



Université Paris EST-Créteil



Université Paris SUD



Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort

MASTER 2EME ANNEE
Santé publique Paris XI et Sciences et santé Paris XII
SPECIALITE
SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES
MALADIES HUMAINES ET ANIMALES

RAPPORT DE STAGE

Evaluation économique de la surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède

Présenté par

Claire HAUTEFEUILLE

Maîtres de stage : Mr Vladimir GROSBOIS, Mme Marie-Isabelle PEYRE
Organisme et pays : CIRAD, France
Période du stage : janvier à juin 2015
Date de soutenance : 23 juin 2015
Tuteur : Mr Loïc DESQUILBET

Année universitaire 2014-2015



Résumé court

Dans le cadre du projet Risksur, un outil d'aide à l'évaluation (outil EVA) a été développé. Cet outil a été utilisé afin d'évaluer la valeur ajoutée d'une composante de surveillance bientôt en place dans le réseau de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède basé sur le dépistage du lait de tank. L'objectif de cette évaluation était de comparer le rapport coût-efficacité entre deux stratégies de cette nouvelle composante : conventionnelle (échantillonnage exhaustif) et basée sur le risque. Cette évaluation a été menée en trois étapes : une analyse descriptive, une évaluation des forces et des faiblesses du réseau (OASIS Trop) et une évaluation économique. L'analyse descriptive montre que l'introduction d'une nouvelle composante entraînerait peu de changements dans le fonctionnement du réseau. L'évaluation OASIS Trop montre que le manque de documents officiels et de formation impacte les performances du réseau de surveillance actuel et a confirmé le besoin d'ajouter une composante de surveillance active. L'outil EVA a fourni une liste exhaustive d'attributs d'efficacité hiérarchisée ainsi que les méthodes permettant de les mesurer. Parmi cette liste, un attribut a été sélectionné : la fraction de détection (FD). La méthode des arbres de scénarios a été utilisée pour mesurer la FD. La mesure des coûts a été réalisée à l'aide d'un cadre de calcul préexistant. L'analyse des coûts montre que la stratégie basée sur le risque coûte trois fois moins cher que la stratégie conventionnelle. L'analyse de l'efficacité montre que la FD de la stratégie conventionnelle est supérieure à celle de la stratégie basée sur le risque (90% et 57% respectivement). L'analyse coût-efficacité montre que le coût par cas détecté est deux fois moins important pour la stratégie basée sur le risque que pour celle conventionnelle. Au vu des objectifs de la surveillance (détection des cas) et des résultats de l'étude, il est recommandé de mettre en place la stratégie conventionnelle qui a la meilleure efficacité même si ce n'est pas la plus rentable. Il est également recommandé d'optimiser la définition du risque utilisé dans la stratégie basée sur le risque afin d'obtenir une efficacité similaire à un moindre coût. L'outil EVA apporte une valeur ajoutée au processus d'évaluation en proposant une liste exhaustive d'attributs à évaluer. Ces attributs ne sont pas tous mesurables mais peuvent être considérés dans un deuxième temps si les résultats de l'évaluation sont difficilement interprétables.

Résumé long

Salmonella Dublin (S. Dublin) est une entérobactérie spécifique des bovins chez qui elle cause de la mortalité chez les veaux, des avortements et une diminution de production laitière. En plus de ses conséquences économiques à l'échelle de l'élevage, S. Dublin a également des répercussions graves en santé publique. En effet, les infections à S. Dublin chez l'homme sont rares mais très sérieuses car elles provoquent une bactériémie et conduisent souvent à la mort du patient.

Dans le cadre du projet Risksur (« Fournir une nouvelle génération de méthodes et d'outils pour la mise en place de réseaux de surveillance en santé animale rentables et basés sur les risques épidémiologiques pour le bénéfice des éleveurs, des gestionnaires et des consommateurs »), financé par le programme de financement européen EU FP7, un outil d'aide à l'évaluation (appelé outil EVA) a été développé. L'objectif de cet outil est de guider les décideurs et leurs conseillers techniques dans la planification et la réalisation de l'évaluation épidémiologique et économique des réseaux et/ou de composantes de surveillance.

Cet outil a été utilisé afin d'évaluer la valeur ajoutée d'une composante de surveillance bientôt en place dans le réseau de surveillance de S. Dublin chez les bovins laitiers en Suède basé sur le dépistage du lait de tank. L'objectif de cette évaluation est de comparer le rapport coût-efficacité entre deux stratégies de ce nouveau composant : conventionnelle et basée sur le risque. La stratégie conventionnelle consiste en un échantillonnage de lait de tank tous les 3 mois pour tous les élevages de Suède. La stratégie basée sur le risque est divisée en deux strates : la strate à haut risque (qui correspond à une région de Suède avec une forte prévalence) et la strate à faible risque (qui correspond au reste de la Suède). Dans la strate à haut risque, le même protocole que pour la stratégie conventionnelle est appliqué, c'est-à-dire un échantillon de lait de tank est réalisé tous les 3 mois sur tous les élevages. Dans la strate à faible risque, un seul échantillon est réalisé, sur tous les élevages, une fois par an au moment du pic saisonnier de prévalence (d'octobre à décembre).

L'outil EVA permet à l'utilisateur de cibler sa question d'évaluation en fonction de son contexte de surveillance et du contexte socio-économique associé. L'utilisateur informe EVA sur le contexte épidémiologique, les objectifs de la surveillance et les objectifs de l'évaluation. A l'issue de l'utilisation d'EVA, l'utilisateur obtient un plan d'évaluation et un protocole d'évaluation. L'outil EVA n'est donc pas un outil d'évaluation en tant que tel mais un guide pour aider à mener des évaluations.

Le plan d'évaluation indique à l'utilisateur les étapes qu'il doit suivre pour mener l'évaluation. Dans ce cas d'étude, le plan propose de commencer par une analyse descriptive du réseau de surveillance actuel puis d'évaluer les forces et les faiblesses du réseau et enfin de mener l'évaluation économique des deux stratégies proposées pour la nouvelle composante.

L'outil EVA fournit aux décideurs un protocole d'évaluation détaillé et pratique, listant l'ensemble des attributs d'évaluation utiles pour le cas d'étude décrit et permettant une sélection des outils d'évaluation adaptés sur la base d'un référencement exhaustif des outils existants. Dans ce cas d'étude, l'objectif de la surveillance est de détecter le maximum de cas possibles afin de réduire la prévalence de l'infection (voire l'éradiquer). Les objectifs de l'évaluation sont de savoir pour la composante de dépistage du lait de tank, laquelle des deux stratégies (conventionnelle ou basée sur le risque) coûte le moins cher pour une même efficacité et laquelle est la plus efficace pour le même prix. Considérant ces objectifs, l'outil EVA propose de mener une analyse coût-efficacité (ACE). Il fournit un protocole d'évaluation listant les attributs utiles pour mener cette analyse ainsi que les méthodes pour les mesurer.

La première étape de l'application de l'outil EVA est de décrire le réseau de surveillance existant. Dans ce cas d'étude, nous avons choisi d'utiliser l'outil d'évaluation OASISTrop qui permet de décrire de façon exhaustive le réseau de surveillance grâce à son questionnaire très complet et qui fournit une évaluation semi-quantitative descriptive du réseau de surveillance. L'outil OASIS est un outil d'évaluation semi-quantitative qui a été développé par une équipe de l'Anses en 2010 (Hendrikx *et al.*, 2011). L'OASISTrop est une seconde version de cet outil, développée pour les pays en voie de développement (Faverjon *et al.*, à paraître), simplifiée et traduite en anglais.

La mesure des coûts pour les deux stratégies a été réalisée en s'inspirant d'un cadre de calcul préexistant développé par Barbara Häsler (Häsler, 2011). Dans ce cas d'étude, qui repose sur la comparaison entre deux stratégies possibles pour une même composante, les seuls coûts qui diffèrent d'une stratégie à l'autre sont les coûts variables c'est-à-dire les coûts liés aux échantillons.

Autant l'outil EVA propose une seule façon de mesurer les coûts, autant il fournit une liste très complète des attributs d'efficacité à évaluer. Parmi cette liste, un attribut a été sélectionné en priorité par l'évaluateur : la fraction de détection (FD). La FD correspond à la proportion de troupeaux infectés détectés parmi la population de troupeaux infectés. Dans ce cas d'étude, au vu des données disponibles qui sont des données issues de modélisation fournies par Arianna Comin, la méthode des arbres de scénarios était la plus simple à utiliser pour mesurer la FD. Cette mesure a été réalisée à l'aide de la méthode des arbres de scénarios en programmant un modèle de surveillance sur R (R Core Team, version 3.1.1, 2014).

Un fois les coûts et l'efficacité mesurés, il est possible de mener l'ACE. Au vu des caractéristiques des deux stratégies comparées, il a été choisi de calculer un rapport coût-efficacité moyen (RCEM). Le RCEM est utilisé lorsque le coût net de la surveillance est divisé par son efficacité pour chacune des stratégies. Pour le calculer, il est nécessaire de mesurer les coûts et l'efficacité du réseau de surveillance.

L'utilisation du questionnaire OASISTrop a permis de décrire complètement le réseau de surveillance actuel de S. Dublin chez les bovins laitiers. Cette description montre que tous les acteurs mobilisés dans l'ajout de la nouvelle composante sont déjà présents dans la surveillance. Les résultats de l'évaluation OASISTrop a permis de montrer que le réseau souffre d'un manque de représentativité d'une composante de la surveillance active et d'un manque de formation des agents de terrain.

Les coûts sont exprimés en couronnes suédoises (SEK), sachant qu'1 SEK est égal à 9,29 euros. L'analyse des coûts montre que la stratégie conventionnelle coûte 2 600 000 SEK par an alors que la stratégie basée sur le risque coûte 693 000 SEK par an soit environ trois fois moins cher.

La fraction de détection de la stratégie basée sur le risque est de 57%[50% ; 64%]_{95%} tandis que celle de la stratégie conventionnelle est de 90%[87% ; 94%]_{95%}. La valeur de la FD de la stratégie basée sur le risque est donc inférieure à celle de la stratégie conventionnelle.

Le RCEM pour la stratégie basée sur le risque est de 12248[10835 ; 14139]_{95%} SEK/% de FD et pour la stratégie conventionnelle est de 29940[27809 ; 30648]_{95%} SEK/% de FD. Comme il est assez difficile de se représenter un pourcentage de fraction de détection le RCEM a également été fourni en SEK par cas détecté. Dans la stratégie basée sur le risque, la détection d'un cas coûte en moyenne 16 500 SEK tandis que pour la stratégie conventionnelle il coûte en moyenne 39 000 SEK pour détecter un cas. Cela signifie que la détection d'un cas coûte plus de deux fois plus cher avec la stratégie conventionnelle qu'avec la stratégie basée sur le risque.

Dans ce cas d'étude, l'objectif de l'évaluation était de déterminer la stratégie la plus rentable. Ici, il s'agit largement de la stratégie basée sur le risque. Cependant, au vu de l'objectif de surveillance qui est de détecter le maximum de troupeaux infectés, la stratégie conventionnelle est plus adaptée car sa fraction de détection est supérieure à celle de la stratégie basée sur le risque.

La description du réseau à l'aide de l'outil OASISTrop montre que l'ajout de la nouvelle composante est facile et engendrera peu de coûts autre que les coûts liés aux échantillons car tous les acteurs participant à cette nouvelle composante sont déjà actifs dans la surveillance actuelle. L'évaluation OASISTrop montre que les indicateurs de qualité du réseau sont faibles liés au manque de documents officiels pour décrire le fonctionnement du réseau et le manque de formation des agents de terrain. Cependant, l'ajout de la nouvelle composante permettrait d'améliorer les performances du réseau, entre autres sa sensibilité.

L'outil EVA a fourni une liste complète d'attributs et de méthodes pour les mesurer afin de mener l'analyse de l'efficacité. Seul un attribut a été mesuré au cours de ce stage : la fraction de détection. Dans la poursuite de l'étude, il serait intéressant d'étudier d'autres attributs d'évaluation pour mesurer l'efficacité des deux stratégies, comme la rapidité ou l'acceptabilité pour obtenir des informations complémentaires qui donneront des informations complémentaires pour ajuster les recommandations en fonction des attentes des décideurs.

Ce travail montre que la stratégie conventionnelle est préférable à la stratégie basée sur le risque telle qu'elle est définie actuellement. L'équipe suédoise veut poursuivre cette étude en définissant une nouvelle stratégie basée sur le risque à l'aide de l'outil de conception développé au sein du projet Risksur qui aide les décideurs à concevoir des réseaux/composantes de surveillance.

Remerciements

A Marisa Peyre, pour m'avoir permis de participer à ce projet et m'avoir encadré tout au long de ce travail,

A Barbara Häslér, pour votre soutien et vos précieux conseils,

A Ann Lindberg, pour avoir toujours pris le temps de répondre à mes nombreuses questions sur la surveillance de Salmonella Dublin et sur la fraction de détection,

A Vladimir Grosbois, pour votre patience et pour avoir réussi à me faire comprendre comment programmer un modèle de surveillance sur R,

A Arianna Comin, pour la réalisation du modèle épidémiologique sans lequel ce stage ne serait pas allé loin et pour votre soutien lors de mon arrivée au SVA,

A Flavie Goutard, pour m'avoir proposé ce stage,

A l'équipe du département d'épidémiologie du SVA, pour votre accueil chaleureux,
A Estelle Ågren, pour avoir répondu à mes très nombreuses questions concernant le réseau de surveillance Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède,

A Helene Wahlström, Elina Lahti, Kaisa Sörén, Catrin Vesterlund-Carlson, Lennart Melin, pour votre patience et pour avoir accepté de répondre aux nombreuses questions de l'outil OASISTrop,

A Fernanda Dorea, pour votre accueil à Uppsala,

A Thomas Rosendal et Linda Ernholm, pour votre aide quotidienne au SVA,

A l'équipe d'AGIRs au Cirad, pour votre accueil chaleureux,

A Clémentine Calba, pour son accueil à Montpellier et pour m'avoir formé à l'évaluation des réseaux de surveillance par l'utilisation de méthodes issues de l'épidémiologie participative,

A l'équipe du VEEPH au RVC, pour votre accueil chaleureux,

A Timothée Vergne et Claire Guinat, pour votre accueil francophone dans la capitale britannique,

Aux enseignants du master, pour votre disponibilité et pour m'avoir transmis le goût pour l'épidémiologie et l'épidémiosurveillance,

A Loïc Desquilbet, pour avoir accepté d'être le tuteur de ce stage,

A mes collègues et amis du master, pour cette année que j'ai été heureuse de partager avec vous.

Sommaire

Résumé court	1
Résumé long	2
Remerciements	5
Liste des figures	8
Liste des tableaux	8
Liste des annexes.....	8
Liste des abréviations	9
Lexique	10
INTRODUCTION.....	12
1. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	12
1.1. L'évaluation économique	12
1.1.1. Bases de l'évaluation économique	13
a) Principes de bases	13
b) Les différents critères économiques	13
c) Techniques d'évaluations économiques	13
1.1.2. L'analyse coût-efficacité	14
a) Estimation des coûts	14
b) Estimation de l'efficacité	14
c) L'analyse coût-efficacité	15
1.2. Le projet Risksur	15
1.2.1. Contexte général	16
1.2.2. Objectifs du projet	16
1.2.3. Activités du projet	16
a) L'outil de conception d'un réseau de surveillance	16
b) L'outil EVA (outil d'aide à l'évaluation)	17
c) Choix du cas d'étude	17
1.3. Salmonella Dublin en Suède et en Europe	18
1.4. Surveillance de Salmonella Dublin en Suède	19
1.5. Objectifs du stage	19
2. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	20
2.1. Description de la nouvelle composante.....	20
2.2. Utilisation d'un outil d'aide à la décision, l'outil EVA.....	20
2.2.1. Définition du protocole d'évaluation par l'outil EVA.....	20
2.2.2. Protocole d'évaluation de la surveillance de salmonella Dublin en Suède (sortie de l'outil EVA)	
.....	21
2.2.3. Plan de mise en œuvre de l'évaluation	21
i. Analyse descriptive du réseau de surveillance actuel	21
ii. Choix de la méthode pour mener l'évaluation économique	21
2.3. Analyse descriptive du système de surveillance : l'outil OASITrop	24
2.4. Évaluation économique	25
2.4.1. Méthode utilisée pour l'analyse des coûts	25
2.4.2. Méthode utilisée pour évaluer l'efficacité	27
a) Mesure de l'attribut sélectionné par la méthode des arbres de scénarios	27
b) Description du modèle pour la stratégie basée sur le risque	27
i. Prévalence de S. Dublin dans la population.....	28
ii. Probabilité qu'une unité soit dans l'une ou l'autre des strates sachant qu'elle est infectée	
.....	28
iii. Proportion des élevages infectés au cours de l'année	28
iv. Sensibilité de la surveillance	29
v. Fraction de détection.....	30

c)	Paramètres d'entrée du modèle	30
d)	Paramètres de sortie du modèle	30
e)	La mesure de la fraction de détection pour la stratégie conventionnelle.....	30
f)	Comparaison des fractions de détection des deux stratégies.....	30
2.4.3.	Méthode utilisée pour mener l'analyse coût-efficacité	31
3.	RESULTATS.....	32
3.1.	Analyse descriptive du réseau de surveillance Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède	32
3.1.1.	Description de la surveillance.....	32
a)	Description du réseau actuel de surveillance de S. Dublin chez les bovins laitiers en Suède. .	32
i.	Surveillance passive reposant sur les signes cliniques.....	33
ii.	Surveillance en nécropsie : passive et active.....	33
iii.	Surveillance active dans les abattoirs et dans les ateliers de découpe	34
iv.	Enquête amont-aval	34
v.	Achat/vente d'animaux	34
vi.	Définition du cas suspect et du cas confirmé.	35
vii.	Communication du résultat	35
viii.	Levée de la restriction	36
b)	Enjeux de ce réseau.....	37
c)	La composante basée sur le dépistage du lait de tank.....	37
i.	Fonctionnement général probable de cette nouvelle composante	37
ii.	Différences entre l'approche conventionnelle et l'approche basée sur le risque.	37
d)	Impact de l'ajout de la nouvelle composante sur le réseau de surveillance actuel	38
3.1.2.	Résultats de l'évaluation OASISTrop : analyse des points forts et limites du système	39
3.2.	Résultat de l'évaluation économique	39
3.2.1.	L'analyse des coûts des deux stratégies	39
3.2.2.	L'analyse de l'efficacité de chacune des options.....	40
3.2.3.	L'analyse coûts-efficacité (ACE).....	41
3.2.4.	Bilan de l'évaluation économique	41
4.	DISCUSSION	42
4.1.	Evaluation économique : difficultés d'interprétation d'une ACE.....	42
4.2.	Lien entre l'évaluation économique et l'évaluation du réseau à l'aide d'OASISTrop : complémentarité de l'analyse du processus de surveillance dans l'interprétation des résultats de l'évaluation économique et dans la définition de recommandations pour l'amélioration du système	44
4.2.1.	La description du réseau	45
4.2.2.	L'évaluation OASISTrop	45
4.3.	Avantages et limites de l'étude.....	45
4.3.1.	Choix de la stratégie basée sur le risque	45
4.3.2.	Apport de l'outil EVA à ce cas d'étude	46
4.3.3.	Commentaires sur l'utilisation d'OASISTrop	47
4.3.4.	Commentaires sur l'analyse des coûts	48
4.3.5.	Commentaires sur l'évaluation de l'efficacité	49
a)	Commentaires sur le modèle utilisé.....	49
b)	Mesure d'un autre attribut d'efficacité	49
c)	Utilisation d'un attribut fonctionnel.....	49
d)	Nouvelle logique d'évaluation de l'efficacité des réseaux de surveillance	50
4.3.6.	Commentaires sur le choix de l'analyse coûts-efficacité.....	50
4.4.	Recommandations	50
	CONCLUSION.....	52
	Bibliographie	53

