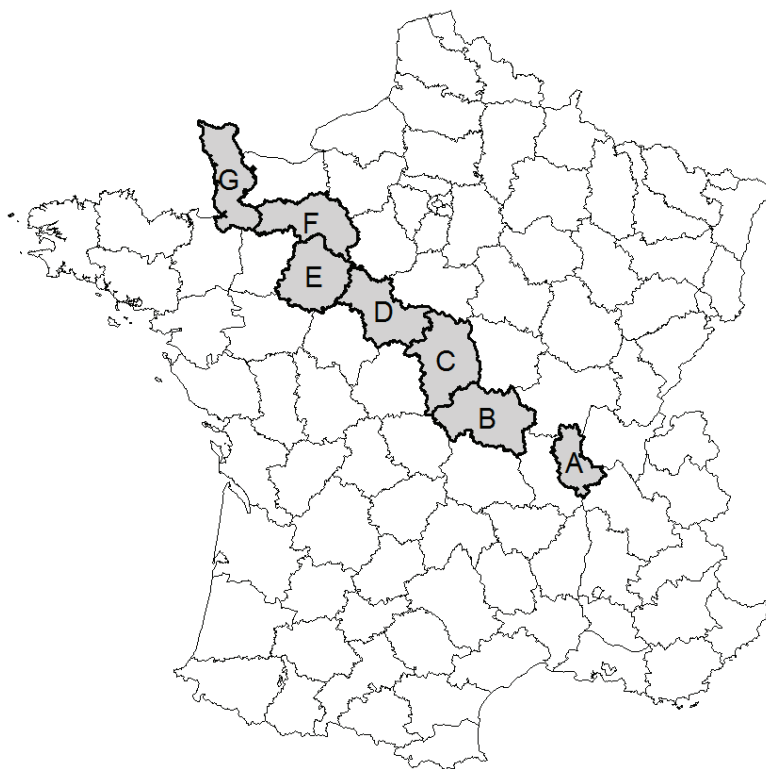


Figure 8 : Transect d'étude des mouvements de bovins. A : Rhône ; B : Allier ; C : Cher ; D : Loir-et-Cher ; E : Sarthe ; F : Orne ; G : Manche.

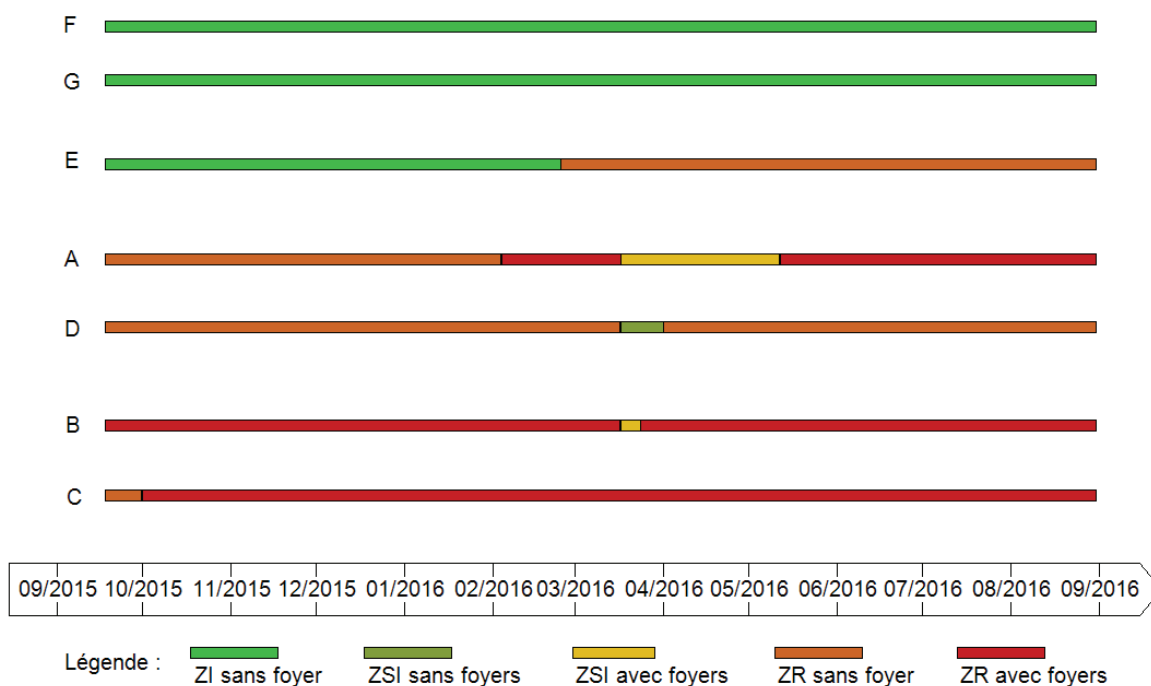


Figure 9 : Classification des départements en fonction de leur statut épidémiologique et de la présence ou absence de foyer de FCO-8 au cours de la période d'étude.

3.1.2 Méthodes

Les données sur le nombre mensuel de mouvements de bovins depuis la France par classe d'âge et type de sortie ont été formatées en série temporelles puis analysées avec le package stats de R (R Development Core Team 2015) et le package surveillance (Meyer, Held, et Höhle 2017; Salmon, Schumacher, et Höhle 2016) permettant la détection d'anomalies ; une anomalie correspondant à un écart positif (excès) ou négatif (déficit) entre la valeur observée et une valeur de référence.

La fonction stl (Cleveland *et al.* 1990) du package stats a été appliquée aux séries temporelles pour décomposer nos données de mouvements entre la tendance (T), la saisonnalité (S) et les résidus (ϵ) selon une composition additive (c.-à-d. $Y_t = T_t + S_t + \epsilon_t$ avec t représentant le mois). La fonction calcule la saisonnalité mensuelle (S_t) en faisant la moyenne de chaque mois sur toutes les campagnes de production. Cette composante saisonnière est déduite de nos données originales pour obtenir une série désaisonnalisée qui est ensuite lissée par la méthode LOESS (Cleveland 1979; W. S. Cleveland 1981; Cleveland et Devlin 1988) pour obtenir une estimation de la tendance (T_t). La méthode LOESS est une méthode de lissage par fenêtre glissante dont nous avons paramétré la taille à 12 (pour obtenir un lissage annuel). Pour chaque point (c.-à-d. mois) de nos données désaisonnalisées, la boucle suivante est effectuée pour calculer la valeur lissée. Une courbe

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

de régression polynomiale est calculée pour les observations qui se trouvent dans la fenêtre autour du point étudié ; les points les plus proches du centre de la fenêtre sont pondérés de manière à avoir le plus grand effet sur le calcul de la régression, alors que la pondération est réduite pour les points de la fenêtre les plus éloignés de la ligne de régression. La régression polynomiale est ré-exécutée avec cette nouvelle pondération et de nouveaux poids sont recalculés à chaque itération de la boucle. On obtient ainsi la valeur lissée de la tendance pour le point en question. En répétant cette boucle pour tous les points de la série désaisonnalisée, on obtient une estimation de la tendance (T_t) de notre série originelle. Finalement, les résidus (ε_t) ont été obtenus en soustrayant la tendance et la saisonnalité mensuelle de la série chronologique d'origine.