Liste des figures

Figure 1 : Schéma explicatif sur la différence entre la sensibilité et la fraction de détection en fonction du type surveillance (avec ou sans stratification de la population).....	23
Figure 2 : Arbre de scénarios utilisé pour programmer le modèle de la stratégie basée sur le risque.	27
Figure 3 : Représentation schématique de la place du réseau de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins dans la surveillance des zoonoses en Suède.	32
Figure 4 : Représentation schématique de l'organisation des différentes composantes de surveillance de S. Dublin chez les bovins en Suède.....	33
Figure 5 : Diagramme d'activité du réseau de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède.....	37
Figure 6 : Impact de l'ajout de la nouvelle composante basée sur l'échantillonnage du lait de tank dans le réseau actuel de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède.....	38
Figure 7 : Histogramme représentant la distribution de la fraction de détection pour la stratégie basée sur le risque.....	40
Figure 8 : Histogramme représentant la distribution de la fraction de détection pour la stratégie conventionnelle.....	41
Figure 9 : Représentation graphique de la probabilité que la fraction de détection (FD) soit supérieure à une proportion donnée d'unités infectées détectées (en bleu la stratégie basée sur le risque et en rouge la stratégie conventionnelle).....	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des attributs d'évaluation sélectionnés et hiérarchisation des attributs de mesure de l'efficacité en fonction des objectifs du réseau et de l'évaluation.	22
Tableau 2 : Coûts variables de la stratégie conventionnelle du nouveau composant de la surveillance.....	39
Tableau 3 : Coûts variables de la stratégie basée sur le risque du nouveau composant de la surveillance.....	40
Tableau 4 : Résultats obtenu lors de l'analyse coûts-efficacité.....	42

Liste des annexes

Annexe 1 : Protocole d'évaluation proposé par l'outil EVA pour le cas d'étude sur la surveillance de S. Dublin en Suède.....	58
Annexe 2 : Plan d'évaluation proposé par EVA pour ce cas d'étude sur la surveillance de S. Dublin chez les bovins en Suède.....	61
Annexe 3 : Tableau ayant permis de récolter les coûts de l'ensemble du réseau de surveillance de S. Dublin en Suède en incluant les coûts de la composante d'échantillonnage sur le lait de tank (stratégie conventionnelle) auprès de l'équipe suédoise de l'institut national vétérinaire (SVA) et du ministère de l'agriculture (SVJ) (coûts en SEK).	65
Annexe 4 : Programme utilisé sous R pour calculer la fraction de détection des deux stratégies.....	71
Annexe 5 : Présentation du modèle épidémiologique d'Arianna Comin.....	77
Annexe 6 : Présentation des probabilités d'historiques d'infection utilisées en paramètres d'entrée dans le modèle de surveillance.....	79
Annexe 7 : Représentations schématiques de la surveillance de Salmonella Dublin en Suède.....	81
Annexe 8 : Rapport OASISTrop préliminaire.....	83

Liste des abréviations

AC	Analyse des coûts
ACE	Analyse coûts-efficacité
ACB	Analyse coûts-bénéfices
AHVLA	The Secretary of State for Environment, Food and Rural Affairs, Royaume Uni
ANSES	Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
CDC	Center for Disease Control and prevention
CIRAD	Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement, France
ELISA	Enzyme-linked immunosorbent assay (dosage immunoenzymatique sur support solide)
EVA	EVALuation support tool = outil d'aide à l'évaluation
FD	Fraction de detection
FLI	Friedrich Loeffler Institut - Bundesforschungsinstitut Fuer Tiergesundheit, Allemagne
GD	Gezondheidsdienst Voor Dieren BV, Pays Bas
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
OASIS	Outil d'analyse de système d'information en santé
OD	Optical density (densité optique)
ODC	Optical density corrected (densité optique corrigée)
OIE	Organisation mondiale de la santé animale (office international des épizooties)
OMS	Organisation mondiale de la santé
RVC	The Royal Veterinary College, Royaume Uni
S. Dublin	Salmonella Dublin
SEK	Couronnes suédoises

SJV	Jordbruksverket (ministère de l'agriculture suédois)
SNAT	Surveillance Network Analysis Tool
SVA	Statens Veterinaermedecinska Anstalt (institut national vétérinaire suédois)
RCE	Rapport coût-efficacité
Risksur	Acronyme pour « Fournir une nouvelle génération de méthodes et d'outils pour la mise en place de systèmes de surveillance en santé animale rentables et basés sur les risques épidémiologiques pour le bénéfice des éleveurs, des gestionnaires et des consommateurs »
UE	Union Européenne
UCM	Université Complutense de Madrid, Espagne

Lexique

Agents de terrain (Collecteurs de données) : Rassemblent les intervenants directs du réseau sur le terrain en charge de la détection des événements et de la collecte des données telles que définies dans le protocole de surveillance. Quelle que soit leur origine (privés ou publics), ce sont avant tout des acteurs qui ont un contact régulier avec les sources de données (d'après OASIS).

Animateur (du dispositif de surveillance) : Personne en charge de l'animation générale du dispositif de surveillance. Souvent à la tête de l'unité centrale, cette fonction est indispensable au bon fonctionnement du dispositif (d'après OASIS).

Attribut d'efficacité : attribut qui a pour but d'évaluer la qualité des informations de surveillance fournies pour le réseau de surveillance (Hoinville *et al.*, 2013).

Attribut fonctionnel : attribut qui a pour but d'évaluer le fonctionnement du réseau de surveillance (Hoinville *et al.*, 2013).

Comité de pilotage : Organe qui fixe les grandes orientations et les objectifs du réseau, il prend les décisions stratégiques. Il est composé des principaux décideurs des organisations qui prennent part à la surveillance (d'après OASIS).

Comité scientifique et technique : Regroupe les scientifiques et les techniciens en mesure de concevoir, d'élaborer et de critiquer les protocoles de surveillance à mettre en place en fonction des objectifs fixés. Il est l'outil d'appui scientifique et technique de l'unité centrale. Selon l'importance du dispositif de surveillance, le comité scientifique et technique peut ne faire qu'un avec l'unité centrale si celle-ci regroupe l'ensemble des compétences et de l'expertise nécessaire ou peut être parfois confondu avec le comité de pilotage pour les dispositifs de petite taille (d'après OASIS).

Composante (de surveillance) : une activité de surveillance unique (définie par la source de données et les méthodes utilisées pour leur collection) utilisée pour investiguer sur l'apparition d'un ou plusieurs dangers dans une population donnée (Hoinville *et al.*, 2013).

Contrôle : Processus qui consiste à rendre un agent pathogène moins grave en l'évitant, le contenant, le réduisant ou l'éliminant (Häsler, 2011).

Intervention : Processus de mise en place de mesures appropriées de lutte pour réduire la prévalence de l'agent pathogène ou l'éliminer (Häsler, 2011).

Laboratoire central : Laboratoire de référence contrôlant la réalisation des analyses ou, dans certains cas très spécifiques, laboratoire seul habilité à réaliser les analyses pour le compte du dispositif de surveillance (d'après OASIS). En Suède, il s'agit du laboratoire de bactériologie de l'institut national vétérinaire suédois (SVA).

Réseau (de surveillance) : une série de composants de surveillance (et les structures organisationnelles associées) utilisée pour investiguer sur l'apparition d'un seul danger, dans une population donnée (Hoinville *et al.*, 2013).

Sources de données : Entités dans lesquelles sont localisées les données qui seront collectées (élevage pour une maladie animale, industrie agro-alimentaire pour un contaminant, etc.) (d'après OASIS).

Surveillance (d'un agent pathogène) : La mesure, la collecte, la compilation, l'analyse, l'interprétation et la diffusion dans les temps, systématique, continue ou répétée des données liées à la santé et au bien-être animal issues de populations définies. Ces données sont ensuite utilisées pour décrire la fréquence du danger de santé et de contribuer à la planification, l'exécution et l'évaluation des actions d'atténuation du risque (Hoinville *et al.*, 2013).

Surveillance basée sur le risque : Utilisation des informations concernant la probabilité d'apparition et l'importance des conséquences biologiques et/ou économiques des dangers sanitaires pour planifier, concevoir et/ou interpréter les résultats issus des réseaux de surveillance (Hoinville *et al.*, 2013).

Unité centrale : Regroupe les personnes responsables de la centralisation des données collectées, de leur analyse et de leur diffusion. Elle est chargée de coordonner les activités du réseau et d'animer le comité technique. C'est elle qui rend compte au comité de pilotage des résultats de la surveillance (d'après OASIS).

Unité épidémiologique : Unité élémentaire ou groupe d'unités élémentaires représentant la base pertinente pour le dénombrement d'un phénomène de santé (animal, troupeau, produit alimentaire, industrie agro-alimentaire, etc.) (d'après OASIS).

Unités intermédiaires : Représentent l'échelon intermédiaire entre les collecteurs de données et l'unité centrale. Leur rôle est de coordonner les activités de terrain, ainsi que de valider et éventuellement corriger les données collectées avant leur envoi à l'unité centrale. Les unités intermédiaires ne sont pas toujours indispensables, cela dépend de la taille et de la nature du dispositif de surveillance (d'après OASIS).

Introduction

Salmonella Dublin (S. Dublin) est une entérobactérie qui peut causer de grosses pertes économiques dans un élevage bovin laitier (Nielsen *et al.*, 2013). Elle représente également un risque zoonotique important pour les éleveurs et pour les consommateurs de produits alimentaires issus d'élevages atteints, de par la gravité des symptômes lorsque l'homme est atteint (Fang et Fierer, 1991; Yim *et al.*, 2014). Pour ces deux raisons, et suite à la publication d'une étude qui montre que le nombre d'élevages infectés détectés actuellement par le réseau de surveillance suédois est bien inférieur à la prévalence réelle (Ågren, 2014), l'Institut National Vétérinaire suédois (SVA) et le Ministère de l'Agriculture suédois (SJV) veulent améliorer le réseau de surveillance actuel de S. Dublin par l'ajout d'une nouvelle composante de dépistage de la bactérie sur le lait de tank. Pour cette nouvelle composante, ils désirent comparer la rentabilité de deux stratégies d'échantillonnage : une stratégie conventionnelle d'échantillonnage exhaustif de la population ou une stratégie basée sur le risque. Pour répondre à cette question, il est nécessaire de mener une évaluation économique (Häsler *et al.*, à paraître).

Cette évaluation a été menée dans le cadre du projet Risksur (« développer une nouvelle génération de méthodes et d'outils pour la mise en place de réseaux de surveillance en santé animale rentables et basés sur les risques épidémiologiques pour le bénéfice des éleveurs, des gestionnaires et des consommateurs ») financé par l'Union Européenne (UE), et plus particulièrement dans le cadre composante évaluation (WP5) du projet et du développement de l'outil d'aide à l'évaluation (EVA (Evaluation support tool) = outil d'aide à l'évaluation).

L'objectif général de ce travail a été de réaliser l'évaluation économique des deux stratégies proposées avec l'aide de l'outil EVA et de fournir des recommandations pour aider les décideurs à choisir entre l'une ou l'autre stratégie.

Les objectifs détaillés de ce travail ont été :

- d'appliquer l'outil EVA sur ce cas d'étude afin d'identifier la méthode la plus pertinente pour réaliser l'évaluation économique
- d'identifier les points forts et points faibles du système de surveillance dans lequel s'intègre la nouvelle composante
- de mesurer le coût et l'efficacité des deux stratégies proposées (conventionnelle et basée sur le risque)
- de lister les avantages et les limites du processus d'évaluation
- de fournir des recommandations quant au choix de l'une ou l'autre des stratégies.

Un objectif secondaire de ce travail était de mettre en perspective l'ajout de cette nouvelle composante dans le réseau de surveillance actuel de S. Dublin à l'aide de l'outil OASIS.

Dans la première partie, le projet Risksur, l'outil EVA, les principes de l'évaluation économique et l'importance de la surveillance de S. Dublin sont exposés au travers d'une synthèse bibliographique. La troisième partie expose les matériels et méthodes utilisés pour mener cette étude. La quatrième partie présente les résultats obtenus. Enfin, la cinquième partie présente l'interprétation de l'évaluation économique, les avantages et les limites de l'utilisation de cette méthode et les recommandations pour les décideurs.

1. Synthèse bibliographique

1.1.L'évaluation économique

L'évaluation économique des réseaux de surveillance est devenue essentielle dans le contexte économique actuel. Avec les restrictions budgétaires, les décideurs sont de plus en plus sensibles aux aspects de coûts et de coûts-efficacité des réseaux. Cependant, même si

l'évaluation économique des réseaux de surveillance est une préoccupation de longue date (Dufour, 1999), les guides d'évaluation de réseau de surveillance qui proposent une évaluation économique ainsi que les outils pratiques pour la faire restent peu nombreux. L'étude menée par Calba *et al* montre que sur les 10 guides identifiés seulement 3 recommandent une évaluation économique (Calba *et al.*, 2015). Une étude récente sur les méthodes d'évaluation menées ces 10 dernières années a mis en évidence sur les 99 études identifiées, seulement 1/3 prenaient en compte un aspect économique (Drewe *et al.*, 2012).

1.1.1. Bases de l'évaluation économique.

a) Principes de bases

L'évaluation économique est basée sur un choix : le choix d'allouer ou non un certain montant des ressources publiques à tel ou tel système de surveillance (Häsler *et al.*, à paraître). S'il n'y a qu'une façon possible de mener la surveillance (par exemple par une obligation légale), l'évaluation économique est inutile et devient redondante du fait qu'il n'y ait pas de choix à faire. C'est pourquoi une description des coûts ou une analyse des coûts ou l'évaluation de l'efficacité de la surveillance ne représentent pas une évaluation économique en soit. Ce choix doit être logique, c'est-à-dire que les bénéfices qui en résultent doivent être plus importants que les pertes.

b) Les différents critères économiques

Les activités de surveillance et les mesures de contrôle qui les accompagnent permettent de maintenir la prévalence et/ou l'incidence d'une maladie en-dessous des niveaux qui prévaudraient en l'absence de mesures de surveillance et de contrôle. Pour donner une valeur économique à cette diminution de prévalence et/ou d'incidence, on parle des bénéfices issus des pertes évitées (Häsler et Howe, 2012).

Un système de surveillance et d'intervention est économiquement efficace dès lors que les bénéfices issus des pertes de production évitées compensent les dépenses associées au contrôle de la maladie (surveillance et intervention) (Howe *et al.*, 2013).

De ce raisonnement découlent trois critères économiques distincts. Le premier, l'efficacité économique optimale, qui consiste à maximiser les bénéfices nets résultant de la différence entre les ressources allouées à la surveillance et l'intervention et la valeur économique des pertes évitées. Le second est l'acceptabilité économique. Il correspond à s'assurer que les financements dédiés aux mesures de contrôle (surveillance et intervention) soient au moins égaux à la valeur économique des pertes évitées. Enfin le dernier critère, le choix du moindre coût, est utilisé quand l'intérêt est porté sur le réseau de surveillance qui coûte le moins cher quels que soient les bénéfices nets qui en résultent (Häsler *et al.*, à paraître).

c) Techniques d'évaluations économiques

Une évaluation économique ne peut être menée que si au moins deux réseaux de surveillance sont comparés et que les coûts et les bénéfices de ces réseaux sont évalués. Il existe 4 techniques différentes d'analyse économique (Drummond *et al.*, 1997; Häsler *et al.*, à paraître):

- L'analyse de l'optimisation économique
- L'analyse coûts-efficacité (ACE)
- L'analyse coûts-utilité (ACU)
- L'analyse coûts-bénéfices (ACB)

L'optimisation économique est utilisée pour atteindre l'efficacité économique optimale et les ACE et ACB sont utilisés pour calculer l'acceptabilité économique. La mesure

du moindre coût ne correspond pas à une évaluation économique puisque l'efficacité des mesures de contrôles n'est pas évaluée. Une analyse du moindre coût est alors réalisée. Seule l'ACE utilisée dans le cadre de ce stage sera présentée en détail.

1.1.2. L'analyse coût-efficacité

Tout comme les autres méthodes d'évaluation économique, l'analyse coûts-efficacité doit fournir des informations permettant aux gestionnaires de décider comment allouer des ressources financières souvent limitées.

Dans une analyse coût-efficacité, l'efficacité ne peut pas s'exprimer en valeur monétaire comme peuvent l'être les bénéfices dans une analyse coûts-bénéfices. Cela implique que la mesure de l'efficacité puisse permettre un jugement de valeur c'est-à-dire donne une notion de bénéfice économique.

Les attributs définis pour mesurer l'efficacité afin de mener une ACE sont très nombreux. Cela pose deux problèmes:

- L'utilisation d'un large éventail d'attributs limite la standardisation et la comparabilité entre deux stratégies de surveillance
- Certains attributs de mesure d'efficacité ne peuvent pas être évalués intuitivement, il est alors difficile aux gestionnaires de définir un seuil de coût-efficacité.

Lors de la sélection des attributs de mesure de l'efficacité, il est primordial d'utiliser les mêmes attributs pour mener l'évaluation des différents modèles de surveillance qui nous intéressent et de choisir des attributs adaptés aux contexte des réseaux évalués (par ex. dans le cas d'un objectif de preuve de statut indemne, la rapidité du réseau ne sera pas considéré comme un attribut important ; dans un objectif de détection précoce des cas, la rapidité représente un attribut d'évaluation prioritaire) et facilement compréhensibles des gestionnaires pour leur permettre de faire un lien avec un bénéfice économique.

a) Estimation des coûts

La méthode d'estimation des coûts utilisée dans ce cas d'étude s'est inspirée de celle développée par Barbara Häslér (Häslér, 2011) et est présentée dans la partie « matériel et méthodes » (2.4.1).

b) Estimation de l'efficacité

Un réseau est considéré comme efficace quand celui-ci est capable de garantir au maximum la fiabilité des informations qu'il produit et de répondre à ses objectifs. L'évaluation de cette efficacité passe par l'évaluation d'attributs qui assurent la fiabilité des données (comme la sensibilité, la spécificité, la rapidité, la valeur prédictive positive et négative, les biais ou encore la précision) (Drewe *et al.*, 2013, 2012; Hendrikx *et al.*, 2011; Hoinville *et al.*, 2013). L'évaluation de l'efficacité d'un réseau de surveillance diffère d'un réseau à un autre en fonction des objectifs de surveillance, des protocoles de surveillance et de type de maladies ciblées. En fonction des objectifs, l'évaluation se concentrera sur certains aspects spécifiques du réseau. Par exemple, si le réseau a pour objectif la détection précoce de foyers d'une maladie exotique ou émergente, l'évaluation s'intéressera à la sensibilité et à la rapidité du système de surveillance à détecter les cas et à mettre en place les mesures de contrôle (Knight-Jones *et al.*, 2010).

L'efficacité d'un réseau de surveillance peut être estimée de 3 façons différentes : qualitative, semi-quantitative et quantitative.

Dans le cadre d'une évaluation qualitative, des questionnaires structurés ou semi-structurés sont fréquemment utilisés pour interroger les acteurs du réseau (Bronner *et al.*,

2014) dont l'analyse peut être complétée par des opinions d'experts. Ce type d'évaluation à l'avantage d'être simple à mettre en œuvre et d'aboutir facilement à des recommandations pratiques et adaptées. Cependant elles nécessitent la mise en œuvre d'études de terrain et la collecte d'un nombre de données important. Les approches qualitatives sont surtout utilisées pour la mesure des attributs fonctionnels (Drewe *et al.*, 2013; Jefferson *et al.*, 2008). Les données issues de ces enquêtes ne peuvent pas alimenter directement des analyses quantitatives mais elles permettent de fournir des éléments essentiels à l'interprétation des résultats d'une évaluation quantitative (Peyre *et al.*, à paraître).

L'évaluation semi-quantitative consiste à transformer les données de l'évaluation qualitative en données mesurables. Ce type d'évaluation est donc toujours couplé à une évaluation qualitative (sur la base de questionnaires ou approches participatives) ainsi qu'à une étape de notation des données (Hendrikx *et al.*, 2011; Calba *et al.*, 2015). Les limites de ce type d'évaluation résident dans la subjectivité des experts effectuant l'étape de notation et ainsi dans la difficulté de comparaison d'une étude à l'autre.

L'évaluation quantitative est basée quant à elle sur des méthodes statistiques qui permettent de mesurer certains attributs d'efficacité (de type sensibilité ou valeur prédictive), de manière rigoureuse et reproductible afin de fournir une mesure fiable d'efficacité des réseaux de surveillance. Cependant, seul un nombre limité de méthodes d'estimation quantitative sont actuellement disponibles et prennent en compte un nombre limité d'attributs d'efficacité. Une étude récente (Drewe *et al.*, 2012) montre que les méthodes quantitatives sont plus fréquemment utilisées que les méthodes qualitatives. Cela est probablement dû à la facilité de mise en œuvre de ces études, soit sur la base de données disponibles dans la littérature soit par l'utilisation de données issues de modèles de simulation (pas d'études de terrain nécessaires).

Dans ce cas d'étude, une méthode de mesure quantitative de l'efficacité a été utilisée. Il s'agit de la méthode des arbres de scénarios. Le principe de la méthode ainsi que son application sont détaillés dans la partie « matériels et méthode » (2.4.2)

c) L'analyse coût-efficacité

Une fois que le coût et l'efficacité du réseau de surveillance sont mesurés, l'analyse coût-efficacité peut être réalisée. Pour cela, un rapport coût-efficacité (RCE) est calculé. Les différents RCE existants et les méthodes de calcul leur correspondant sont présentés dans la partie « matériels et méthodes » (2.4.3).

1.2.Le projet Risksur

L'objectif du projet Risksur (« développer une nouvelle génération de méthodes et d'outils pour la mise en place de réseaux de surveillance en santé animale rentables et basés sur les risques épidémiologiques pour le bénéfice des éleveurs, des gestionnaires et des consommateurs ») est de développer et de valider des outils d'aide à la décision et à la conception de réseaux de surveillance efficaces basés sur les risques épidémiologiques (Risksur, 2012).

Les outils développés dans le cadre de Risksur participent à atteindre les objectifs de surveillance en santé animale suivants:

- la détection précoce de maladies animales exotiques
- la déclaration du statut indemne d'une population au regard d'une maladie
- l'estimation de la prévalence dans le cas de maladies animales endémiques.

Pour atteindre ces objectifs, le projet Risksur réunit un consortium de vétérinaires, d'épidémiologistes et d'économistes issus de 10 institutions publiques ou privées (ARCADIA, AHVLA, CIRAD, FLI, GD, RVC, SAFOSO, SVA, TraceTracker, UCM), de 8 pays européens (Allemagne, Belgique, France, Espagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède,

Suisse). La plupart de ces spécialistes ont de l'expérience dans la conception et la mise en place de réseaux de surveillance en santé animale (AHVLA, SVA, FLI, UCM, GD) et dans l'évaluation économique (RVC, CIRAD).

1.2.1. Contexte général

Au cours des 20 dernières années, l'Union Européenne (UE) a connu un certain nombre de crises sanitaires en santé animale qui ont eu des répercussions économiques, sociales et politiques importantes (Nathanson *et al.*, 1997; Lanska, 1998; Thompson *et al.*, 2002; Mort *et al.*, 2008).

Les foyers récents de maladies exotiques et/ou émergentes, comme la fièvre aphteuse ou l'influenza aviaire dans des pays européens jusqu'à présent indemnes (Peiso *et al.*, 2011), mettent en lumière le besoin de systèmes de surveillance nouveaux et en adéquation avec les besoins de santé afin d'assurer la détection et la mise en place de mesures de contrôle rapides.

Les conséquences économiques d'une crise sanitaire en santé animale peuvent être sévères. L'exemple le plus fréquent cité est l'épidémie de fièvre aphteuse en Grande Bretagne en 2001. Le coût global des pertes pour la filière agricole et l'industrie de l'agroalimentaire a été estimé à 4,2 milliards d'euros (Thompson *et al.*, 2002). Durant cette crise, le coût supporté par les producteurs s'est élevé à environ 490 million d'euros, soit environ 20% des revenus issus de l'élevage en 2001. D'autres coûts indirects se sont ajoutés, comme la diminution du tourisme suite à cette crise sanitaire qui aurait engendré un manque à gagner total de 4 milliards d'euros.

Par ailleurs, au vue de la situation économique globale, les gouvernements sont contraints de réduire leurs dépenses publiques. Il est donc devenu nécessaire de mettre en place des outils qui permettent le développement de réseaux de surveillance en santé animale optimaux d'un point de vu épidémiologique et économique.

1.2.2. Objectifs du projet

Le projet Risksur a plusieurs objectifs (Risksur, 2012):

- Elaborer des cadres scientifiques et flexibles ainsi que des outils d'aide à la décision afin de faciliter la conception et l'évaluation des systèmes de surveillance en santé animale tout en étant adapté aux différentes menaces sanitaires auxquelles sont confrontés les états membres.
- Développer un cadre d'appui à la prise de décision dans la conception de systèmes de surveillance. Le cadre est différent suivant l'objectif de surveillance (détection précoce, maladie endémique,...) ainsi que pour les surveillances à multi-objectifs. Ce cadre doit permettre également de concevoir des réseaux de surveillance basés sur les risques épidémiologiques.
- Développer des méthodes d'aide à la décision en termes de priorisation et d'analyses multi-critères afin d'être intégré dans le processus de décision.

1.2.3. Activités du projet

a) L'outil de conception d'un réseau de surveillance

L'outil de conception permet de créer un réseau/composant de surveillance en fonction des caractéristiques du danger à surveiller et des objectifs de la surveillance. Il prend en compte le type de surveillance qui sera mis en place active et/ou passive et les caractéristique de cette surveillance (surveillance des vecteurs, surveillance à l'abattoir...). Il considère également la population cible, le protocole d'échantillonnage et les tests diagnostics pour fournir une proportion de réseau/composant de surveillance.

b) L'outil EVA (outil d'aide à l'évaluation)

Dans le cadre des travaux de la composante 5 portant sur l'évaluation économique des cas d'étude abordés dans le cadre du projet Risksur, une revue systématique des cadres d'évaluation et guides existants a été menée (Calba *et al.*, 2015). Cette revue met en évidence le besoin d'un cadre d'évaluation qui soit à la fois suffisamment standardisé pour permettre des comparaisons et suffisamment flexible pour répondre à n'importe quelle question d'évaluation quels que soient les objectifs des systèmes de surveillance considérés et les contextes épidémiologiques et socio-économiques dans lesquels ils s'inscrivent. En outre cette revue a recommandé la production d'un guide pratique de l'évaluation (que faut-il évaluer et comment ?).

Une revue systématique de l'utilisation des méthodes d'évaluation économique menée en parallèle a également démontré que la conception des systèmes de surveillance s'appuie rarement sur leur évaluation économique (Risksur, 2013).

L'un des objectifs du projet Risksur a été de développer un outil (EVA) d'aide à l'évaluation des systèmes de surveillance destiné aux gestionnaires de la santé animale et répondant aux besoins identifiés par ces revues (standardisation, flexibilité, évaluation économique, outil pratique). Le cadre d'évaluation proposé par l'outil EVA a été développé sur la base d'une revue systématique des cadres existants (Calba *et al.*, 2015).

L'outil EVA permet à l'utilisateur de cibler sa question d'évaluation en fonction de son contexte de surveillance et du contexte socio-économique associé. L'outil EVA fournit aux décideurs un protocole d'évaluation détaillé et pratique, permettant une sélection des outils d'évaluation adaptés sur la base d'un référencement exhaustif des outils existants. Cependant l'outil EVA n'est pas un outil d'évaluation en tant que tel. L'utilisateur informe EVA sur le contexte épidémiologique, les objectifs de la surveillance et les objectifs de l'évaluation. A l'issue de l'utilisation d'EVA, l'utilisateur obtient une liste des attributs à mesurer en priorité et des méthodes les plus pertinentes pour y parvenir. Ces informations sont ensuite compilées dans un rapport standardisé qui constitue une base solide pour mener à bien un travail d'évaluation rigoureux.

c) Choix du cas d'étude

Pour chacun des trois objectifs de surveillance pris en compte dans le projet Risksur, trois cas d'étude ont été sélectionnés pour l'évaluation économique de nouvelles composantes de surveillance basée sur le risque. Le cas d'étude S. Dublin en Suède a été sélectionné pour l'évaluation économique dans le cadre d'un objectif de détection des cas afin de faciliter le contrôle des maladies endémiques.

Ce cas d'étude présente plusieurs avantages. Tout d'abord il s'agit d'une maladie endémique dans tous les pays participant au projet Risksur et dans la plupart de ces pays une surveillance active est en place. Cette surveillance participe à l'amélioration de la santé et du bien-être animal. L'étude chez les bovins laitiers est importante car les consommateurs ont confiance en la sécurité des produits laitiers. Une surveillance de cette maladie permet également de réduire les risques de contamination de l'homme par contact direct avec des animaux infectés. De plus des données sur les facteurs de risque de S. Dublin sont disponibles ainsi que des données de surveillance du réseau suédois. Cependant cette surveillance a un coût et dans le contexte économique actuel, la mise en place de stratégies de surveillance moins coûteuses à efficacité comparable serait un atout.

Le seul inconvénient de ce choix est que dans le cadre d'une maladie à faible prévalence, ce qui est le cas de S. Dublin en Suède, les facteurs de risque sont plus difficiles à identifier que dans le cas d'une maladie à prévalence plus élevée.

1.3. Salmonella Dublin en Suède et en Europe

Les salmonelles sont des bactéries de la famille des enterobacteriaceae. Les deux sérotypes les plus fréquents chez les bovins sont Salmonella Typhimurium (*S. Typhimurium*) et Salmonella Dublin (*S. Dublin*) (Institut de l'élevage, 2008). Contrairement à *S. Typhimurium* qui est ubiquitaire, *S. Dublin* est un sérotype adapté aux bovins mais qui infecte de temps en temps les humains (Liebana *et al.*, 2002). Cette infection est peu fréquente chez les humains mais provoque des taux élevés de morbidité et de mortalité (Fierer, 1983; Hoelzer *et al.*, 2011; Yim *et al.*, 2014).

A l'échelle de l'élevage, les pertes économiques provoquées par une infection à *S. Dublin* sont liées à la mortalité des veaux, les frais vétérinaires, les avortements, ces derniers entraînant une perte de production de veaux, une diminution de la production laitière et une augmentation de l'intervalle entre les vêlages (Nielsen, 2009). Une étude basée sur un modèle de simulation dynamique a estimé que la perte de marge brute moyenne pour un élevage de 200 vaches infectées par *S. Dublin* pendant 10 ans dans de bonnes conditions de gestion était de 27 600 euros alors que pour un élevage dans de mauvaises conditions de gestion, cette même perte est de 415 800 euros (Nielsen *et al.*, 2013). Une autre étude montre que les coûts nécessaires pour contrôler l'infection dans un élevage laitier de 400 animaux dont 200 vaches infectées par *S. Dublin* s'élèvent entre 171 000 euros, pour un élevage qui sera sous restriction pendant 200 jours, et 510 000 euros pour un élevage qui sera sous restriction pendant 650 jours (Ågren *et al.*, à paraître).

En 2012, 91 034 cas humains de salmonellose ont été confirmés en Europe. Cela correspond à une réduction du nombre de cas de 4,7% par rapport à 2011 et de 32% des cas par rapport à 2008. La prévalence rapportée chez les bovins est de 0 à 15% à l'échelle du troupeau et de 0 à 4% à l'échelle de l'animal (Anonyme, 2014a).

En Suède, environ 4 000 cas humains de salmonellose sont reportés chaque année. Malgré le fait que la majorité des cas s'infectent à l'étranger, entre 550 et 800 cas sont infectés en suède par an (Anonyme, 2014b).

La présence de *S. Dublin* varie en fonction des régions de Suède. *S. Dublin* est essentiellement présente dans le sud-est de la Suède tandis que *S. Typhimurium* se retrouve dans tout le sud du pays (Sternberg Lewerin *et al.*, 2011). Environ la moitié des troupeaux infectés par *S. Dublin* entre 1993 et 2009 étaient localisés dans la région de Kalmar, au sud-est de la Suède. Une épizootie de *S. Dublin* est en cours depuis 2012 dans la région de Skåne, au sud-ouest de la Suède. En 2013, un dépistage sur le lait de tank a mis en évidence que 2/3 des troupeaux laitiers infectés se situaient sur l'île Öland, située à côté de Kalmar (Anonyme, 2014c).

Depuis 2000, le nombre d'élevages bovins identifiés comme positifs aux salmonelles varie entre 4 et 13 par an. En 2008 et 2009, réciproquement 21 et 19 élevages ont été détectés positifs. Depuis 2008, le nombre d'élevages infectés détectés comme positifs par an a baissé (Anonyme, 2014c). Cette diminution est probablement due à l'intensification de la surveillance suite à cette année. En effet, une recherche de la bactérie sur tous les élevages laitiers de l'île d'Öland a été effectuée à cette période et la recherche de troupeaux infectés par les enquêtes amont-aval a été intensifiée (Ågren, communication personnelle). La surveillance en place montre que la prévalence de salmonellose chez les bovins est inférieure à 0,2% (Anonyme, 2014d). Le sérotype le plus fréquemment rencontré est le sérotype Dublin qui est impliqué dans la moitié des cas. Le second sérotype le plus commun est Typhimurium (Anonyme, 2014c).

Le contrôle des salmonelles en Suède est strictement réglementé. Pour l'alimentation animale il est encadré par les réglementations nationales (Anonyme, 2006) et européennes

(Commission européenne, 2011) et supervisé par le conseil de l'agriculture suédois (Carlsson *et al.*, 2012, 2011; Rosendal *et al.*, 2013). Chez les animaux de rente, le contrôle de cette maladie est réglementé par la loi suédoise sur les zoonoses (Anonyme, 1999). L'objectif de cette réglementation est d'assurer que tout produit animal est indemne de salmonelle. Comme pour les autres espèces animales, les salmonelloses sont très réglementées chez les bovins. En cas de suspicion, il est obligatoire pour tous les vétérinaires praticiens de prélever un échantillon pour analyse afin d'aider à la mise en place des mesures de contrôle en cas de confirmation de cas. La vaccination contre les salmonelles est interdite (Carlsson *et al.*, 2012, 2011; Rosendal *et al.*, 2013). En effet, bien que la vaccination réduise la pression infectieuse et les signes cliniques, elle n'est pas un outil efficace pour éradiquer l'infection à l'échelle de l'élevage. Au contraire, la diminution des symptômes ralentit l'élimination des animaux porteurs et l'éradication de l'infection du troupeau.

Lors d'une enquête de dépistage de *S. Dublin* menée en 2013 sur l'ensemble des élevages laitiers suédois et basée sur un test sur le lait de tank, la prévalence de ce sérotype sur l'ensemble du territoire était de 0,9% et variant de 0 à 17,7% en fonction des régions (Ågren, 2014).

1.4. Surveillance de Salmonella Dublin en Suède

Il y a 18 962 élevages de bovins en Suède pour un total de 1 496 000 têtes, toutes productions confondues. Après une longue période de diminution d'effectif, le nombre d'élevages laitiers connaît un léger rebond. Actuellement, il y a 344 000 vaches laitières réparties dans 4 700 exploitations avec une moyenne de 73 vaches par troupeau (Rosendal *et al.*, 2013).

Le réseau de surveillance de *S. Dublin* chez les bovins laitiers en Suède est constitué de 4 composantes différentes (Anonyme, 2011) : surveillance passive reposant sur des signes cliniques, surveillance passive reposant sur les lésions à la nécropsie, surveillance active reposant sur l'échantillonnage de tous les veaux de moins de 6 mois envoyés à la nécropsie et surveillance active dans les abattoirs et les ateliers de découpe.

De nombreuses études montrent que le réseau actuel est peu performant et un certain nombre d'élevages infectés sont détectés (Ågren, 2014; Larsson, à paraître). Pour palier à ce problème, le SVA veut ajouter une nouvelle composante de surveillance qui repose sur le test du lait de tank. Pour cette nouvelle composante deux stratégies de surveillance : une stratégie conventionnelle (exhaustive) et une stratégie basée sur le risque.

1.5. Objectifs du stage

L'objectif principal de ce stage était de comparer les deux stratégies (conventionnelle et basée sur le risque) proposées pour la nouvelle composante basée sur le test sur le lait de tank en réalisant une évaluation économique. Cette évaluation a été menée en utilisant l'outil EVA. L'équipe du SVA se posait deux questions : quelle option est la plus efficace pour un même coût et quelle option est la moins chère pour une même efficacité. L'objectif spécifique de ce stage était de mener une analyse coûts-efficacité (ACE) comparant ces deux options afin de répondre à ces questions. Afin de mener cette analyse deux variables devaient être mesurées : l'efficacité des deux composantes et leur coût. L'objectif secondaire de ce stage était d'évaluer la valeur ajoutée de cette nouvelle composante au sein du réseau de surveillance actuel.