L'ajustement du modèle aux données a été évalué en calculant le pourcentage d'erreur moyen (MPE), qui renseigne sur la capacité du modèle à prédire des estimations correspondant aux données observées, à partir de la valeur moyenne des erreurs relatives du modèle. Cet indicateur a été calculé en utilisant uniquement les données des saisons 2013-2014 et 2014-2015, pendant lesquelles les mouvements n'ont pas été influencés par les restrictions de mouvement.

A partir de cette nouvelle série temporelle de résidus, nous avons utilisé le système de signalement d'aberration précoces (EARS), développée par le Center of Disease Control and Prevention, qui permet de détecter une anomalie avec un court historique de données (Fricker, Hegler, et Dunfee 2008; Hutwagner *et al.* 2003; Faverjon et Berezowski 2018). Nous avons utilisé le critère C1 de la méthode EARS pour évaluer les résidus de mouvements ; ce critère est le moins sensible des trois critères disponibles pour cette méthode :

$$C_1(t) = \frac{Y(t) - \bar{Y}_1(t)}{S_1(t)}$$

avec $\bar{Y}_1(t) = \frac{1}{7} \sum_{i=t-7}^{t-1} Y_i$ la moyenne de l'échantillon et $S_1^2(t) = \frac{1}{6} \sum_{i=t-7}^{t-1} (Y_i - \bar{Y}_1(t))^2$ la variance. Sous l'hypothèse nulle d'absence d'erreur, le critère C_1 suit une loi Normale centrée réduite. On peut donc calculer des bornes supérieures $U_1(t)$ et inférieures $L_1(t)$ par $U_1(t) = \bar{Y}_1(t) + z_{1-\alpha} S_1(t)$ et $L_1(t) = \bar{Y}_1(t) - z_{1-\alpha} \times S_1(t)$, avec $z_{1-\alpha}$ le $(1 - \alpha)^{\text{ème}}$ quantile d'une loi normale centrée réduite. On a choisi un alpha de 2,5 % pour finalement obtenir un intervalle de confiance à 95 %. Un excès est détecté lorsque $C_1(t) > U_1(t)$ et un déficit lorsque $C_1(t) < L_1(t)$. Une anomalie est comptabilisée à chaque excès ou déficit détecté par cette méthode.

3.2 Résultats

3.2.1 Descriptif des données de mouvements

Les effectifs bruts et relatifs de bovins par classe d'âge et selon la destination sont présentés dans le Tableau 7 pour la période septembre 2013 - août 2015, précédant les restrictions de mouvement. Sur cette période, les ventes vers des élevages en France représentaient 39,8 % de l'ensemble des mouvements de bovins. Les mouvements vers la boucherie et l'étranger sont en seconde et troisième positions avec respectivement 30,7 % et 21,8 %. Les broutards et génisses sont ceux qui ont effectué le plus de mouvements (43,4 %), suivis des adultes (25,0 %), des jeunes (16,1 %) et des veaux (15,4 %). L'étude descriptive des données a montré que 74,3 % des mouvements de veaux et 51,3 % des mouvements de jeunes sont à destination d'autres élevages en France. Les broutards et génisses se sont déplacés majoritairement à destination de l'étranger (39,4 %) et les adultes vers l'abattoir (59,5 %).

Tableau 7 : Nombre de bovins échangés au cours des campagnes de production 2013-2014 et 2014-2015, par classe d'âge et en fonction de la destination du mouvement.

Destination	0-20j	21j-6m	6m-2a	Sup 2a	Total
Boucherie	185 (<1 %)	455 053 (3,6 %)	1 566 418 (12,3 %)	1 899 514 (14,9 %)	3 921 170 (30,7 %)
Exportation	128 896 (1,0 %)	305 282 (2,4 %)	2 186 689 (17,1 %)	165 697 (1,3 %)	2 786 564 (21,8 %)
Ventes (France)	1 465 785 (11,5 %)	1 057 169 (8,3 %)	1 654 347 (12,9 %)	904 810 (7,1 %)	5 082 111 (39,8 %)
Mortalité	378 329 (3,0 %)	243 359 (1,9 %)	141 823 (1,1 %)	224 460 (1,8 %)	987 971 (7,7 %)
Total	1 973 195 (15,4 %)	2 060 863 (16,1 %)	5 549 277 (43,4 %)	3 194 481 (25,0 %)	12 777 816 (100,0 %)

La Figure 10 présente l'évolution des volumes de mouvements en fonction de la destination des bovins pour les trois saisons de production étudiées. Pour 2013-2014 et 2014-2015, les échanges vers des exploitations en France étaient caractérisés par une forte bimodalité, avec des pics en novembre et en avril et des creux en février et en juillet. Le volume de bovins exportés montrait un pic en septembre suivie d'une diminution lente. Les volumes mensuels de bovins envoyés à l'abattoir étaient relativement constants au cours de chaque campagne. Au contraire, un pic de mortalité au mois de mars se détachait pour chacune des années. Pour 2015-2016, la dynamique des mouvements vers chaque destination suivait globalement celle des deux années précédentes ; toutefois, un déficit des exportations suivi d'un pic marqué ont été observés en octobre-novembre 2015.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