2. Matériels et méthodes

2.1. Description de la nouvelle composante

Déjà testée dans certains pays comme le Danemark (Nielsen *et al.*, 2004; Warnick *et al.*, 2006), une composante basée sur un test de dosage immunoenzymatique sur support solide (Enzyme-linked immunosorbent assay = ELISA) du lait de tank pour les élevages laitiers est en cours de développement en Suède. Lors de mon stage, cette composante était encore au stade du modèle réalisé par Arianna Comin. De plus, dans le cadre du projet Risksur, une autre version de cette composante basée sur le risque a été développée afin de la comparer avec l'approche conventionnelle.

Pour le modèle conventionnel, il a été choisi d'être exhaustif. Tous les élevages laitiers suédois seront échantillonnés tous les 3 mois.

Pour le modèle basé sur le risque, deux strates sont mises en place. Les deux strates sont définies par rapport à la différence de prévalence entre deux zones géographiques. Les élevages de la strate à haut risque sont situés sur l'île d'Öland (municipalités de Mörbylånga et de Borgholm) ou dans une partie de la région de Skåne (municipalités d'Hörby et de Sjöbo). Les élevages situés dans la strate à faible risque sont tous les autres élevages de Suède. La prévalence de *S. Dublin* est de 10% dans la strate à haut risque et de 1% dans celle à faible risque, ce qui donne un risque relatif de 10. En 2013, il y avait 102 élevages dans la strate à haut risque et 4643 dans la strate à faible risque.

Dans la strate à haut risque, les élevages seront prélevés comme décrits précédemment c'est-à-dire tous les 3 mois. Par contre dans la strate à faible risque, les élevages ne seront prélevés qu'une fois par an, lors du trimestre où la prévalence est la plus élevée, c'est-à-dire le quatrième trimestre.

Le test ELISA sur le lait permet de détecter des immunoglobulines, c'est-à-dire les anticorps (AC) dirigés contre les lipopolysaccharides (LPS) de *S. Dublin* (Hoorfar *et al.*, 1995). Le test utilisé est le PrioCHECK® Salmonella Ab bovine Dublin, qui est un test spécifique pour détecter *S. Dublin* (Nyman *et al.*, 2013). Le résultat du test est basé sur la mesure corrigée de la densité optique (DOC%), aussi appelée l'absorbance corrigée, du test ELISA (Nielsen et Ersbøll, 2005). La DOC% se calcule à l'aide la formule suivante :

$$DOC\% = \frac{\overline{OD}_{\text{échantillon}} - \overline{OD}_{\text{référence négative}}}{\overline{OD}_{\text{référence positive}} - \overline{OD}_{\text{référence négative}}} \times 100\% \quad (1)$$

Avec $\overline{OD}_{\text{échantillon}}$ la valeur moyenne de 2 mesures de la DO dans l'échantillon, $\overline{OD}_{\text{référence négative}}$ la valeur moyenne de 4 mesures de la DO dans un échantillon de lait de référence négatif connu et $\overline{OD}_{\text{référence positive}}$ la valeur moyenne de 4 mesures de la DO dans un échantillon de lait de référence positif connu (Nielsen *et al.*, 2004).

Le schéma d'utilisation de ce test en Suède proposé par Bengt Larsson dans son rapport (Larsson, à paraître) serait de fixer la valeur seuil à 20 DOC%. Cela signifie que si le résultat d'un élevage est supérieur à 20 DOC%, l'élevage est considéré comme positif.

2.2. Utilisation d'un outil d'aide à la décision, l'outil EVA

2.2.1. Définition du protocole d'évaluation par l'outil EVA

L'outil EVA guide l'évaluateur dans la définition d'un protocole d'évaluation adapté au contexte de surveillance, au type de maladie ainsi qu'aux problématiques des décideurs. L'outil EVA comprend 5 étapes (RISKSUR Rapport D1.4, 2012). La première étape permet à l'utilisateur de décrire le cas d'étude. La deuxième étape aide à définir la question d'évaluation. Cette question est soit sélectionnée par l'utilisateur dans une liste de questions

prédéfinies, soit donnée par le module de conception de question d'EVA. La troisième étape identifie les attributs d'évaluation et les hiérarchise. La quatrième étape identifie les méthodes et les outils disponibles pour évaluer les attributs précédemment sélectionnés. Pour chaque méthode, EVA fournit des informations sur les données nécessaires, le contexte d'application et le type de résultats obtenus ainsi que les références bibliographiques pertinentes. L'utilisateur doit alors en fonction des données dont il dispose et de sa capacité à utiliser les méthodes et les outils recommandés par EVA choisir quels attributs il va effectivement estimer. Lors de la cinquième et dernière étape, l'outil EVA fournit un tableau final des attributs sélectionnés associés à leur méthode d'estimation. L'outil EVA permet ainsi de définir un protocole complet d'évaluation : avec une sélection des attributs permettant de mesurer les performances du réseau en fonction des objectifs de surveillance et fournir les méthodes permettant de les mesurer. Le protocole d'évaluation résultant de l'application de l'outil EVA à l'évaluation de la composante de surveillance de salmonella Dublin dans le lait de tank en Suède a été produit par les chercheurs du projet Risksur en amont du stage, ce protocole a été appliqué et mis en œuvre dans le cadre de ce stage.

2.2.2. Protocole d'évaluation de la surveillance de salmonella Dublin en Suède (sortie de l'outil EVA)

L'outil EVA était en cours de développement lors de ce stage et le cas d'étude choisi a permis de tester ce nouvel outil à des cas concrets. L'application de l'outil EVA a été menée par l'équipe de recherche du SVA avant le début de mon stage. Cet application a abouti à un protocole d'évaluation (Annexe 1).

Deux questions d'évaluation ont été identifiées : 1) identifier l'option (conventionnelle versus basée sur le risque) la plus efficace pour un même coût et 2) identifier l'option la moins chère a efficacité égale.

La liste d'attributs à mesurer pour répondre à ces questions d'évaluation identifié et classés par l'outil EVA ainsi que les méthodes permettant de procéder à leur mesure sont présentées dans le tableau 1. Une deuxième étape de sélection des attributs à prendre en compte dans le cadre de cette évaluation a ensuite été menée sur la base des données disponibles et du temps imparti.

2.2.3. Plan de mise en œuvre de l'évaluation

L'outil EVA propose également un plan d'évaluation (Annexe 2).

i. *Analyse descriptive du réseau de surveillance actuel*

Il s'agit de la première étape de l'évaluation. Cette description est essentielle pour mieux comprendre les besoins de surveillance et préciser les questions d'évaluation. Dans ce cas d'étude, un outil d'évaluation semi-quantitative a été utilisé pour cet étape : il s'agit de l'outil OASISTrop.

ii. *Choix de la méthode pour mener l'évaluation économique*

Au vu des objectifs de l'évaluation, l'outil EVA propose de mener une analyse coûts-efficacité en calculant un rapport coût-efficacité moyen (RCEM) pour les deux stratégies d'échantillonnage de la composante de dépistage sur le lait de tank. Afin de calculer ce RCEM, il est nécessaire de mesurer les coûts d'une part et l'efficacité d'autre part.

Comme indiqué dans le tableau 1, l'outil EVA propose une liste très complète des attributs d'efficacité à évaluer. L'évaluateur peut ensuite classer les attributs par ordre d'importance dans le processus d'évaluation.

Tableau 1 : Liste des attributs d'évaluation sélectionnés et hiérarchisation des attributs de mesure de l'efficacité en fonction des objectifs du réseau et de l'évaluation.

Attribut d'évaluation sélectionné	Rang	Méthodes et outils de mesure	Commentaires	Classement de l'évaluateur
Fraction de détection	1	Méthode des arbres de scénarios	Au vu de l'objectif primaire du réseau de surveillance qui est de détecter tous les cas de S. Dublin, la fraction de détection, c'est-à-dire la proportion de troupeaux infectés détectés parmi la population des troupeaux infectés, est essentielle.	1
Sensibilité	1	Méthode capture-recapture (CRC) pour estimer le nombre d'élevages infectés qui n'ont pas été détectés par le composant de surveillance considéré. Méthode des arbres de scénarios	Pour la même raison que la fraction de détection, la sensibilité, c'est-à-dire la proportion de troupeaux infectés détectés parmi la population de troupeaux infectés pris en compte par le réseau de surveillance, est intéressant à mesurer.	1
Rapidité	1	Analyse des données de surveillance pour déterminer le nombre de jours moyen nécessaires pour l'identification de l'infection et le report	Intéressant ici car un des objectifs secondaires est la détection précoce des cas en vue de mettre en place des mesures de contrôle.	2
Biais		Méthode CRC ou méthode des arbres de scénarios	Intéressant pour répondre à l'objectif secondaire « identifier des changements de prévalence de la maladie ». En effet, la mesure des biais permet de savoir si la prévalence estimée par la surveillance est proche ou non de la prévalence réelle de la maladie. Plus les biais diminuent, plus la représentativité de la surveillance augmente.	3
Taux de fausse alerte (ou spécificité)	2	Méthode OASIS	Le taux de fausse alerte correspond à la proportion d'unités (troupeau ou animal) identifiées comme étant infectées par la surveillance alors qu'en fait elles sont indemnes. Il s'agit du complément à 1 de la spécificité. Cet attribut est intéressant à étudier quand les budgets sont restreints et que les décideurs ne veulent pas dépenser de l'argent à contrôler des animaux indemnes détectés comme étant infectés par le réseau de surveillance. Ce qui n'est pas le cas ici.	4
La sélection du critère de risque	1	EVARisk (méthode développée dans RISKSUR)	La sélection de critère de risque aide à évaluer la pertinence d'un réseau et/ou une composante de surveillance basée sur le risque. Intéressante pour vérifier le choix de la stratégie basée sur le risque mais non utilisable dans le RECM.	-
Acceptabilité	1	Méthode OASIS Interviews semi-structurées	L'acceptabilité est un attribut qui permet de mesurer l'efficacité du réseau par rapport à son fonctionnement. Les méthodes pour mesurer cet attribut sont pour la plupart en cours de développement. De plus, cette mesure nécessite beaucoup de temps de préparation et d'analyse.	-
Coûts	1	Analyse de coûts	-	1

Dans un contexte où le réseau ou la composante de surveillance présente un échantillonnage non exhaustif, ce qui est le cas pour la stratégie basée sur le risque ici, un autre attribut très proche de la sensibilité peut être utilisé. Il s'agit de la capacité de détecter un cas ou la fraction de détection (FD). La FD est la probabilité de détecter un troupeau infecté dans la population totale. Elle est dérivée de la sensibilité puisqu'elle correspond au produit de la sensibilité et de la couverture. La couverture correspond à la proportion d'animaux pris en compte par le réseau de surveillance.

La distinction entre sensibilité et fraction de détection est nécessaire lorsque la surveillance n'est pas exhaustive. Dans cette situation, la FD se calcule à l'aide de l'équation (1) (Dupuy *et al.*, 2012):

$$FD = \sum_{i=1}^n \frac{x_i * p_i * Se_i * c_i}{P} \quad (1)$$

Avec x_i la proportion de la population comprise dans la strate i , n le nombre de strates divisant la population, p_i la prévalence de la maladie dans la strate i , P la prévalence de la maladie dans la population, Se_i la sensibilité du réseau de surveillance dans la strate i et c_i la couverture du réseau dans la strate i .

La figure 1 montre l'application de ce calcul à un exemple simple d'une population divisée en deux strates.

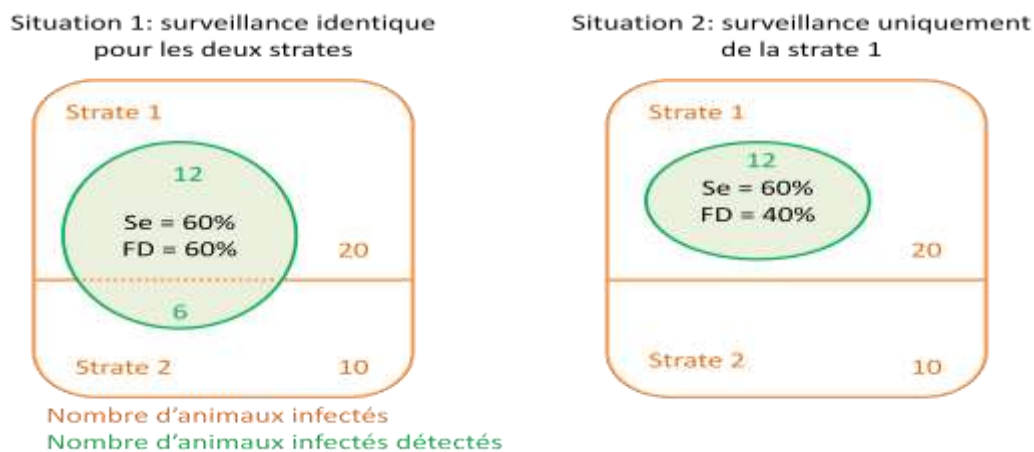


Figure 1 : Schéma explicatif sur la différence entre la sensibilité et la fraction de détection en fonction du type de surveillance (exhaustive ou non)

La strate 1 correspond à une partie de la population à risque et la strate 2 à une partie non à risque. Dans la première situation, la surveillance n'est pas basée sur le risque et est exhaustive dans les deux strates. Dans cet exemple, la surveillance a une sensibilité de 60%. L'équation (2) détaille le calcul de la FD et montre que dans cette situation la FD est égale à la sensibilité.

$$FD = 60\% * \frac{20}{30} + 60\% * \frac{10}{30} = 60\% \quad (2)$$

Dans la seconde situation, le réseau de surveillance a la même sensibilité que pour la situation 1 mais la couverture change : la surveillance est exhaustive mais uniquement au sein de la population à risque (strate 1). L'équation (3) détaille le calcul de la nouvelle FD et montre que dans cette situation la FD est différente de la sensibilité.

$$FD = 60\% * \frac{20}{30} = \frac{12}{30} = 40\% \quad (3)$$

Il faut noter que la différence entre la sensibilité et la fraction de détection est lié à l'exhaustivité ou non de la surveillance et non à la stratification. Dans ce cas d'étude, la sensibilité et la fraction de détection ont été identifiées comme les attributs prioritaires (tableau 1).

Si la mesure de la fraction de détection ou de la sensibilité ne permet pas de donner des recommandations pour l'une ou l'autre des stratégies, il serait intéressant de mesurer un ou plusieurs attributs en complément jusqu'à ce qu'une recommandation puisse être donnée.

La sélection du critère de risque et l'acceptabilité sont mentionnées dans le rapport EVA car essentielles à l'évaluation mais n'ont pas été mesurées dans le cadre de ce stage (elles seront évaluées par la suite). Cependant leur impact est discuté dans l'interprétation des résultats de l'évaluation.

2.3. Analyse descriptive du système de surveillance : l'outil OASISTrop

Cet outil a été développé en s'appuyant sur 3 méthodes d'évaluation de surveillance différentes mais complémentaires (Hendrikx *et al.*, 2011) : La méthode SNAT (Surveillance Network Assessment Tool = outil d'évaluation des réseaux de surveillance) développée au sein du réseau Caribvet (réseau de surveillance de maladies animales dans les caraïbes), la méthode de contrôle des points critiques mise en place par Barbara Dufour (Dufour, 1999) et les méthodes d'évaluation proposées par le centre de contrôle et de prévention des maladies (Center of Diseases Control and prevention, CDC) (CDC, 2001) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (OMS, 2001). Cet outil a été adapté dans sa forme anglophone et adapté aux pays en voie de développement par le CIRAD en 2011 (Faverjon *et al.*, à paraître).

Dans un premier temps, le questionnaire OASISTrop a été utilisé pour décrire entièrement le réseau de surveillance actuel en Suède et pour comprendre les changements potentiels dans l'organisation du réseau, résultant de l'ajout de cette nouvelle composante du réseau.

Dans un second temps, l'évaluation OASISTrop a été menée sur l'ensemble du réseau de surveillance actuel pour identifier les points critiques d'un réseau et fournir les conseils nécessaires pour consolider ces points. Il a été décidé d'évaluer l'ensemble du réseau existant, c'est-à-dire sans prendre en compte la composante basée sur le dépistage du lait de tank.

L'outil OASISTrop est constitué de 3 éléments indispensables pour mener l'évaluation (Faverjon, 2012):

- Le questionnaire : Il a pour rôle de décrire de manière la plus complète et plus précise possible l'ensemble du réseau de surveillance. C'est pour cette raison que cet outil a été choisi comme soutien à la description du réseau de surveillance de S. Dublin en Suède. Le questionnaire repose sur 10 sections : Objectifs et contexte de la surveillance, Organisation institutionnelle centrale, Organisation institutionnelles de terrain, Laboratoire, Outils de surveillance, Méthode de surveillance, Gestion des données, Formation, Communication, Evaluation ;
- Le guide de notation : Il est composé de 75 critères de notation qui correspondent aux points sensibles du réseau. Ces critères de notation ont été définis par des experts pour leur capacité de description d'un réseau de surveillance. Le guide de notation indique pour chaque critère de notation quelles questions du questionnaire sont à considérer et quelle note attribuer en fonction des réponses données ;
- Le tableur Excel permettant d'obtenir le résultat de l'évaluation, qui consiste en 3 « sorties » : une analyse descriptive, une analyse des points critiques et une évaluation des critères de qualité.

L'évaluation OASISTrop a été réalisée avec six personnes différentes du réseau chacune ayant un domaine d'expertise précis : organisation institutionnelle, organisation des agents de terrain, travail des agents de terrain, laboratoire, analyse des données, évaluation et communication. Pour des raisons de temps et de budget, il n'a pas été possible de rencontrer en personne les membres du réseau travaillant au ministère de l'agriculture (situé à Jönköping soit à 400 km d'Uppsala) mais il a été possible de les contacter par courrier électronique pour les questions concernant leur domaine d'expertise. Pour la même raison, il n'a pas été possible de rencontrer tous les agents de terrain comme le préconise le guide d'utilisation d'OASISTrop afin d'avoir une analyse du réseau la plus objective possible. Une idée du travail des vétérinaires sur le terrain concernant ce réseau a pu être appréciée à l'aide de l'arrivée récente dans l'équipe d'une vétérinaire qui a travaillé pendant 20 ans en tant que praticien en médecine vétérinaire rurale.

La notation du réseau a ensuite été effectuée sur la base de ce questionnaire complété. Pour chaque critère de notation, une note entre 0 et 3 (3 étant le meilleur résultat) est attribuée. Cette note est attribuée à l'aide du guide de notation. Ce guide de notation indique les questions à considérer pour évaluer le critère et comment noter en fonction des réponses à ces questions.