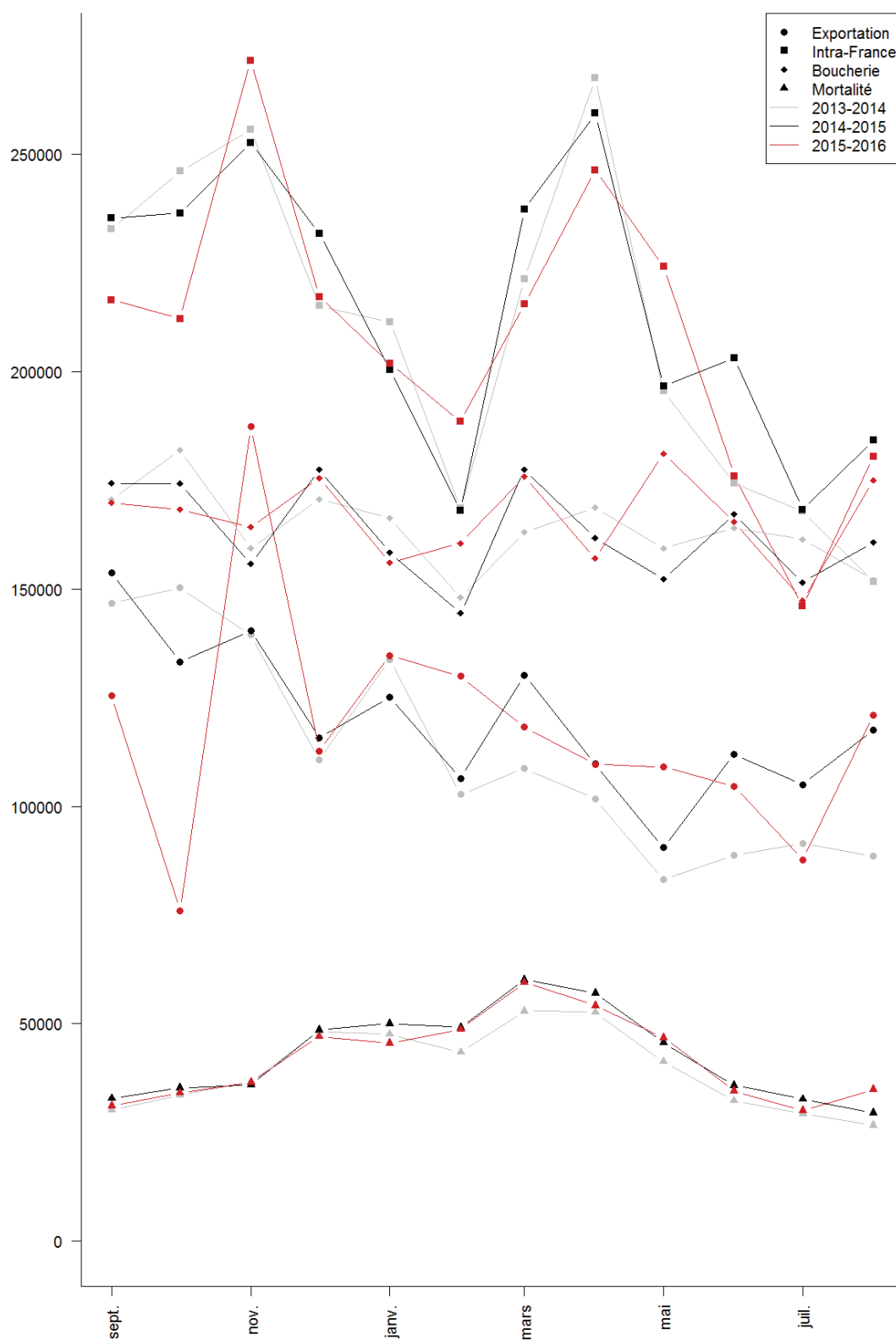


Figure 10 : Evolution des nombres de mouvements de bovins en fonction du type de mouvement pour les trois campagnes de production.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

La Figure 11 présente le nombre de mouvements de bovins pour les quatre groupes de départements du transect selon les destinations au cours des trois saisons de production. Les volumes de mouvements en fonction des destinations variaient fortement entre les groupes de départements, en particulier pour les exportations et les mouvements entre élevages en France. Les départements B et C sont des départements du transect d'étude qui vendaient le plus de bovins, que ce soit à l'export (entre 1 000 et 18 000 têtes par mois) ou en France (entre 4 000 et 13 000 têtes par mois). Les départements F et G vendaient également en grande quantité mais uniquement en France (entre 7 000 et 13 000 têtes par mois contre moins de 3 500 exportations mensuelles au cours de la période d'étude). La boucherie représentait la deuxième destination de sortie avec entre 6 000 et 9 000 têtes par mois. Les départements A et D sont les départements avec le moins de sortie de bovins. Dans ces départements, les mouvements sont principalement des ventes en France (entre 2 000 et 3 500 têtes par mois). Le mouvement vers la boucherie est la seconde destination avec environ 1 500 têtes par mois. L'exportation est aussi une destination fréquente puisque qu'entre 500 et 2 000 bovins sont exportés chaque mois. Enfin le département E est un département où les mouvements de bovins étaient équitablement répartis entre la vente en France (entre 3 000 et 4 500 mouvements mensuels) et la boucherie (entre 2 500 et 3 500 mouvements mensuels) ; l'exportation n'étant dans ce département que très peu privilégiée (moins de 1 500 bovins mensuels).

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

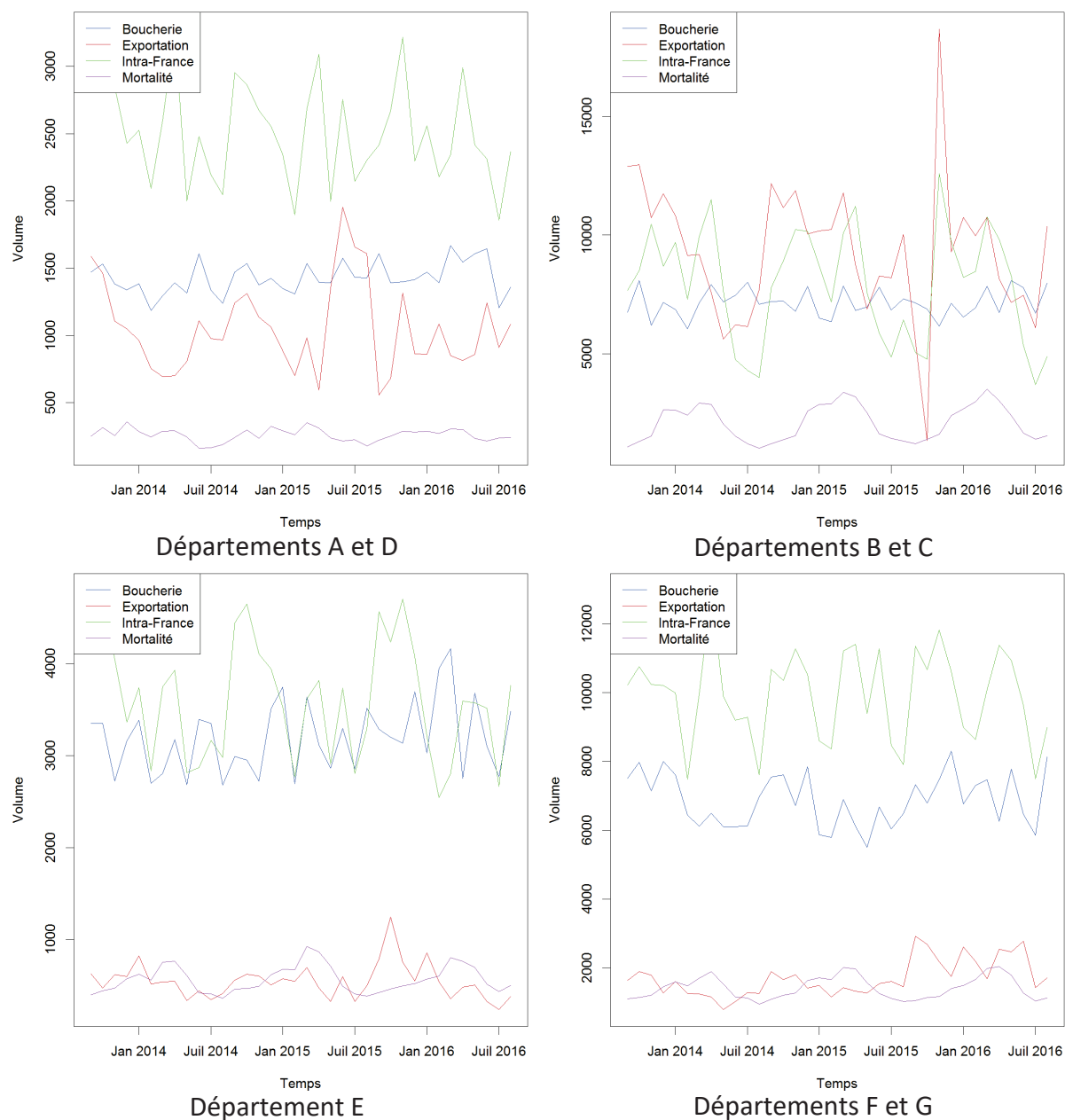


Figure 11 : Volumes de mouvements en fonction de la destination pour chaque groupe de départements entre septembre 2013 et août 2016.

Le Tableau 8 présente le nombre total de mouvements par saison de production et par type de mouvement, toutes classes d'âge confondues, pour la France continentale. Aucune destination n'a connu d'excès ou de déficit significatif (au test de Dixon (Dixon 1950)) en 2015-2016 par rapport aux deux campagnes précédentes.

Tableau 8 : Somme cumulée des mouvements selon les destinations par campagne de production.

Campagne de production	Destination			
	Boucherie	Exportation	Ventes (France)	Mortalité
2013-2014	1 965 713	1 346 546	2 508 220	475 109
2014-2015	1 955 457	1 440 018	2 573 891	512 862
2015-2016	1 996 470	1 416 801	2 496 560	503 211

Ce test a également été appliqué sur les volumes totaux selon les destinations pour chaque groupe de départements. Aucune modification significative du nombre de bovins déplacés par destination n'a été détectée pour la saison 2015-2016 par rapport aux deux saisons précédentes.

3.2.2 Modélisation

Le calcul du MPE pour les campagnes de production 2013-2014 et 2014-2015 a montré un bon ajustement du modèle aux données (Annexe 2 :). Pour la quasi-totalité des combinaisons de classe d'âge et destination (117/125), l'erreur moyenne était comprise entre -5 % et 5 %. Pour les huit autres combinaisons où l'adéquation du modèle aux données était moins bonne, l'examen des données brutes a révélé que cette mesure n'était pas due à une mésestimation du modèle sur l'ensemble de la période mais uniquement sur un à trois points (c.-à-d. mois) de la série temporelle pour ces combinaisons.

Les mois rapportés par la méthode EARS comme ayant une aberration au cours de la saison 2015-2016 sont compilés dans les figures 12 et 13 par destination et classe d'âge (ces résultats sont présentés sous forme de tableaux en Annexe 3 :).