Sur la base de la grille de notation complétée, le tableur Excel calcule les 3 « sorties » de l'outil :

- Une analyse descriptive : Cette sortie donne une idée du niveau de satisfaction de chacune des dix sections représentant l'organisation d'un réseau de surveillance. Pour chaque section, elle indique le score obtenu par le réseau par rapport à un réseau idéal (Dufour et Hendriks, 2011) ;
- Une analyse des points critiques : Cette sortie repose sur la méthode d'analyse des points critiques ou Hazard analyse of critical control point (HACCP) appliquée pour l'évaluation des réseaux de surveillance par B. Dufour (Dufour, 1997). Sept critères des points critiques sont étudiés : objectifs du réseau, échantillonnage, animation, outils, collecte et circulation des données, analyse et interprétation des données et diffusion des informations. Les notes des points critiques sont calculées à l'aide des notes des critères initiaux, pondérées par le degré d'impact de ces derniers dans les points critiques. Cette pondération a été définie par des experts ;
- Une évaluation des critères de qualité : Cette sortie permet de réaliser une évaluation fonctionnelle du réseau. Elle utilise ainsi 10 critères de qualité : sensibilité, spécificité, représentativité, rapidité, flexibilité, fiabilité, stabilité, acceptabilité, simplicité et utilité. Comme pour la sortie précédente les notes de ces critères de qualité sont issues de la combinaison des notes des critères initiaux, pondérées par le degré d'impact de ces derniers dans les critères de qualité. Les critères de qualité ainsi que la pondération ont été définis par des experts.

A la suite de ces résultats, l'évaluateur identifie les forces et les faiblesses du réseau de surveillance et fournit des recommandations pour l'améliorer. Pour ce cas d'étude, la notation, l'évaluation et les recommandations ont été réalisées par une étudiante en deuxième année de master SEMHA (surveillance épidémiologique des maladies humaines et animales), encadrée par une chercheuse ayant développé l'outil OASIS Trop.

2.4.Évaluation économique

2.4.1.Méthode utilisée pour l'analyse des coûts

Afin de calculer le coût de la surveillance, toutes les activités doivent être listées dans les 9 principales étapes des programmes de surveillance : 1) planification, 2) préparation, 3) supervision, 4) échantillonnage, 5) tests de laboratoire, 6) récolte, transfert et saisie des

données, 7) analyse et interprétation des données, 8) diffusion et communication des résultats et 9) révision et adaptation du programme actuel. (Häsler *et al.*, à paraître).

Chaque activité de surveillance ou d'intervention peut être catégorisée soit comme du travail soit comme du matériel. Par exemple quand le technicien de laboratoire réalise un test diagnostique sur un échantillon, le coût du travail du technicien correspondant est catégorisé comme du travail et le coût du kit pour réaliser le test de diagnostic est catégorisé comme du matériel. Le coût total (CT) de la surveillance peut donc être calculé ainsi (Häsler, 2011; Häsler *et al.*, 2012):

$$CT = \sum_{i=1}^n (T_i + M_i)$$

Avec n le nombre d'activités nécessaires pour le fonctionnement du réseau de surveillance.

Le coût du travail (T) correspond au nombre d'heures nécessaires à une activité de surveillance multiplié par le salaire correspondant au type d'emploi. Le coût du matériel (M) correspond au nombre d'unités nécessaires (par exemple le nombre de tests) multiplié par le prix d'une unité (par exemple le prix d'un test).

Une grille de calcul a été développée dans Excel, Windows 2007, sur la base de celle développée par Barbara Häsler (Häsler, 2011; Häsler *et al.*, 2012). Elle permet d'obtenir pour chacune des étapes de la surveillance le coût du travail et du matériel (annexe 3).

Dans ce cas d'étude, deux nouvelles stratégies de surveillance sont comparées afin d'additionner l'une d'entre elle à la surveillance qui est déjà en place. Les coûts récoltés ont été répartis entre les neuf étapes de la surveillance vues précédemment : la planification, la préparation, la supervision, l'échantillonnage, le laboratoire, la gestion des données, l'analyse des données, la communication et la révision du réseau.

Une distinction a été faite entre les coûts fixes et les coûts variables. Les coûts fixes sont les coûts qui ne changent pas avec l'activité du réseau de surveillance. Les coûts variables sont les coûts qui changent avec l'activité de surveillance (par exemple, plus d'unités épidémiologiques sont observées ou détectées, plus le réseau de surveillance est coûteux).

Dans ce cas d'étude, les coûts variables ne concernent que deux étapes de la surveillance : l'échantillonnage et le laboratoire. En effet, les coûts variables sont uniquement liés au nombre d'échantillons et une variation du nombre d'échantillons n'influence que ces deux étapes. Les coûts fixes concernent toutes les autres étapes. Ces coûts fixes seront les mêmes pour les deux stratégies.

La seule différence qui peut être observée au sein des coûts fixes est le travail de préparation en cours mené par l'équipe du SVA pour définir un protocole d'échantillonnage basé sur le risque, qui sera certainement plus important que celui pour le protocole conventionnel. Cependant, il est très difficile d'estimer la différence entre les deux stratégies en termes coûts fixes associés à l'étape de préparation car ce travail fait partie intégrante de l'ensemble des tâches que le personnel du SVA doit accomplir pour la surveillance de S. Dublin (toutes composantes incluses).

Par ailleurs, il n'a pas été possible de distinguer les coûts fixes de la nouvelle composante de surveillance et les coûts fixes du réseau de surveillance en son intégralité. En effet, cette nouvelle composante n'étant pas encore en place, il est très difficile d'estimer la totalité des charges fixes qui seront engendrées par son ajout.

Il a donc été décidé de ne s'intéresser qu'aux coûts variables dans le cadre de cette évaluation économique préliminaire. C'est pourquoi seulement les coûts des deux étapes échantillonnage et laboratoire ont été pris en compte pour la comparaison entre les deux stratégies.

2.4.2. Méthode utilisée pour évaluer l'efficacité

a) Mesure de l'attribut sélectionné par la méthode des arbres de scénarios

Le modèle que nous avons utilisé pour évaluer la fraction de détection a été construit à l'aide de la méthode des arbres de scénarios.

La méthode des arbres de scénarios est souvent utilisée dans le cadre de maladies exotiques ou émergentes dans le but de prouver l'absence de la maladie (Martin *et al.*, 2007a, 2007b; Hadorn et Stärk, 2008; Hood *et al.*, 2009). Elle est également employée dans le cadre de maladie endémique à faible prévalence (Knight-Jones *et al.*, 2010). L'arbre de scénarios permet de partager la population en plusieurs groupes au sein desquels chaque unité à la même probabilité d'être détectée. L'arbre prend en considération les différentes étapes du réseau de surveillance permettant de détecter une unité infectée ainsi que tous les événements qui peuvent influencer la probabilité d'être infectée et d'être détectée. Chaque nœud de l'arbre de scénarios représente un nouvel état possible et à chaque branche est attribuée la probabilité d'être de cet état. La probabilité d'être détectée suite à une succession d'évènements particuliers se calcule en multipliant les probabilités de chacune des branches empruntées pour aller de l'état initial à la détection en suivant le chemin de cette succession d'évènements particuliers. La probabilité d'être détecté sachant un état initial donné correspond à la somme des probabilités de successions d'évènements particuliers permettant d'aller de l'état initial à l'état détecté.

L'unité épidémiologique dans notre modèle est l'élevage. Une unité infectée correspond à un élevage dans lequel au moins un animal est infecté. Etant donné que l'échantillonnage s'effectue sur l'année, nous avons choisi de mesurer la fraction de détection des deux modèles sur l'année.

b) Description du modèle pour la stratégie basée sur le risque

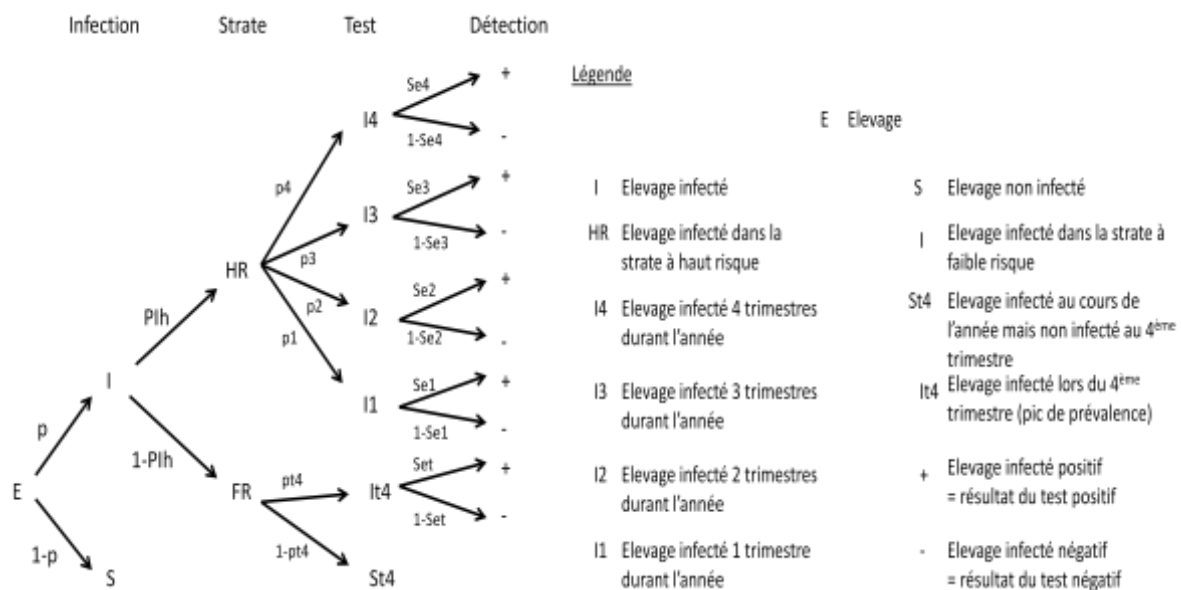


Figure 2 : Arbre de scénarios utilisé pour programmer le modèle de la stratégie basée sur le risque.

Notre modèle suit l'arbre de scénario présenté sur la figure 2 et a été programmé en utilisant le logiciel R (version 3.1.1, 2014) et est présenté en annexe 4.

Le modèle de la stratégie basée sur le risque prend en compte la structure de risque c'est-à-dire les deux strates et leurs risques ratio (RR) respectifs, la stratégie d'échantillonnage pour chacune des strates et la sensibilité du test. Nous avons également inclu dans le modèle l'incertitude autour de la sensibilité du test.

i. *Prévalence de S. Dublin dans la population*

P correspond à la prévalence de la S. Dublin dans la population.

ii. *Probabilité qu'une unité soit dans l'une ou l'autre des strates sachant qu'elle est infectée*

PI_h correspond à la probabilité pour une unité d'être dans la strate à haut risque sachant que l'unité est infectée. La probabilité d'être dans la strate à faible risque sachant qu'une unité est infectée correspond à son complément à un. PI_h se calcule à l'aide de l'équation (4).

$$PI_h = P(HR|I) = \frac{P(HR \cap I)}{P(I)} = \frac{P(HR) * P(I|HR)}{P(I)} = P(HR) * AR_h \quad (4)$$

Avec $P(HR \cap I)$ la probabilité pour une unité d'être infectée et d'être dans la strate à haut risque, $P(I)$ la probabilité pour une unité d'être infectée, $P(I|HR)$ la probabilité pour une unité d'être infectée sachant qu'elle se trouve dans la strate à haut risque et $P(HR)$ la probabilité d'être dans la strate à haut risque. AR_h est le rapport de risque ajusté dans la strate à haut risque.

Pour rappel, le rapport de risque ajusté correspond au rapport de risque dans la strate considérée divisé par la moyenne des rapports de risque (équation 5).

$$AR_h = \frac{RR_h}{P(HR) * RR_h + P(FR) * RR_f} \quad (5)$$

Où $P(FR)$ est la probabilité d'être dans la strate à faible risque et RR_f le risque relatif dans la strate à faible risque.

En outre AR_h peut être calculé en suivant l'équation 6 d'où la simplification opérée dans l'équation 4.

$$AR_i = \frac{P_i(I|HR)}{P_i(I)} \quad (6)$$

iii. *Proportion des élevages infectés au cours de l'année*

Comme l'attribut sera évalué sur l'année il est nécessaire de connaître la probabilité qu'un élevage soit infecté au cours d'une année. Pour cela, il fallait connaître les historiques d'infection de chaque élevage. En effet, il semble intuitif que, dans le cadre de tests répétés tous les trimestres, plus la période pendant laquelle un élevage est infecté au cours d'une année est longue, plus il a de chances d'être détecté. Les historiques d'infection issus du modèle de dynamique épidémiologique développé par le SVA (Arianna Comin) nous ont été fournis. Les principales caractéristiques de ce modèle sont détaillées en annexe 5.

Si l'on note I l'état infecté et S l'état sain d'une unité pour un trimestre, l'historique d'infection d'une unité correspond à une suite de quatre lettres, une pour chacun des états des quatre trimestres. Par exemple, IIII correspond à une unité qui est infectée à chaque trimestre et SSSI correspond à une unité qui n'est infectée qu'au quatrième trimestre. En utilisant son modèle épidémiologique, le SVA a calculé les probabilités de ces différents historiques d'infection pour l'année 2013, année où l'étude de mesure de la prévalence de S. Dublin sur le lait de tank a été réalisée (Ågren, 2014). Les tableaux listant ces probabilités pour les différentes strates sont présentés dans l'annexe 6. Les différents trimestres (T) correspondent aux périodes suivantes :

T1 : janvier, février, mars

T2 : avril, mai, juin

T3 : juillet, août, septembre

T4 : octobre, novembre, décembre

Pour simplifier la mesure des probabilités pour chaque élevage, il a été supposé que tous les élevages ont été échantillonnés en même temps au milieu du trimestre, puisque le statut infectieux de l'élevage n'a été mesuré qu'en ce point. Cette hypothèse n'est pas réaliste mais elle suppose que les probabilités d'infection sur un trimestre ne varient pas entre le début et la fin du trimestre, ce qui est une hypothèse simplificatrice acceptable au vue de l'infection étudiée. En effet, une étude (Jordan *et al.*, 2008) a montré que les élevages restaient infectés à S. Dublin en moyenne deux ans sans mesure de restriction et une autre (Boqvist et Vågsholm, 2005) a montré une moyenne de 200 jours quand les élevages sont sous restriction. Donc si un élevage est infecté au milieu du trimestre, il est très probable qu'il l'ait été au début du trimestre et qu'il le soit toujours à la fin du trimestre. La distribution de la prévalence observée sur les courbes présentées en annexe 6 montre également que cette hypothèse est acceptable.

A l'aide de ces proportions nous avons pu estimer les probabilités suivantes pour la strate à haut risque:

- p1 la probabilité que l'unité soit infectée au cours d'un trimestre (c'est-à-dire d'avoir pour historique d'états ISSS, SISS, SSIS ou SSSI) sachant que l'unité a été infectée au moins un trimestre au cours de l'année
- p2 la probabilité que l'unité soit infectée au cours de deux trimestres (c'est-à-dire d'avoir pour historique d'états IISS, ISIS, ISSI, SIIS, SSII ou SISI) sachant que l'unité a été infectée au moins un trimestre au cours de l'année
- p3 la probabilité que l'unité soit infectée au cours de trois trimestres (c'est-à-dire d'avoir pour historique d'états IIIS, ISII, IISI ou SIII) sachant que l'unité a été infectée au moins un trimestre au cours de l'année
- p4 la probabilité que l'unité soit infectée au cours des quatre trimestres (c'est-à-dire d'avoir pour historique d'états IIIS, ISII, IISI ou SIII) sachant que l'unité a été infectée au moins un trimestre au cours de l'année.

Et pour la strate à faible risque dans laquelle l'échantillonnage ne se fait que lors du quatrième trimestre, nous avons estimé la probabilité pt4 qu'une unité soit infectée lors du quatrième trimestre (c'est-à-dire d'avoir pour historique d'états SSSI, ISSI, SSII, SISI, ISII, IISI, SIII ou IIII) sachant que l'unité a été infectée au moins un trimestre au cours de l'année.

iv. *Sensibilité de la surveillance*

La probabilité d'être détecté par le test au cours de l'année dépend des historiques d'états décrits précédemment. Ainsi nous avons défini quatre probabilités pour la strate à haut risque :

- Se1 est la probabilité d'être détecté par le test pour une unité de la strate à haut risque infectée au cours d'un seul trimestre au cours de l'année. Se1 est égal à la sensibilité du test (Set).
- Se2 est la probabilité d'être détecté par le test pour une unité de la strate à haut risque infectée au cours de deux trimestres au cours de l'année. Se2 est égal à $1-(1-Set)^2$.
- Se3 est la probabilité d'être détecté par le test pour une unité de la strate à haut risque infectée au cours de trois trimestres au cours de l'année Se3 est égal à $1-(1-Set)^3$.
- Se4 est la probabilité d'être détecté par le test pour une unité de la strate à haut risque infectée au cours des quatre trimestres de l'année. Se4 est égal à $1-(1-Set)^4$.

Il est possible de calculer la sensibilité de cette composante de la surveillance dans la strate à haut risque (Seh) à l'aide de l'équation 9.

$$Seh = p1 * Se1 + p2 * Se2 + p3 * Se3 + p4 * Se4 \quad (9)$$

Etant donné que dans la strate à faible risque les élevages ne sont dépistés qu'au cours du quatrième trimestre, il est possible de calculer la sensibilité de ce composant de surveillance dans la strate à faible risque (S_{ef}) à l'aide de l'équation 10.

$$S_{ef} = pt4 * S_{et} \quad (10)$$

v. *Fraction de détection*

Une fois que toutes ces probabilités sont définies, il est possible de calculer la fraction de détection de la stratégie basée sur le risque à l'aide de l'équation 11.

$$FD = PIh * S_{eh} + PIf * S_{ef} \quad (11)$$

Avec $FDh = PIh * S_{eh}$ la fraction de détection dans la strate à haut risque et $FDl = PIl * S_{el}$ la fraction de détection dans la strate à faible risque.

c) Paramètres d'entrée du modèle

Les paramètres d'entrée du modèle ont été déterminés en accord avec le SVA.

La prévalence P de S. Dublin dans la population et les proportions des historiques d'infection sont issus du modèle d'Arianna. Il est visible sur la figure 3 de l'annexe 5 que la prévalence de S. Dublin est aux alentours de 1%. Mais il s'agit d'une prévalence instantanée. Comme le modèle de surveillance développé fonctionne pour une année entière, c'est la prévalence annuelle de la maladie qui est de 1.6% qui a été utilisée.