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

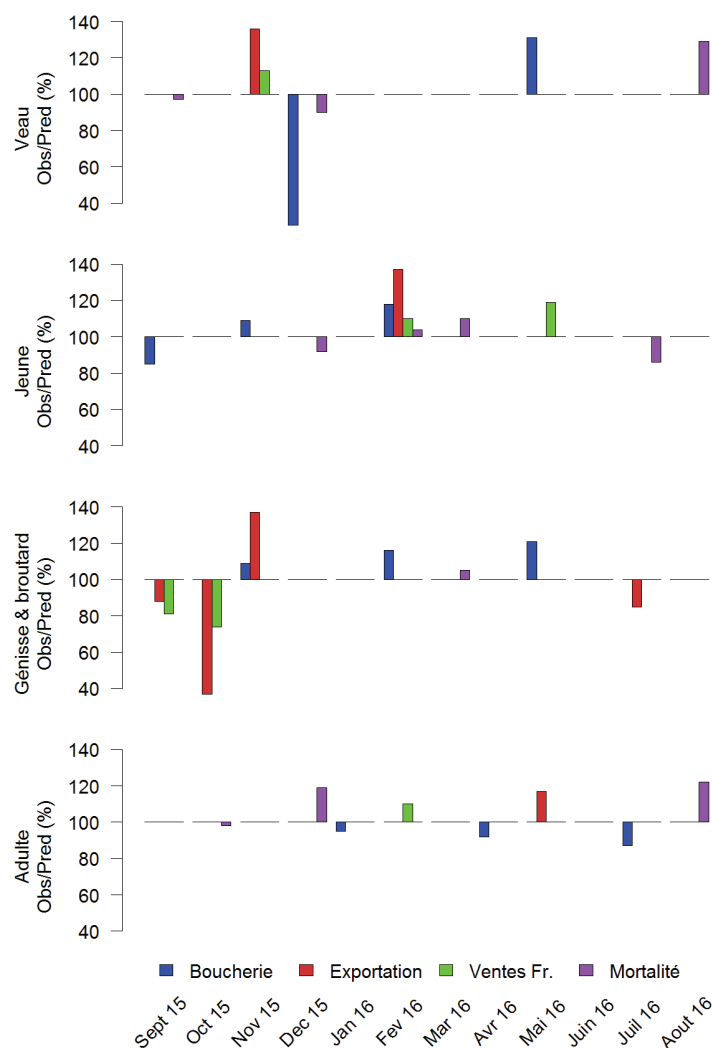
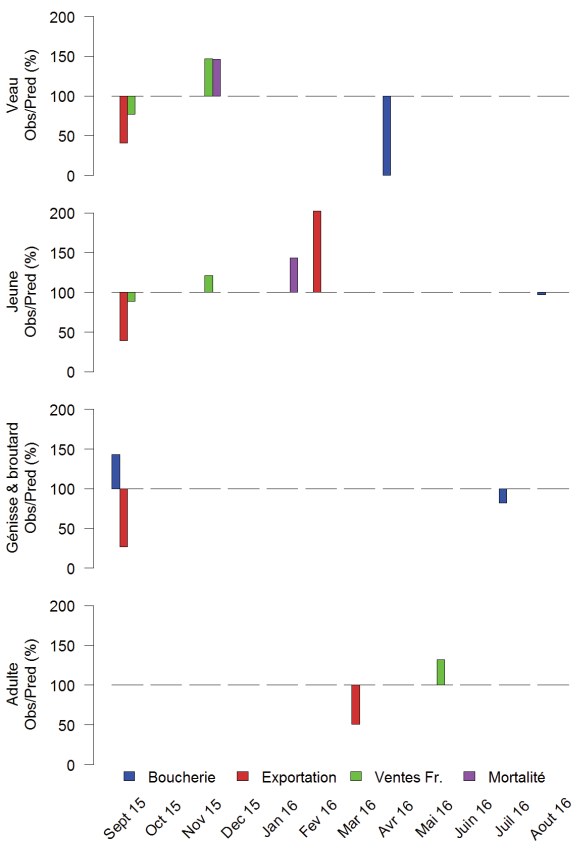
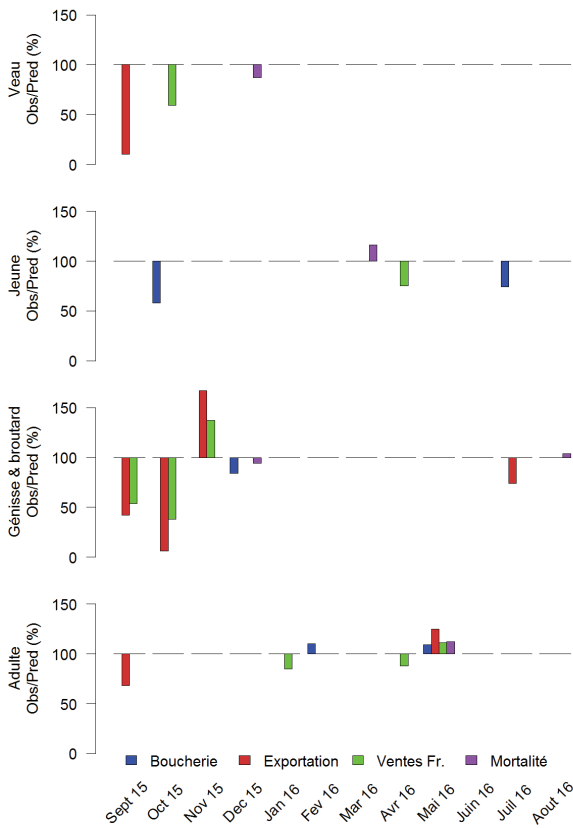


Figure 12 : Distribution temporelle des excès et déficits mensuels de mouvements par destination et classes d'âges à l'échelle nationale entre septembre 2015 et août 2016. Le pourcentage représente le ratio entre la valeur observée et la valeur prédite par le modèle de décomposition. Seules les anomalies significatives à 5 % sont représentées.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale



Départements A et D



Départements B et C

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

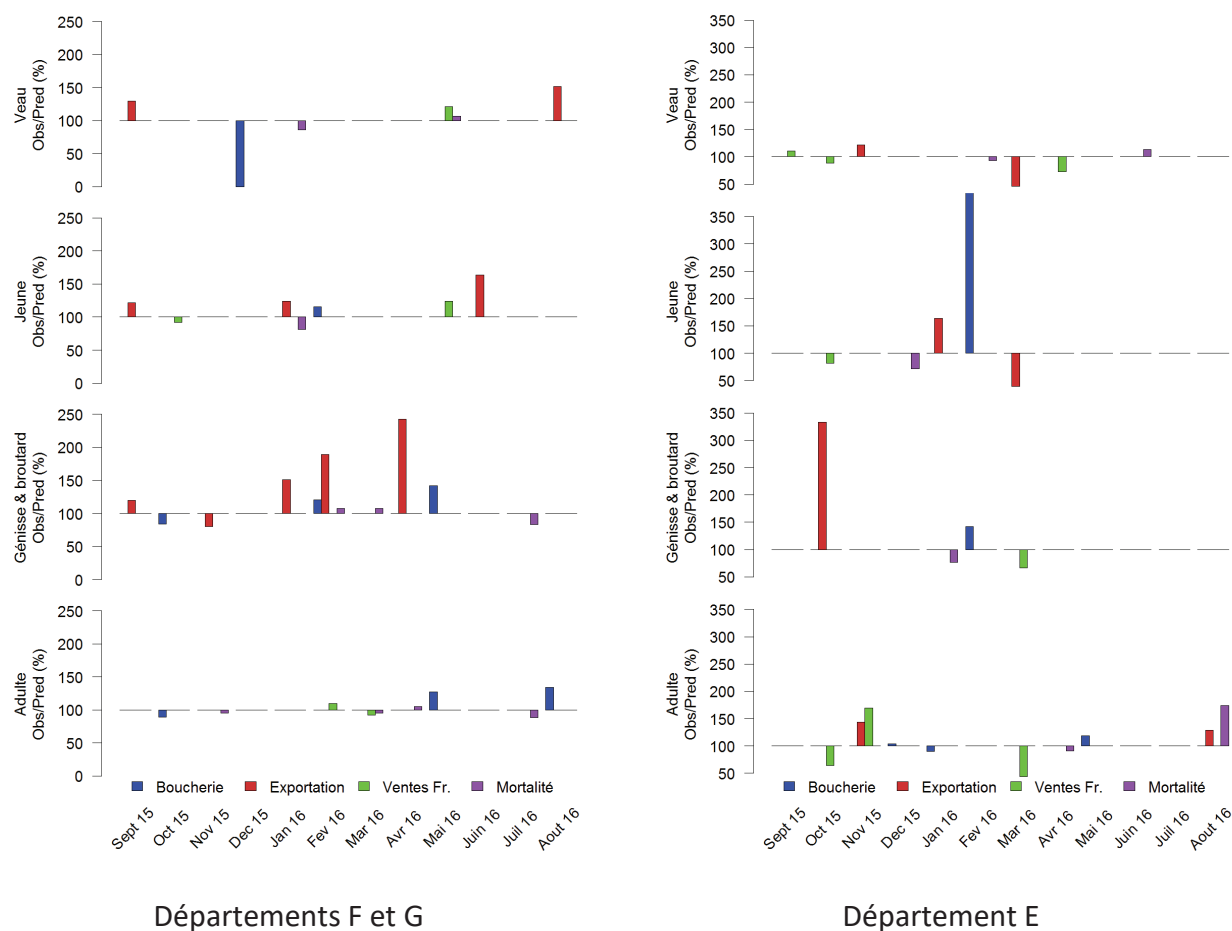


Figure 13 : Distribution temporelle des excès et déficits mensuels de mouvements par destination et classes d'âges pour les départements du transect entre septembre 2015 et août 2016. Le pourcentage représente le ratio entre la valeur observée et la valeur prédite par le modèle de décomposition. Seules les anomalies significatives à 5 % sont représentées. L'excès de mouvement de jeunes vers la boucherie du département E en février 2016 était de 2 863 %.