Concernant la sensibilité du test sur le lait de tank, sa valeur est très variable d'une étude à l'autre (Wedderkopp *et al.*, 2001; Veling *et al.*, 2002; Warnick *et al.*, 2006). En effet, la sensibilité du test varie beaucoup en fonction de la définition de l'unité infectée et de la valeur seuil au-dessus de laquelle les élevages sont considérés comme étant positifs. Dans notre modèle nous nous sommes basés sur l'étude de 2013 d'Estelle Ågren sur l'ensemble du cheptel de bovin laitier en Suède (Ågren, 2014). Dans cette étude, elle considère que la sensibilité du test est de 60% et que sa spécificité est de 99,7%. Pour représenter l'incertitude autour de cette valeur, il a été choisi d'utiliser une loi Béta de paramètres $\alpha=30$ et $\beta=20$ (Johnson *et al.*, 2004; Branscum *et al.*, 2006). Dans la loi Béta le paramètre α représente la probabilité d'obtenir un succès (dans notre cas un résultat positif). Ici, au lieu d'appliquer les paramètres $\alpha=Se = 60\%$ et $\beta=1-Se= 40\%$, nous avons choisi de diviser ces valeurs par 2 afin de renforcer l'incertitude. En effet, plus les valeurs des paramètres d'une loi béta sont petites, plus la variance de la loi (qui représente ici l'incertitude) est grande.

d) Paramètres de sortie du modèle

Le modèle nous fournit la sensibilité de la surveillance dans les deux strates ainsi que la fraction de détection de la stratégie basée sur le risque. Pour chacun de ces paramètres, la moyenne et l'intervalle de confiance à 95% sont fournis.

e) La mesure de la fraction de détection pour la stratégie conventionnelle

La stratégie conventionnelle consiste à étendre la stratégie mise en place dans la strate à haut risque. Le même modèle a donc été utilisé pour modéliser la stratégie conventionnelle. La seule modification entre les deux est les proportions des historiques infectieux utilisés comme paramètres d'entrée du modèle. En effet, ses proportions sont différentes dans la strate à haut risque et dans l'ensemble de la population (annexe 5).

f) Comparaison des fractions de détection des deux stratégies

Afin de mieux comparer l'efficacité des deux stratégies, la probabilité que la fraction de détection réelle soit supérieure à un certain pourcentage a été calculée et tracée sur la

figure 9 pour les deux stratégies (partie 4.1). Ainsi, il est possible de comparer les deux stratégies pour chaque valeur de fraction de détection. Ces courbes ont été tracées à l'aide du modèle de surveillance construit sur R. En effet, pour représenter l'incertitude de la sensibilité du test de diagnostic sur le lait de tank, il a été décidé de calculer un grand nombre de valeurs de fraction de détection afin d'obtenir un intervalle de confiance à 95%. Chacune de ces valeurs de fraction de détection a été comparée à un pourcentage donné et la probabilité observée correspond au nombre de fractions de détection calculées dont la valeur est supérieure à un pourcentage donné divisé par le nombre total de fractions de détection calculé.

2.4.3. Méthode utilisée pour mener l'analyse coût-efficacité

Une fois que le total des coûts et la mesure d'un attribut attestant de l'efficacité du composant du réseau de surveillance ont été évalués, l'analyse coût-efficacité peut être réalisée. Pour pouvoir comparer des stratégies de surveillance différentes, un ratio coût-efficacité (RCE) peut être calculé (Babo Martins et Rushton, 2014). Le ratio s'exprime par l'équation suivante :

$$RCE = \frac{\text{coût de la surveillance}}{\text{efficacité de la surveillance}}$$

Il faut alors faire attention d'utiliser le même type de mesure d'efficacité pour toutes les stratégies qui seront comparées. Par exemple, si pour un réseau ou une composante de surveillance la sensibilité est utilisée pour estimer son efficacité, le RCE calculé ne pourra être comparé avec celui d'un autre réseau que si l'efficacité de ce réseau a également été estimée grâce à la sensibilité (et non la rapidité ou la spécificité par exemple).

Le RCE permet ensuite de comparer les différentes options de surveillance entre elles. L'idéal est de rapporter les ratios à une même efficacité ou à un même coût car il est souvent difficile d'interpréter les RCE en lui-même. Le RCE est souvent complexe à interpréter. Son interprétation dépend du choix de l'attribut pour mesurer l'efficacité et du contexte épidémiologique. Dans ce cas d'étude, une interprétation du RCE est proposée en discussion.

Il existe 3 types de RCE (Häsler *et al.*, à paraître) :

- Le RCE moyen (RCEM) est utilisé lorsque le coût net de la surveillance est divisé par son efficacité pour chacune des options. L'option qui coûte le moins cher par unité d'efficacité est la plus intéressante.
- Le RCE différentiel (RCED) est utilisé lorsque des activités de surveillance sont déjà en place et que plusieurs options sont étudiées pour les remplacer. Il est alors intéressant d'étudier le coût différentiel et l'efficacité différentielle pour comparer les nouvelles options entre elles ainsi qu'à l'option existante.
- Le RCE marginal (RCEm) est utilisé lorsque les décideurs veulent évaluer les changements dans le coût et l'efficacité d'une surveillance si celle-ci est étendue ou réduite. Le ratio suit alors l'équation suivante :

$$RCEm = \frac{\text{changements du coût de la surveillance}}{\text{changement de l'efficacité de la surveillance}}$$

Le RCE permet ensuite de comparer les différentes options de surveillance entre elles. L'idéal est de rapporter les ratios à une même efficacité ou à un même coût car il est souvent difficile d'interpréter le RCE en lui-même. Par exemple, si une option A coûte 20 000 euros par an pour une efficacité de 97% et une option B coûte 15 000 euros par an pour une efficacité de 96%, sous l'hypothèse que ces deux options sont incompatibles, 5000 euros sont nécessaires pour gagner 1% d'efficacité. Mais que signifie cette augmentation d'efficacité ? Si aucune information complémentaire n'est fournie il n'est pas possible de savoir quelle option

vaut la peine d'être sélectionnée. Son interprétation dépend du choix de l'attribut pour mesurer l'efficacité et du contexte épidémiologique. Dans ce cas d'étude, une interprétation du RCE est proposée en discussion.

Dans cette étude, un rapport coût-efficacité (RCE) moyen a été choisi plutôt qu'un RCE différentiel ou marginal. En effet, pour établir un RCE différentiel il faut disposer d'un « statut quo » qui correspond généralement à la composante de surveillance initiale qui serait remplacée par l'une des différentes stratégies comparées (Häsler *et al.*, à paraître). Le REC marginal est intéressant quand l'une des deux stratégies comparées est l'extension ou la réduction de l'autre. Ce n'est le cas ici.

3. Résultats

3.1. Analyse descriptive du réseau de surveillance Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède

3.1.1. Description de la surveillance

Le cas d'étude de ce travail est la surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède. La figure 3 et la figure 1 de l'annexe 7 montre que la surveillance actuelle de S. Dublin en Suède s'intéresse à toutes les étapes de la chaîne alimentaire ce qui inclut également la surveillance des cas chez les humains (Sternberg Lewerin *et al.*, 2011).

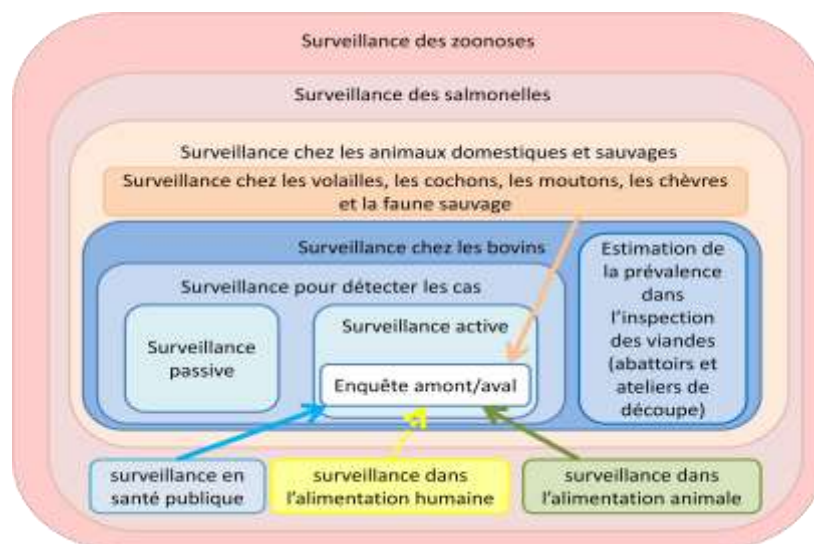


Figure 3 : Représentation schématique de la place du réseau de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins dans la surveillance des zoonoses en Suède.

a) Description du réseau actuel de surveillance de S. Dublin chez les bovins laitiers en Suède.

Comme le montre la figure 4, le réseau de surveillance actuel de S. Dublin chez les bovins laitiers en Suède est constitué de 4 composantes différentes (Anonyme, 2011) :

- 3 sont réglementées au niveau national : surveillance passive reposant sur des signes cliniques, surveillance passive reposant sur les lésions à la nécropsie et surveillance active reposant sur l'échantillonnage de tous les veaux de moins de 6 mois envoyés à la nécropsie.
- une est une exigence européenne (Commission européenne, 1995) : l'estimation de la prévalence de la bactérie par des prélèvements (nœuds lymphatiques et muscles) dans les abattoirs et les ateliers de découpe. Comme le dépistage sur des nœuds lymphatiques de carcasses peut conduire à retrouver des élevages infectés, cette partie

de la composante fait partie de la surveillance active (ce qui n'est pas le cas pour le dépistage sur le muscle).

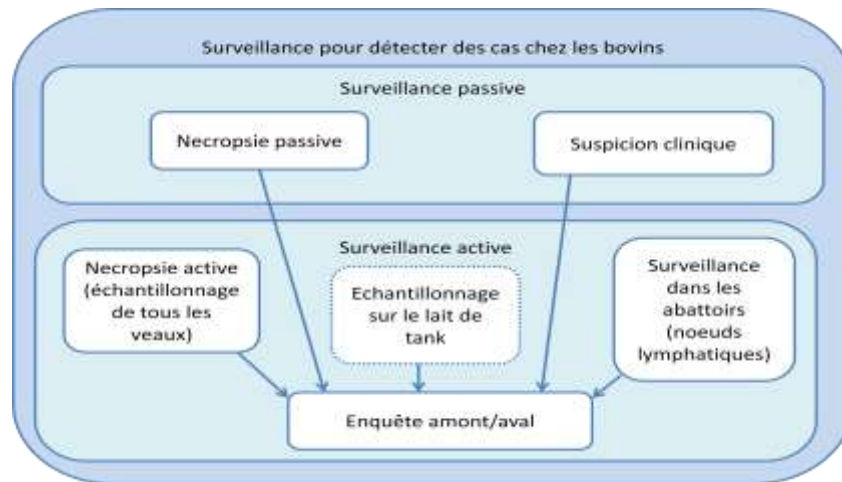


Figure 4 : Représentation schématique de l'organisation des différentes composantes de surveillance de *S. Dublin* chez les bovins en Suède

i. *Surveillance passive reposant sur les signes cliniques*

Lorsqu'un vétérinaire sur le terrain suspecte qu'un élevage déclaré indemne soit atteint de salmonellose, il est dans l'obligation légale de réaliser des prélèvements adéquats (fèces). Normalement, le vétérinaire doit déclarer la suspicion et mettre l'élevage sous mesures de restriction. En pratique, les cas suspects ne sont pas déclarés et n'entraînent aucune restriction sur l'élevage. Ces prélèvements sont envoyés le plus souvent directement au département de bactériologie du SVA mais il arrive qu'ils soient envoyés occasionnellement à un laboratoire privé plus proche (Eurofins dans la région de Skara et Alcontrol dans la région de Linköping). Si les résultats des prélèvements sont positifs, le laboratoire privé doit transmettre les résultats et des échantillons au laboratoire du SVA qui se chargera du diagnostic de confirmation.

ii. *Surveillance en nécropsie : passive et active.*

Que ce soit pour la surveillance passive ou active, le facteur limitant du nombre de cas détectés par la nécropsie est l'éleveur. En effet, bien que le travail du pathologiste soit pris en charge par l'état, qu'il y ait confirmation du cas ou non, le transport du cadavre de l'élevage jusqu'au site d'examen post-mortem reste aux frais de l'éleveur. Il peut y avoir un biais des envois, les élevages étant à proximité d'un centre d'autopsie envoient peut être plus facilement, car cela coûte moins cher, un cadavre à autopsier que les élevages plus loin. De plus, même s'il y a une obligation légale du pathologiste de faire un prélèvement pour rechercher des salmonelles chez tous les veaux de moins de 6 mois (d'où le terme surveillance active), l'éleveur n'est pas obligé d'envoyer un animal se faire autopsier. Cela est d'autant plus problématique dans les régions où la prévalence de *Salmonelle* est plus importante que dans d'autres régions de Suède et où les éleveurs ne veulent pas envoyer de cadavres de peur que les résultats soient positifs.

En Suède, 5 centres, tous situés dans le sud du pays, sont aptes à réaliser des nécropsies, tous situés dans le sud du pays : Eurofins Food & Agro basés à Skara et à Kristianstad, le SVA (institut vétérinaire national suédois) à Uppsala, l'Animal Health Service (centre d'expertise-conseil en santé animale détenu par des entreprises agro-alimentaire spécialisée dans la viande) à Visby et l'Animal Health Service en coopération avec l'organisation des vétérinaires de terrain du ministère de l'agriculture et Konvex (entreprise d'équarrissage et d'autopsie privée) à Karlskoga.

La surveillance active concerne tous les animaux de moins de 6 mois qui sont envoyés à l'autopsie. Un prélèvement pour recherche de salmonelle est systématiquement réalisé.

Cette réglementation est en place depuis 2002, a été étendue à tous les animaux de moins d'un an de 2010 à 2012 avant de revenir à 6 mois en 2013. Un flou législatif a provoqué l'arrêt de cette obligation à partir de l'été 2014 mais un document officiel la renouvelant devrait être publié au printemps 2015. Il a été décidé de la considérer comme active (prélèvements obligatoires de tous les veaux de moins de 6 mois) lors de l'évaluation du système de surveillance.

La surveillance passive pour la nécropsie prend place quand un animal de plus de 6 mois est envoyé pour diagnostic et que le pathologiste suspecte une salmonellose, il fait alors des prélèvements adéquats. Il n'y a aucune obligation de prélever tous les animaux à autopsier mais s'il y a une suspicion, le pathologiste, tout comme le vétérinaire devant des signes cliniques, est dans l'obligation légale de faire des prélèvements pour confirmer ou infirmer cette suspicion.

iii. *Surveillance active dans les abattoirs et dans les ateliers de découpe*

La surveillance des salmonelles dans les abattoirs et les ateliers de découpe est réglementée par la législation européenne (Commission Regulation (EC) No 1688/2005). Les techniciens des abattoirs sont obligés d'effectuer de manière aléatoire des prélèvements de nœuds lymphatiques mésentériques et des écouvillons de carcasses. Le nombre de prélèvements à réaliser dans chaque abattoir doit être suffisant pour détecter au moins 5% des carcasses infectées/contaminées annuellement. Dans les ateliers de découpe, des prélèvements de viande sont réalisés régulièrement. Environ 700 prélèvements ont été réalisés sur de la viande bovine en 2013.

Seule la découverte de cas via les prélèvements de nœuds lymphatiques peut entraîner une enquête amont/aval, ce n'est pas le cas pour les autres types de prélèvements. En effet, une carcasse ou une viande peut avoir été contaminée par une autre carcasse ou une autre viande sans que l'animal d'origine ne soit infecté. Ces prélèvements (carcasses et viandes) sont utilisés pour évaluer la prévalence de la maladie dans le pays.

iv. *Enquête amont-aval*

Les enquêtes amont-aval sont menées par le ministère de l'Agriculture. Un vétérinaire est envoyé sur l'élevage pour réaliser des prélèvements. S'il s'agit d'un élevage laitier, le vétérinaire fait une dizaine de prélèvements de fèces des veaux et, s'il n'a pas été réalisé récemment par le contrôle laitier, un prélèvement de lait de tank. S'il s'agit d'un élevage allaitant, les vétérinaires doivent faire une dizaine de prélèvements de fèces chez les veaux et de prélèvements de sang chez les veaux et les vaches. Des prélèvements dans l'environnement peuvent également être réalisés (annexe 7, figure 2).

Les prélèvements sont envoyés directement au département de bactériologie du SVA.

v. *Achat/vente d'animaux*

Le dépistage de salmonellose avant une vente n'est pas obligatoire mais certains acheteurs peuvent le demander. Les prélèvements et les tests à réaliser dépendent alors du type d'élevage.

S'il s'agit d'un élevage allaitant, un prélèvement de sang en vue d'une sérologie est réalisé pour chacun des animaux en vente.

S'il s'agit d'un élevage laitier, un prélèvement sur le lait de tank est réalisé ainsi que des prises de sang chez les veaux. Si l'élevage fait partie du programme de surveillance des élevages laitiers en place (70 élevages en font partie en Suède) il n'a pas besoin de faire les

prélèvements décrits précédemment. En effet, les élevages participant à ce programme sont testés tous les 3 mois sur le lait de tank. Le statut indemne s'obtient soit si 4 résultats à la suite sont négatifs soit si le premier test négatif est complété par des prélèvements sur 10 veaux de 3 à 6 mois. Les prélèvements sont réalisés soit par un vétérinaire soit par un technicien de santé animale et sont tous envoyés au SVA.

vi. *Définition du cas suspect et du cas confirmé.*

Le cas confirmé de S. Dublin est explicite dans la législation, il s'agit d'un élevage pour lequel une culture se révèle positive pour S. Dublin.

La législation indique également que toute suspicion doit être reportée au ministère de l'agriculture mais dans les faits les suspicions ne sont jamais déclarées et seuls les élevages détectés positifs à la sérologie sont déclarés comme suspects par le laboratoire au ministère de l'agriculture.

vii. *Communication du résultat*

Si le résultat du test est positif, le laboratoire téléphone aux responsables du réseau basés au ministère de l'agriculture. Ensuite, si l'élevage se trouve parmi les 3 régions de Suède (Västra Götaland, Kalmar et Gotland) où les autorités locales représentant le ministère sont actives et que le ministère de l'agriculture n'a pas le temps de gérer le cas, l'information quant au résultat du test et aux mesures de restrictions qui en découlent se font des autorités locales à l'éleveur par téléphone. Sinon, le ministère de l'agriculture s'en charge directement. Une fois que l'éleveur est mis au courant, un courrier électronique avec les résultats est envoyé du laboratoire au vétérinaire ayant réalisé les prélèvements et aux autorités locales même si celles-ci ne sont pas actives dans la mise en place des mesures de restriction. Le SVA peut être amené à donner un avis d'expert pour aider le ministère de l'agriculture à prendre les décisions adéquates au cas et le vétérinaire pour la mise en place des mesures de restrictions.

Si le résultat est négatif un courrier électronique est envoyé au vétérinaire et à l'éleveur.

L'ensemble des résultats positifs et négatifs sont également transmis immédiatement aux personnes travaillant sur le réseau de surveillance de S. Dublin car les données sont enregistrées par le laboratoire dans une base de données qui est ensuite utilisée par les épidémiologistes du SVA (mise à jour quotidienne des données).

Les résultats globaux de la surveillance sont transmis régulièrement par le SVA au ministère de l'agriculture.

Le conseil Salmonelle se réunit 4 fois par an. Il regroupe les représentants d'institutions de santé animale (animaux domestiques et faune sauvage) et de santé publique : le ministère de l'agriculture mais également l'agence nationale de l'alimentation, le ministère de la santé, l'agence nationale de la santé, des représentants des vétérinaires régionaux (responsable de la gestion des maladies animales au niveau régional), des représentants de médecins régionaux (responsable de la gestion des maladies humaines au niveau régional) et des représentants de 5 associations d'éleveurs (bovin, porcin, ovin, caprin, aviaire). Les membres du conseil mettent en commun et discutent les résultats de la surveillance des salmonelloses. Ils discutent également des améliorations à apporter à la surveillance. Par contre ils n'ont aucun pouvoir décisionnel. Les participants ont pour rôle de rendre compte de

la situation à leur institution respective et de les aider dans l'étape de prise de décision mais cette étape ne se fait que par les institutions sur le réseau de surveillance qui en dépend.

La surveillance des salmonelloses fait partie d'un réseau de surveillance nationale des zoonoses dirigé par des instituts de santé publique et de santé animale.

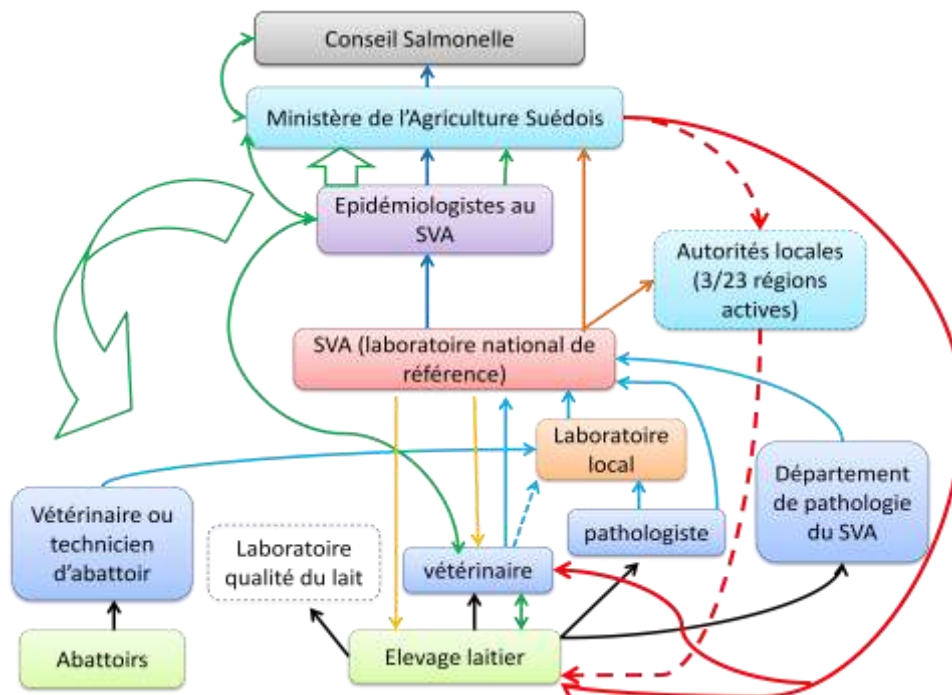
Les résultats nationaux du réseau de surveillance sont transmis à l'Union Européenne et à l'OIE par le ministère de l'agriculture.

La communication des résultats de la surveillance à l'ensemble des acteurs du réseau et au grand public se fait à travers la publication d'un rapport annuel intitulé « Surveillance des maladies infectieuses en santé animale et humaine en Suède ». Ce rapport fournit les données concernant toutes les maladies animales surveillées en Suède et leur interprétation épidémiologique. Il est écrit par les épidémiologistes travaillant au SVA, publié sur support papier pour les membres du réseau au niveau national et régional et sur le site internet du SVA. Ce rapport est publié en anglais.

viii. *Levée de la restriction*

Pour lever les restrictions et déclarer un élevage indemne, il faut que les résultats des tests de deux séries de prélèvements de fèces successives espacées de 4 semaines soient négatifs. Quand le test sur le lait de tank sera en place, il est prévu que le prélèvement réalisé pour les élevages laitiers soit un prélèvement de lait de tank seul sans prélèvements de fèces. Dans ce cas, si le résultat est encore positif, il n'y a pas de transmission directe du ministère de l'agriculture à l'éleveur (comme c'est le cas lors d'une découverte de foyer) mais le résultat est transmis uniquement par mail au ministère de l'agriculture, aux autorités locales, au vétérinaire et à l'éleveur.

L'ensemble de ces étapes sont schématisées sur la figure 5.



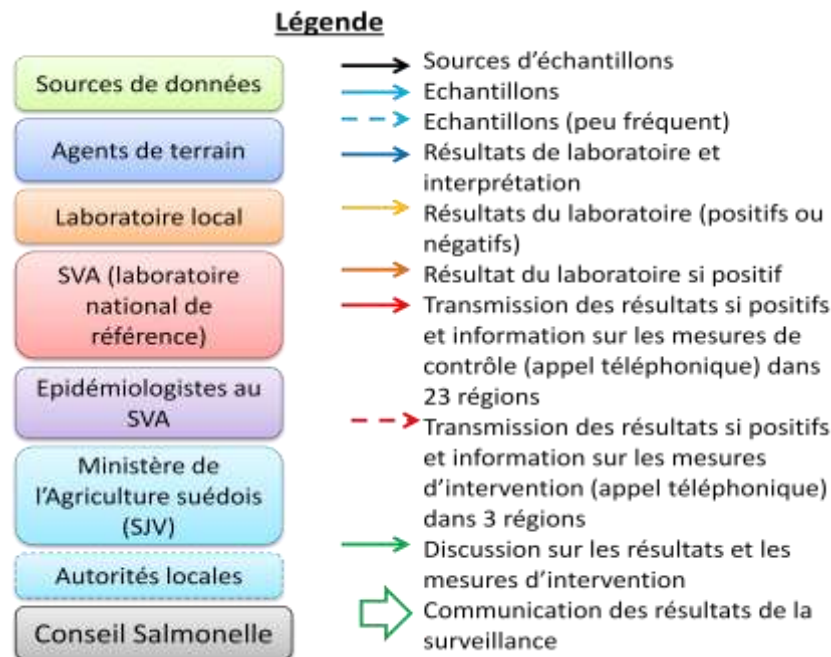


Figure 5 : Diagramme d'activité du réseau de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède

b) Enjeux de ce réseau

Le réseau de surveillance actuel de S. Dublin en Suède coûte cher, aussi bien pour l'Etat que pour les éleveurs. De plus, de nombreuses études montrent que la sensibilité du réseau a diminué, entre autre avec la réduction du nombre d'abattages sanitaires, et une proportion significative des élevages infectés ne seraient pas détectés (Ågren, 2014; Larsson, à paraître). Pour toutes ces raisons, le ministère de l'agriculture suédois cherche à savoir si l'efficacité de la surveillance peut être améliorée et si les coûts du réseau peuvent être diminués sans prendre de risque pour les consommateurs.

c) La composante basée sur le dépistage du lait de tank

i. *Fonctionnement général probable de cette nouvelle composante*

Eurofins est un laboratoire de contrôle qualité du lait. Des techniciens de cette entreprise vont dans les exploitations laitières environ tous les 2 jours pour réaliser des prélèvements de lait pour en tester sa qualité. Eurofins aura pour rôle de transférer un de prélèvements de lait de tank tous les trois mois au SVA et ce pour toutes les exploitations laitières suédoise. Pour celles où il assure le contrôle laitier, les prélèvements seront réalisés en même temps. Pour les exploitations pour lesquelles un autre laboratoire fait le contrôle laitier ou pour les exploitations qui n'ont pas de contrôle laitier (rare), Eurofins fera un prélèvement spécifique de lait de tank pour la recherche de salmonelle tous les 3 mois.

Les échantillons sont ensuite envoyés au laboratoire de bactériologie du SVA.

Lorsqu'un troupeau se révèle être positif, il sort de la surveillance et rentre dans une phase de contrôle pendant laquelle l'infection est investiguée et des mesures de maîtrise de la maladie sont mises en place. Après 2 ans dans cette phase de contrôle, l'élevage retourne dans la surveillance classique, mais il classé automatiquement dans la strate à haut risque pendant au moins deux ans, quelle que soit la région géographique où il se situe.

ii. *Différences entre l'approche conventionnelle et l'approche basée sur le risque.*

La seule vraie différence entre ces deux stratégies est le nombre d'échantillons réalisés et la manière dont les individus échantillonnés sont sélectionnés. En effet, comme cela est

décrit dans la partie 2.1.3. la stratégie conventionnelle repose sur l'échantillonnage de tous les élevages laitiers tous les trimestres alors que dans la stratégie conventionnelle, le protocole d'échantillonnage sera le même que pour la stratégie conventionnelle pour les élevages de la strate à haut risque (prévalence élevée) et ne sera que d'une fois par an pour les élevages de la strate à faible risque (plus faible prévalence).

d) Impact de l'ajout de la nouvelle composante sur le réseau de surveillance actuel

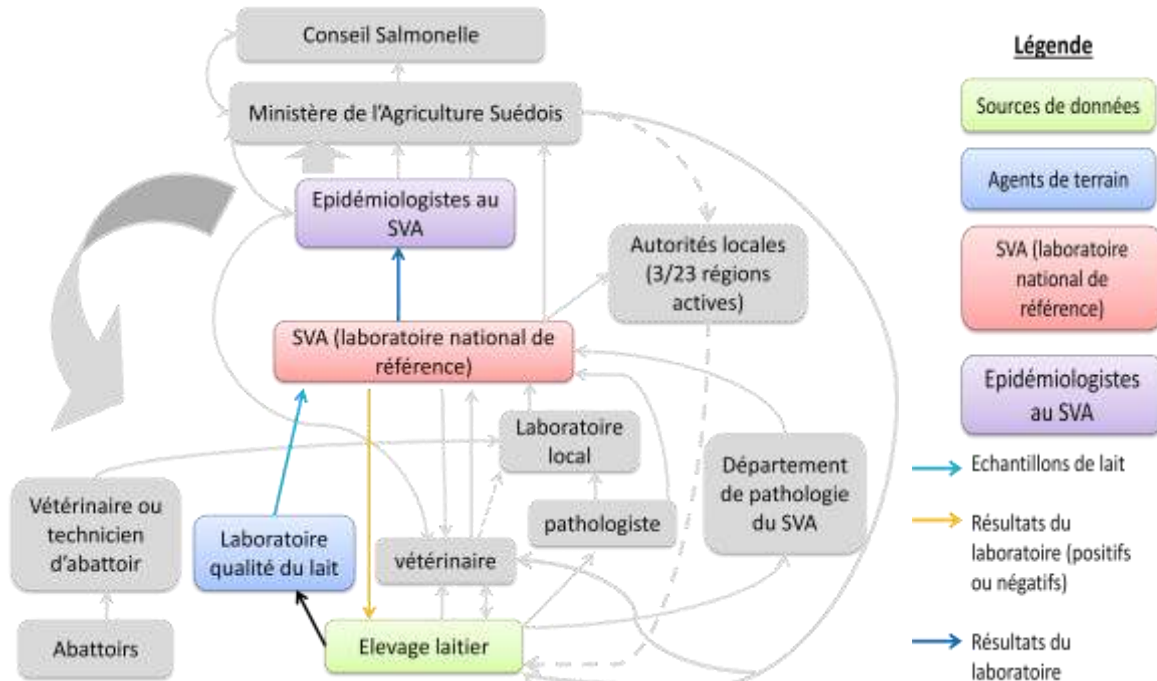


Figure 6 : Impact de l'ajout de la nouvelle composante basée sur l'échantillonnage du lait de tank dans le réseau actuel de surveillance de Salmonella Dublin chez les bovins laitiers en Suède

La figure 6 montre l'intégration de cette nouvelle composante dans le réseau de surveillance. L'ajout de cette composante ne sera pas très contraignante ni pour l'éleveur ni pour le laboratoire de qualité du lait (Eurofins) car l'échantillon réalisé pour le dépistage de S. Dublin sera effectué en même temps qu'un des prélèvements de lait quotidien réalisé pour tester la qualité du lait. Ce prélèvement sera une tâche supplémentaire quand il s'agit d'élevages dont le contrôle laitier est réalisé par un autre laboratoire qu'Eurofins ou pour les élevages qui n'ont pas de contrôle laitier. Cette situation sera minoritaire mais elle ajoutera une charge de travail au laboratoire de qualité de lait, qui sera facturé au réseau de surveillance dans le coût des échantillons, et pour l'éleveur qui doit accueillir un technicien spécifiquement pour ce prélèvement. Le laboratoire de qualité du lait assurera la centralisation de ces échantillons et leur envoi au laboratoire du SVA, ce qu'il facturera au système de surveillance. L'intégration de ce laboratoire de qualité du lait dans le réseau de surveillance sera d'autant plus facile qu'il participe déjà de part les laboratoires de nécropsie présents dans le groupe Eurofins qui participent à la réalisation de prélèvements pour la détection de salmonelle en cas de suspicion. Ensuite le laboratoire du SVA se retrouvera à analyser un grand nombre d'échantillons qui ne lui arrivaient pas auparavant. Comme il facturera chacune des analyses de laboratoire au réseau de surveillance, ce montant compensera le surplus de travail et les coûts associés. Par contre il semble évident qu'un plus grand nombre de résultats de laboratoire vont nécessiter plus de temps consacré à l'analyse et l'interprétation de ces résultats, d'autant plus qu'il y aura certainement plus de cas infectés détectés.

3.1.2. Résultats de l'évaluation OASIS trop : analyse des points forts et limites du système

L'évaluation OASIS trop a été menée sur le réseau de surveillance existant sans prendre en compte l'ajout éventuel de la nouvelle composante. Les résultats de cette évaluation sont exposés dans le rapport d'évaluation en annexe 8.

Les notes des niveaux de satisfaction et des points critiques permettent de comparer le réseau actuel à un réseau idéal défini par OASIS. Elles permettent de savoir quelles sont les forces et les faiblesses du réseau. Concernant les critères de qualité, la note indique l'impact du fonctionnement du réseau sur le critère en question (sensibilité, spécificité...).

Le niveau de satisfaction observé pour l'organisation centrale institutionnelle du réseau (2/10, sortie 1) est dû au fait que les comités définis par OASIS trop (unité centrale, comité de pilotage et comité scientifique et technique) existent mais ne sont pas formalisés. La responsabilité de chacun des acteurs du réseau est connue de tous (qui décide, qui gère, qui conseille). Néanmoins, ce niveau moyen montre un manque de documents officiels pour décrire le fonctionnement du réseau de surveillance. Ce manque de documents officiels impact également la flexibilité (3/10, sortie 3).

Le faible pourcentage du niveau de satisfaction de la section évaluation (3/10, sortie 1) est lié à l'absence d'indicateurs de performance et d'évaluation du réseau de surveillance en interne.

Le faible niveau de satisfaction pour la formation (2/10, sortie 1) est lié à l'absence de formation pour les agents de terrain, malgré leur bon niveau de connaissances initial. Ce manque de formation intervient également dans la faible note de l'animation (6,8/15, sortie 2) et de la collecte et la circulation des données (4,8/10, sortie 2) et a un impact sur la sensibilité (7/10, sortie 3), de la spécificité (6/10, sortie 3) et de l'acceptabilité (7/10, sortie 3).

L'échantillonnage (10,6/20, sortie 2) est considéré comme un point critique du réseau à cause du manque de représentativité de la surveillance active notamment dans la surveillance chez les veaux envoyés à l'autopsie.

3.2. Résultat de l'évaluation économique

3.2.1. L'analyse des coûts des deux stratégies

Le tableau 2 présente les coûts variables de la stratégie conventionnelle et le tableau 3 présente ces mêmes coûts mais pour la stratégie basée sur le risque.

Les prix sont présentés en couronnes suédoises (SEK). Pour aide à la conversion, en mai 2015, 1 euro valait 9,29 SEK (« ECB », s. d.). Il s'agit de coûts variables pour une année de surveillance. Le nombre d'échantillons pour la stratégie conventionnelle correspond alors à 4 échantillons par an pour les 4643 élevages soit 18 572 échantillons par an. Pour la stratégie basée sur le risque, 4 échantillons sont réalisés par an pour les 102 élevages de la strate à haut risque et 1 échantillon par an pour les 4541 élevages de la strate à faible risque ce qui fait un total de 4950 échantillons.

Tableau 2 : Coûts variables de la stratégie conventionnelle du nouveau composant de la surveillance

Etapes de surveillance	Coût par échantillon (SEK)	Nombre d'échantillons	Total (SEK)
Echantillonnage	40	18572	742880
Laboratoire	100	18572	1857200
Total	-	-	2600080

Tableau 3 : Coûts variables de la stratégie basée sur le risque du nouveau composant de la surveillance

Etapes de surveillance	Coût par échantillon (SEK)	Nombre d'échantillons	Total (SEK)
Echantillonnage	40	4950	198000
Laboratoire	100	4950	495000
Total	-	-	693000

A travers ces deux tableaux, il est observable que la stratégie conventionnelle coûte environ trois fois plus cher que la stratégie basée sur le risque. Cette information, qui reste très importante pour les décideurs, n'a pas beaucoup de sens tant qu'elle n'est pas mise en lien avec l'efficacité du système.

3.2.2. L'analyse de l'efficacité de chacune des options

La fraction de détection de la stratégie basée sur le risque calculée à l'aide du modèle de surveillance présenté dans la section « matériels et méthodes » a une valeur moyenne de 57% [50% ; 64%]_{95%}. Cela signifie que, pour la stratégie basée sur le risque, 57% des élevages infectés sont détectés. La figure 7 correspond à l'histogramme de distribution de la fraction de détection pour la stratégie basée sur le risque.