A l'échelle de la France continentale, 55 anomalies ont été détectées, parmi lesquelles 20 se sont produites entre septembre et novembre 2015, 8 en février 2016, et 9 en mai 2016. Nos résultats ont montré un déficit global des mouvements en septembre et octobre 2015 de 7 % et 19 % respectivement par rapport aux volumes de mouvements usuels pour l'ensemble des bovins du territoire français, sans distinction ni d'âge, ni de destination (Figure 12). Les types de mouvements impactés à ces périodes étaient les exportations (-47 % des volumes usuels en octobre) ainsi que les ventes (-8 % des volumes usuels en octobre).

Pour chaque classe d'âge de bovins, une ou plusieurs anomalies dans les nombres de mouvements entre la campagne 2015-2016 et les deux campagnes précédentes ont été

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

détectées. Il a notamment été observé des anomalies inverses successives dans certains départements pour une même destination ou des destinations différentes dans les mois qui ont suivi l'émergence de la FCO :

- des déficits en septembre et/ou octobre suivis d'un excès en novembre 2015 ; pattern observé pour les exportations de génisses et broutards au niveau national (Figure 12) et dans les départements B et C, ainsi que pour les ventes en France de bovins adultes depuis le département E (Figure 13) ;
- un excès suivi d'un déficit : pattern observé pour les ventes de veaux du département E en septembre et octobre 2015 (Figure 13) ;
- un déficit de mouvements pour une destination accompagné d'un excès pour une autre destination au même mois : pattern observé dans les départements A et D avec un déficit d'exportation et un excès de vente pour boucherie des génisses et broutards en septembre 2015 (Figure 13).

Les anomalies de mouvements identifiées diffèrent entre les groupes de départements (Figure 12 et 13). Les départements B et C présentent des anomalies plus précoces (mois de septembre et octobre) et plus importantes que les autres départements du transect. Globalement, les volumes de mouvements ont diminué de 35 % et 53 % en septembre et octobre, respectivement, par rapport aux volumes observés les deux années précédentes. Ces anomalies ont concerné principalement les exportations (-58 % en septembre et -89 % en octobre) et les ventes en France (-44 % en septembre et -52 % en octobre).

Les départements A et D présentent le moins d'anomalies (31 anomalies) ; celles-ci sont observées de manière précoce, avec une intensité moindre que les départements précédents. Globalement, les volumes de mouvements ont diminué de 28 % en septembre 2015 dans ces deux départements, liés principalement à une diminution des exportations (-67 %) et des ventes en France (-19 %).

Les groupes de départements E et F-G ont connu de nombreuses anomalies (45 anomalies pour le département E et 53 anomalies pour les départements F et G) mais de manière plus tardive que les groupes de départements B-C et A-D (novembre 2015 et janvier, mai et juillet 2016). Dans les départements F et G, seulement sept aberrations étaient marquées (c.-à-d. supérieures à 150 % ou inférieure à 50 %).

3.3 Discussion

L'analyse des séries temporelles de mouvements de bovins entre 2013 et 2016 a mis en évidence de nombreuses anomalies dans la saisonnalité et les volumes de bovins en mouvement en 2015-2016 en comparaison des deux années précédentes. Nos résultats ont montré un déficit des mouvements (en particulier ceux vers des élevages en France ou à l'étranger) dans les mois de septembre et octobre 2015, suivi d'un excès de mouvements en novembre pour la plupart des classes d'âge. Cette dynamique suggère un effet immédiat des restrictions de mouvements mises en place suite à la détection de foyers de FCO, qui s'est inversé en novembre, délai nécessaire à la réalisation de la vaccination ou des tests de dépistage pré-mouvement. Ces résultats sont discutés ci-dessous au regard de l'évolution de la situation sanitaire vis-à-vis de la FCO et des mesures de lutte au niveau local.

La méthode de décomposition de série temporelle a permis de prendre en compte la saisonnalité existante dans les volumes de mouvements. Le jeu de données relativement court nous assurait de n'utiliser que des saisons de production sans événement sanitaire ayant imposé des limitations aux mouvements des bovins avant la ré-émergence de la FCO. Nos résultats ont montré une très forte saisonnalité pour les ventes au niveau national, ainsi qu'une saisonnalité de plus faible amplitude pour la mortalité bovine et pour les exportations à l'étranger. La saisonnalité de la mortalité bovine a été décrite dans de précédentes études réalisées en France pour les années 2003 à 2006 (Morignat *et al.* 2014). Les facteurs météorologiques (Crescio *et al.* 2010; Stull *et al.* 2008; Morignat *et al.* 2015; 2017) et d'éventuelles difficultés zootechniques (c.-à-d. inadéquation du logement hivernal et pression d'infection en confinement (Anderson *et al.* 2006)) sont fortement liés à la mortalité des adultes notamment. Le pic de mortalité en mars correspond à la période de vêlages, notamment des races allaitantes : la période *peripartum* est une période à risque pour les femelles gestantes (Agger et Willeberg 1991; Faye et Perochon 1995; Waldner *et al.* 2009) tout comme les premiers jours de vie pour les veaux (Morignat *et al.* 2014; Perrin *et al.* 2011). La mortalité des veaux laitiers au cours de l'hiver (période des vêlages pour les bovins laitiers) (Morignat *et al.* 2014; Perrin *et al.* 2011) induit l'augmentation de la mortalité globale à cette période.

L'analyse des mouvements entre des départements de situation épidémiologique différente au regard de la FCO a montré une grande variabilité quant à la présence d'anomalies dans les mouvements de bovins en 2015-2016, tant sur l'amplitude de ces excès et déficits que sur leur temporalité. Comme attendu, les départements B et C, situés au cœur de l'épidémie, ont été les plus rapidement et sévèrement touchés. Nos résultats ont montré des déficits de vente et d'exportation importants, en particulier pour les veaux (-11 %) et les génisses et les broutards (-94 % d'exportations) en octobre 2015. De manière

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

générale, sans faire de distinction selon la destination ou la classe d'âge, seuls 65 % des mouvements du mois de septembre et 47 % du mois d'octobre observés les deux années précédentes ont été réalisés. La production majoritairement allaitante (source : Agreste) et tournée vers l'export de ces deux départements (Figure 10) explique l'impact important des restrictions de mouvements dans ces départements. De la même manière, la chute des exportations à l'automne 2015 dans les départements A et D peut s'expliquer par la mise en place des restrictions de mouvements dans ces départements dès septembre 2015 malgré l'absence de foyer.

En dépit de l'extension progressive de la ZR à l'automne 2015 liée à la détection de nouveaux cas de FCO, les départements F et G sont restés en ZI pendant toute la période d'étude et nous avons donc fait l'hypothèse que ces départements soient les moins touchés. Toutefois, nos résultats ont montré que ces départements ont révélé des excès d'exportations en septembre 2015 puis début 2016 pour les veaux, les jeunes, et surtout les génisses et broutards, ainsi que des envois plus nombreux de bovins à l'abattoir dès février 2016. Il est possible que les éleveurs de ces départements aient souhaité se prémunir contre les pertes économiques liées au risque d'extension de la ZR à leurs départements en modifiant leurs habitudes de vente (en particulier à l'export) et d'abattage. En effet, lors de l'épizootie de 2006-2008, les mouvements vers les abattoirs avaient été réglementés pour les exploitations en PI (périmètre interdit de 20 km autour des foyers) entre décembre 2006 et mai 2007 (DGAL/SDSPA 2006; 2007) ; période avec une diminution du nombre bovins abattus au niveau national (source : Agreste) alors que les foyers étaient peu nombreux et circonscrits au Nord-Est du territoire à cette période (Pioz *et al.* 2011). Dans le département E, le passage en ZR en février 2016 (sans foyer dans le département) est concomitant avec un pic des mouvements de jeunes vers l'abattoir. Ce résultat suggère que les éleveurs ne pouvaient pas maintenir les bovins dans les élevages en période hivernale le temps de recourir à la vaccination ou aux tests de dépistage permettant les déplacements en dehors de la ZR.

Au cours de la période d'étude, les modalités de restriction ont été modifiées. Ainsi, la fusion des ZP et ZS en ZR à la mi-octobre 2015 a mis fin aux restrictions de mouvements entre la ZS et la ZP, et a donc permis à tous les élevages sains de la ZR (c.-à-d. dans un rayon de 150 km autour des foyers) de vendre et acheter des bovins sans contrainte au sein de la ZR. L'impact de cette mesure s'observe dans les départements alors en ZR (c.-à-d. groupes A-D et B-C) avec des excès de ventes des bovins de moins de deux ans (veaux, jeunes, génisses et broutards) et d'exportations de génisses et de broutards au mois de novembre 2015. De même, la mise en place des ZSI à la fin du mois de janvier 2016 a permis d'alléger les mesures nécessaires à l'exportation d'animaux avec certains partenaires européens. En

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

témoigne la reprise des exportations de jeunes ainsi que des ventes de jeunes et d'adultes en février 2016, au niveau national.

A l'échelle nationale, notre étude a mis en évidence un déficit des ventes et d'exportations en septembre et octobre 2015, lié aux changements de pratiques dans les départements en ZR (p.ex. groupes de départements B-C et A-D). Toutefois, malgré les modifications dans la temporalité des mouvements, le même volume d'animaux a été exporté ou vendu en France continentale. Malgré cette absence d'effet au niveau national, il est vraisemblable que les changements dans la saisonnalité des mouvements au niveau local aient entraîné des coûts supplémentaires pour les éleveurs. En effet, l'augmentation temporaire de la population bovine dans les élevages, liée aux restrictions des mouvements, a entraîné des dépenses additionnelles d'alimentation et de frais vétérinaires du fait de la détérioration des conditions sanitaires (Prentice *et al.* 2017), et des pertes de production (lactation, fertilité) (Templeton, Black, et Krawczel 2014; De Vries, Dechassa, et Hogeveen 2015).

Afin de se prémunir des coûts occasionnés par une surpopulation en élevage, l'envoi d'animaux à l'abattoir constituaient une solution simple, puisque pour un abattage direct, seule l'absence de signe clinique était demandée afin de valider la sortie de ZR. Au niveau national, nos résultats ont montré que les jeunes bovins ainsi que les génisses et brouards ont été envoyés en plus grand nombre à l'abattoir en novembre 2015, et février et mai 2016 par rapport aux deux années précédentes. A l'échelle locale, des excès aux mêmes périodes ont été relevés pour les groupes de département A-D et B-C, c'est-à-dire dans les départements les plus longtemps sous le coup de mesures sanitaires. L'augmentation du volume de bovins envoyés à l'abattoir peut être interprétée comme un changement dans les conduites d'élevage habituelles de la part des exploitants qui souhaitaient ainsi se prémunir des coûts occasionnés par les restrictions de mouvements, comme lors de l'épizootie de 2008 (Tago *et al.* 2014).

Les délais dans les mouvements mis en évidence par notre étude ont causé des coûts additionnels pour les éleveurs liés, d'une part, aux mesures de surveillance (tests pré-mouvement) ou de lutte (vaccination) nécessaires pour permettre aux animaux de se déplacer vers un autre élevage et, d'autre part, à la nourriture et aux soins apportés aux bovins maintenus dans l'exploitation (dans le cas de déficits de sortie d'exploitation). Egalement, la vente d'animaux immatures à l'abattoir ou à l'engraissement (c.-à-d. à d'autres élevages en France) ont pu entraîner des pertes économiques. Ces coûts sont très dépendants des stratégies appliquées par les éleveurs dans leur exploitation. En effet, selon le mode d'alimentation de l'élevage (achat de nourriture versus production autonome totale ou partielle), son mode de logement des animaux (au pré, en bâtiments loués ou déjà

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

acquis), sa capacité d'accueil (extensible ou limitée) ainsi que sa capacité d'isolement des animaux, l'éleveur devait faire face à différents coûts qu'il pouvait être en mesure d'absorber ou non (Tago *et al.* 2014). Une étude des modifications de la dynamique des mouvements en 2015-2016 à l'échelle des élevages, en les catégorisant selon leurs choix et possibilités vis-à-vis de critères zootechniques décrits ci-dessus, permettrait d'identifier les élevages les plus touchés au cours de cette épizootie et de déterminer les choix permettant d'être le moins impacté par ce type de mesures de lutte. La connaissance de cette diversité au sein du secteur bovin en France permettrait de mieux prévenir et compenser l'impact de ces mesures.

4 Conclusion

Le premier volet de ce chapitre fait l'état des coûts liés à la surveillance de la FCO en France entre septembre 2015 et décembre 2016 tant pour l'Etat que pour les éleveurs. Pourtant, de nombreux coûts indirects n'ont pas pu être inclus dans notre estimation : l'augmentation de la sensibilité aux maladies d'élevage et des frais d'alimentation, liés à l'augmentation de la population ; la diminution de la production laitière et l'augmentation de la durée d'engraissement des animaux malades. De même, le coût de la vaccination volontaire, ainsi que de la gestion administrative, n'ont pas pu être inclus dans notre estimation. Malgré cette sous-estimation, le coût de la surveillance a été estimé à 6,0 M€ HT pour l'Etat et 8,6 M€ HT pour les éleveurs entre septembre 2015 et décembre 2016. Ceci constitue un premier pas vers l'estimation de l'impact financier globale de la circulation de la FCO en France continentale.

La seconde partie de ce chapitre visait à mettre en avant d'éventuelles anomalies dans la dynamique de mouvement de bovins entre septembre 2015 et fin août 2016. Nous avons réussi à mettre en avant des anomalies attendues pour des combinaisons classe d'âge – type de sortie (p. ex. les exportations de génisses et broutards en septembre et octobre 2015) qui semblait entrer sous le coup des mesures de surveillance et de lutte contre la FCO du fait de leur localisation. Nos résultats nous permettent de faire l'hypothèse que les éleveurs des ZI ont eux aussi changé leur pratique de mouvement puisque nous avons mis en évidence des anomalies dans ces aires géographiques. De plus, une concomitance temporelle entre la fusion des ZS et ZP et des excès de mouvement commerciaux, a été observé bien qu'une relation de causalité ne puisse pas être démontrée. Pourtant, bien que des modifications locales et temporaires aient été observées, aucune modification de volume annuel de mouvements de bovins au niveau national n'a été mise en évidence. Devant cette nouvelle donnée, l'estimation de coûts indirects de la circulation de la FCO pour les éleveurs, permettrait de mieux estimer l'impact des zones de restriction de mouvements d'animaux.

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

Lors de l'épizootie de 2007-2008, ces mesures réglementaires avaient également été source de mortalité dans les élevages bovins (Tago *et al.* 2014). A partir d'une méthode de modélisation de série temporelle (précédemment utilisée pour mettre en évidence et quantifier la surmortalité des bovins dans d'autres contextes (Perrin, Ducrot, *et al.* 2010; Perrin, Mounaix, *et al.* 2010)), une étude réalisée dans le cadre d'un stage encadré pendant cette thèse a montré une augmentation de la mortalité bovine de 44% entre le 1^{er} juillet 2007 et le 31 décembre 2008 (Brilleaud *et al.* Article en préparation). Ces résultats viennent compléter une autre étude qui avait mis en évidence l'impact spatio-temporel de la FCO sur la mortalité en 2007 (Perrin, Mounaix, *et al.* 2010). Globalement, sur la période du 1^{er} juillet au 31 décembre 2008 durant laquelle 84 départements étaient infectés et la France entière en zone réglementée, la mortalité liée à la FCO et aux mesures de lutte a ainsi été estimée à environ 3,4 morts par foyer (Perrin, Ducrot, *et al.* 2010).

En comparaison, de juillet à décembre 2016 où l'ensemble du territoire était en zone réglementée, il y avait environ 30,7 morts par foyer (Brilleaud *et al.* Article en préparation). Cette différence de mortalité ne peut pas être imputée à une virulence plus élevée de la souche de FCO-8 qui a circulé en 2015-2016 par rapport à celle de 2007-2008 puisque le séquençage du génome viral des souches isolées lors des deux épizooties a montré une forte similarité (Breard *et al.* 2016). Il est possible que certains foyers n'aient pas été détectés en 2015-2016 du fait de l'immunité d'une partie de la population liée à l'infection au cours de l'épizootie de 2007-2008, aux campagnes de vaccination obligatoire contre la FCO-8 entre 2008 et 2010 où environ 90 % de la population bovine a été vaccinée (Bournez, Cavalerie, *et al.* 2018) et aux campagnes de vaccination facultative entre 2010 et 2012 (Courtejoie, Durand, *et al.* 2018). Toutefois, des résultats d'autres analyses réalisées par l'Observatoire de la mortalité des animaux de rente (Omar) de la Plateforme ESA suggèrent que la surmortalité observée en 2015-2016 était multifactorielle. En effet, une forte hausse de la mortalité a été mise en évidence au niveau national depuis 2016 (Sala *et al.* 2018). Une hypothèse avancée pour expliquer cette surmortalité est une alimentation de mauvaise qualité liée à la réduction de la quantité et de la qualité des fourrages suite à des épisodes de sécheresse récurrents depuis 2014. A cela s'ajoute la crise économique qui touche la filière bovine depuis quelques années et qui entraîne une baisse du chiffre d'affaires des éleveurs, avec des répercussions potentielles sur l'état sanitaire des troupeaux (Anonyme 2013b; 2014; Guesdon 2016; Mollier, Ladet, et Connehaye 2015). Grossièrement, à partir du nombre de foyers détectés entre juillet et décembre 2016 et en utilisant le nombre de morts par foyer observés au second semestre 2008, la surmortalité attribuable à la FCO s'est élevée à environ 11 % de la surmortalité observée sur cette période.

Cette étude complémentaire a permis d'avoir une idée de l'impact de la FCO sur la mortalité au cours des deux dernières épizooties. Il serait intéressant de poursuivre ce travail

Chapitre 1 : Impact de la FCO en France continentale

en le complétant avec une étude de l'impact de la circulation de la FCO sur les avortements. En effet, bien que le génome de la souche de 2015-2016 ait été quasiment identique à celui de 2007-2008 (Breard *et al.* 2016), les quelques mutations semblaient liées à la différence d'expression des signes cliniques (Flannery *et al.* 2019). Pour preuve, les suspicions cliniques ont été majoritairement faites suite à des avortements, contrairement à l'épizootie de 2007 (Pandolfi *et al.* 2018). Ce type d'évaluation permettrait de quantifier les pertes économiques liées aux avortements et à la baisse de production laitière (Nusinovici *et al.* 2012b; 2013).