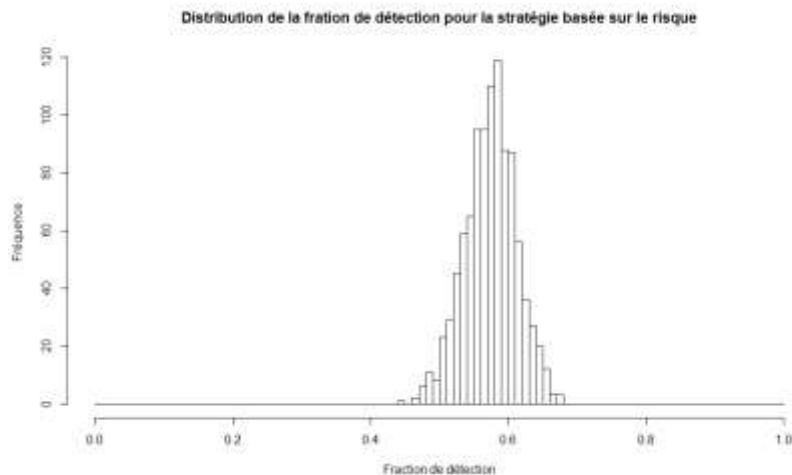


Figure 7 : Histogramme représentant la distribution de la fraction de détection pour la stratégie basée sur le risque

Les fractions de détection des deux strates ont également été mesurées. Etant donné que dans chacune de ces deux strates la surveillance est exhaustive (exhaustif à chaque trimestre pour la strate à haut risque et exhaustif sur le quatrième trimestre pour la strate à faible risque), la fraction de détection dans chacune de ces deux strates est égale à la sensibilité. Ainsi, la fraction de détection dans la strate à haut risque est égale à $FDh = Seh = 93\% [90\% ; 96\%]_{95\%}$ et la fraction de détection dans la strate à faible risque est égale à $FDf = Sef = 51\% [43\% ; 59\%]_{95\%}$.

Le protocole d'échantillonnage est identique pour la stratégie conventionnelle et pour la strate à haut risque de la stratégie basée sur le risque, seuls les paramètres d'entrée du modèle changent (proportion d'historiques infectieux différents). D'où la valeur de la fraction de détection pour la stratégie conventionnelle est de 90% [87% ; 94%]_{95%}. Cela signifie que, pour la stratégie conventionnelle, 90% des élevages infectés sont détectés. La figure 8 montre la distribution de la fraction de détection pour la stratégie conventionnelle.

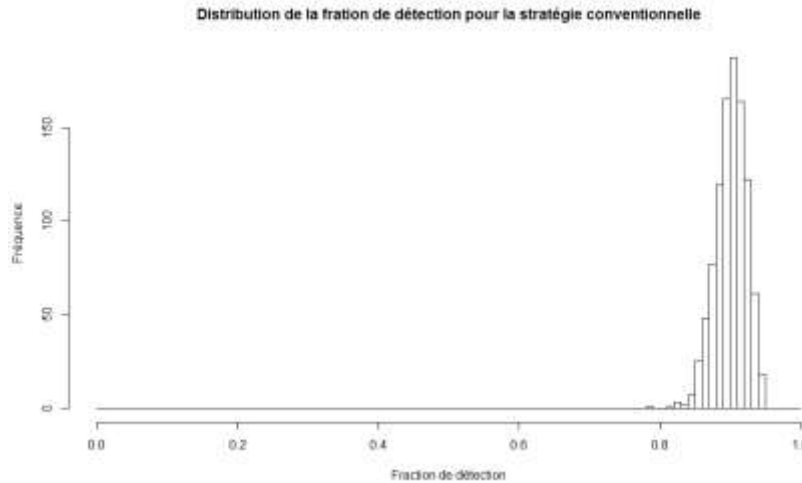


Figure 8 : Histogramme représentant la distribution de la fraction de détection pour la stratégie conventionnelle

Si cette fraction de détection est traduite en nombre de cas détecté il apparaît que la stratégie basée sur le risque détecte 42[37;48]_{95%}cas et que la stratégie conventionnelle détecte 67[63 ; 70]_{95%}cas.

L'incertitude sur la fraction de détection exprimée par les intervalles de confiance est générée par l'incertitude sur la sensibilité du test sur le lait de tank. Les distributions de la fraction de détection présentées sur les figures 7 et 8, qui ont permis d'établir les intervalles de confiance, ont été obtenues à l'aide de l'arbre en calculant la fraction de détection pour x valeurs de sensibilité du test sur lait de tank tirées dans la loi bêta représentant les valeurs possibles de cette sensibilité (voir matériels et méthodes).

3.2.3. L'analyse coûts-efficacité (ACE)

Le RCE moyen a été calculé pour les deux stratégies :

RCE moyen (basée sur le risque) = 12248[10835 ; 14139]_{95%}SEK/% de FD

RCE moyen (conventionnelle) = 29940[27809; 30648]_{95%}SEK/% de FD

Le RCE moyen de la stratégie basée sur le risque est deux fois plus faible que le RCE de la stratégie conventionnelle. Comme il est difficile de se représenter la signification d'un pourcentage de fraction de détection, le coût par cas détecté (CPCD) a été calculé pour les deux stratégies :

CPCD (basée sur le risque) = 16487[14585; 19033]_{95%}SEK par cas détecté

CPCD (conventionnelle) = 38957[37435; 41256]_{95%}SEK per cas detecté

Les résultats montrent que le coût de détection d'un cas est deux fois plus élevé avec la stratégie conventionnelle qu'avec la stratégie basée sur le risque.

3.2.4. Bilan de l'évaluation économique

Le tableau 4 permet d'avoir un ordre de grandeur des mesures calculées pour les deux stratégies en les comparant aux mêmes mesures pour le réseau de surveillance entier actuellement en place.

Le coût total du réseau de surveillance a été estimé à l'aide d'un tableau similaire à celui présenté en annexe 3. Ce montant englobe l'ensemble des coûts variables et fixes du réseau de surveillance actuel à l'exception de ceux de la surveillance à l'abattoir. Comme cette composante de surveillance n'est pas gérée par le SVA, leur coût n'a pas pu être mesuré. Le coût réel du réseau de surveillance actuel est donc certainement plus important que le coût affiché dans ce tableau.

De plus, comme décrit plus haut, il est très probable que les charges fixes de la nouvelle composante soient négligeables par rapport aux charges fixes du réseau actuel. Cette

nouvelle composante n'étant pas encore en place, il est difficile d'estimer les charges fixes réelles de cette composante.

Le rapport du coût de la nouvelle composante sur les coûts du réseau actuel a été calculé pour les deux stratégies. Il s'avère que la stratégie basée sur le risque coûte 0.12 fois le coût du réseau actuel tandis que la stratégie conventionnelle coûte 0.46 fois le coût du réseau de surveillance actuel.

Tableau 4 : Résultats obtenu lors de l'analyse coûts-efficacité

Réseau/composant de la surveillance	Coûts en SEK (% coût total du réseau)	FD (en %)	RCEM (SEK/ % de FD)	RCEM (SEK/ cas détecté)
Réseau de surveillance actuel	5664060	10 ^a	566406	809000
Composant de surveillance sur le lait de tank : stratégie conventionnelle	2600080 (46%)	93[90;96] _{95%}	29940[27809;30648] _{95%}	38957[37435;41256] _{95%}
Composant de surveillance sur le lait de tank : stratégie basée sur le risque	693000 (12%)	57[50;64] _{95%}	12248[10835;14139] _{95%}	16487[14585;19033] _{95%}

a estimation de la fraction de détection du réseau de surveillance actuel au vue de la prévalence estimée (Ågren, 2014) et du nombre de cas détectés en 2014

SEK : couronnes suédoises

FD : fraction de détection

RCEM : rapport coût-efficacité moyen

En 2014, le réseau de surveillance actuel a permis de détecter 7 cas. Si l'on estime que la prévalence annuelle réelle est la même que celle estimée dans le modèle d'Arianna Comin (SVA), cela signifie que seulement 10% des cas ont été détectés cette année là. D'autant plus qu'ici les 7 cas détectés concernent les élevages laitiers mais également les élevages allaitants (il n'a pas été possible de distinguer les types d'élevages à partir de la base de données).

Le tableau 4 montre que pour les deux stratégies, la fraction de détection de la composante basée sur le dépistage du lait de tank est supérieure à celle du réseau actuel et le coût par cas détecté de la nouvelle composante est bien inférieur à celui pour le réseau actuel (46%).

4. Discussion

4.1. Evaluation économique : difficultés d'interprétation d'une ACE

Les calculs de fraction de détection pour les deux stratégies montrent que la valeur moyenne de la fraction de détection (et du nombre moyen de cas détectés) pour la stratégie conventionnelle est supérieure à la valeur moyenne de la fraction de détection pour la stratégie basée sur le risque, la différence entre les deux fractions de détection est significative car leur intervalles de confiance à 95% ne se recoupent pas. Par contre la stratégie conventionnelle coûte trois fois plus cher que la stratégie basée sur le risque. Dans cette situation, le calcul d'un rapport coût-efficacité (RCE) moyen est indispensable. Il apparaît que le coût d'un cas détecté est environ deux fois moins important avec la stratégie basée sur le

risque qu'avec la stratégie conventionnelle. Les intervalles de confiance à 95% ne se recoupant pas, la différence entre les deux RCE est significative.

Dans un premier temps, une analyse simple est d'expliquer aux décideurs que la stratégie basée sur le risque coûte beaucoup moins cher que la stratégie conventionnelle. En effet, alors qu'il faut en moyenne 16 377 SEK pour détecter un cas à l'aide de la stratégie basée sur le risque, 37 444 SEK sont nécessaires pour détecter un cas à l'aide de la stratégie conventionnelle. Par contre, cette stratégie basée sur le risque ne permettra jamais de détecter tous les cas. Sur environ 75 élevages infectés par an en Suède, la stratégie basée sur le risque ne permettra de n'en détecter que 42 cas en moyenne alors que la stratégie conventionnelle permettra d'en détecter 69. Le choix entre les deux stratégies revient à choisir entre efficacité ou rentabilité. Si les décideurs veulent une composante qui détecte le plus de cas possibles, quel que soit le prix, ils choisiront la stratégie conventionnelle. S'ils préfèrent une composante qui détecte plus de cas que le réseau de surveillance actuel et qui coûte moins cher, ils choisiront la stratégie basée sur le risque.

Il n'est pas toujours facile pour les décideurs de se représenter ce que signifie un coût par cas détecté. Pour les aider dans la compréhension des résultats obtenus, il est possible de comparer le coût et l'efficacité mesurés pour les deux stratégies de la nouvelle composante à ceux du réseau de surveillance actuel (tableau 4). Dans ce cas d'étude, les deux stratégies proposées coûtent moins cher, sont plus efficaces et plus rentables que ce qui est actuellement en place. Malgré les nombreuses limites de cette comparaison, comme l'impossibilité de mesurer les coûts de la surveillance à l'abattoir ou les coûts fixes de la nouvelle composante, la nouvelle composante proposée apparaît plus rentable que le réseau actuel et ce quelque soit la stratégie d'échantillonnage de cette composante. Dans un second temps, pour améliorer les recommandations aux décideurs et leur expliciter le RCEM de façon la plus compréhensible possible, il faudrait connaître l'efficacité minimum et le coût maximum qu'ils accepteraient pour cette nouvelle composante. Or ce n'est pas si simple dans notre cas d'étude car les décideurs n'avaient pas d'idée sur la question.

La figure 9 présente la distribution de probabilité que la fraction de détection de chacune des deux stratégies soit supérieure à une valeur donnée. La figure 9 montre que si la fraction de détection attendue est d'au moins 90%, il y a 96,9% de chances que la stratégie conventionnelle atteigne cet objectif alors qu'il y a 0% de chances que celle basée sur le risque n'y arrive. C'est-à-dire qu'il n'est pas possible pour la stratégie basée sur le risque telle que définie par le modèle sélectionné de détecter au moins 90% des cas. Cette analyse fournit une aide complémentaire aux décideurs dans leur choix entre les deux stratégies selon le niveau de fraction de détection minimale qu'ils souhaiteraient atteindre avec la nouvelle composante.

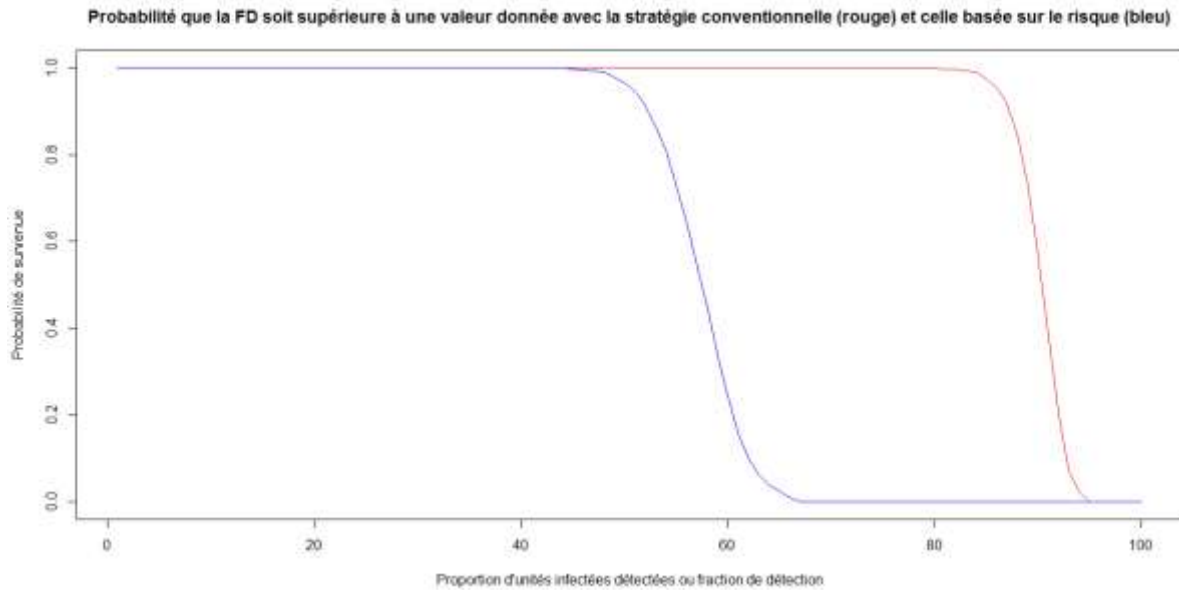


Figure 9 : Représentation graphique de la probabilité que la fraction de détection (FD) soit supérieure à une proportion donnée d'unités infectées détectées (en bleu la stratégie basée sur le risque et en rouge la stratégie conventionnelle)

La valeur de la fraction de détection de la stratégie basée sur le risque calculée est faible. Elle s'explique par le faible nombre d'unités dans la strate à haut risque et le faible risque relatif entre les deux strates qui était de 10. L'observation de la faible efficacité de la stratégie basée sur le risque dans ce cas d'étude est cohérente avec d'autres études qui montrent que les réseaux de surveillance basés sur le risque sont très utiles pour prouver l'absence d'un agent pathogène sur un territoire mais plus difficiles à mettre en place avec une bonne efficacité lorsque l'objectif de surveillance est de détecter le maximum de cas dans le cadre d'une endémie (Cameron, 2012).

Même si l'efficacité de la stratégie basée sur le risque apparaît beaucoup plus faible que celle de la stratégie conventionnelle, elle n'en reste pas moins supérieure à l'efficacité actuelle du réseau de surveillance. En effet, la nouvelle stratégie basée sur le risque permettrait potentiellement de détecter 57% des cas contre 10% pour le réseau de surveillance actuel, c'est-à-dire environ 35 cas supplémentaires par rapport à ce qui est détecté actuellement par an. Cette stratégie basée sur le risque permettrait donc bien d'améliorer l'efficacité du réseau de surveillance à un moindre coût (par rapport à l'approche conventionnelle). A ce stade, le choix des décideurs entre ces 2 approches doit se faire sur la base de l'investissement qu'ils seraient prêts à faire pour améliorer le système actuel.

4.2. Lien entre l'évaluation économique et l'évaluation du réseau à l'aide d'OASISTrop : complémentarité de l'analyse du processus de surveillance dans l'interprétation des résultats de l'évaluation économique et dans la définition de recommandations pour l'amélioration du système

L'utilisation du questionnaire OASISTrop a aidé à la description complète du réseau de surveillance de S. Dublin en Suède et à dessiner les diagrammes d'action.

L'évaluation du réseau à l'aide de cet outil a également été menée et a participé à identifier les faiblesses du réseau.

4.2.1. La description du réseau

La description du réseau permet deux constats sur ce cas d'étude.

Le premier est que malgré le grand nombre de composantes différentes dont il est constitué (4 composantes pour les bovins, sans compter la surveillance dans l'alimentation animale, dans les produits alimentaires, chez les humains et chez les autres espèces animales), il détecte peu de cas et ne parvient pas à réduire la prévalence de la maladie. En complément de l'ajout de la nouvelle composante et de la réflexion qui l'entoure, il aurait été intéressant de considérer également les autres composantes en vue de les rendre plus rentable ou de les supprimer. Certaines composantes qui manquent d'efficacité ne peuvent pas être supprimées et difficilement modifiées car elles résultent de la législation européenne (comme la surveillance dans les abattoirs). Mais une réflexion peut porter sur les autres composantes, comme la surveillance active des veaux dans un laboratoire pathologiste, en vue d'essayer de les améliorer.

Le second constat est que l'ajout de la nouvelle composante dans le réseau va surtout impacter le travail d'interprétation des données par les épidémiologistes du SVA, comme cela est décrit plus bas dans la partie 4.3.4.

4.2.2. L'évaluation OASISTrop

Le rapport de l'évaluation OASISTrop contenant les résultats des trois « sorties », leur interprétation et les recommandations qui en découlent se trouve en Annexe 8.

En conclusion de l'analyse de ces trois sorties, les deux points importants mis en évidence par cette évaluation sont le manque de représentativité, notamment lié au défaut de représentativité de la surveillance active des veaux en autopsie, et le manque d'acceptabilité des mesures de restrictions par les éleveurs. Si le manque de représentativité d'une partie de la surveillance active pourra être palier par l'ajout de la nouvelle composante, l'acceptabilité est un facteur important à prendre en compte. En effet, un réseau de surveillance avec un protocole prévoyant une excellente sensibilité peut être amené à détecter peu de cas si l'acceptabilité de la surveillance est faible.

L'absence de formation des acteurs de terrain est également un problème soulevé par l'évaluation. Ces formations participeraient à l'intégration de ces acteurs dans le réseau de surveillance et à leur sensibilisation sur cet agent pathogène. Cependant, étant donné les bonnes connaissances initiales en épidémiologies de l'ensemble des acteurs et la bonne communication qui existe au sein de ce réseau, l'absence de formation n'a peut-être pas un impact important sur les performances du réseau.

Le manque d'officialisation des statuts des intervenants est un problème mineur de ce réseau de surveillance. Même s'il n'est pas forcément nécessaire d'avoir une unité centrale, un comité scientifique et technique et un comité de pilotage définis comme ils le sont dans OASIS, il peut être utile de décrire de façon officielle les différents acteurs du réseau ainsi que leur rôle. Cette officialisation passe par la rédaction de documents officiels sur le fonctionnement de l'ensemble du réseau comme c'est déjà le cas pour d'autres maladies animales (La maladie des muqueuses ou diarrhée virale bovine (BVD), la leucose bovine enzootique (LBE), maedi-visna, la paratuberculose...).

4.3. Avantages et limites de l'étude

4.3.1. Choix de la stratégie basée sur le risque

Comme expliqué dans la première partie, l'équipe du SVA a l'intention d'élaborer la stratégie basée sur le risque de la nouvelle composante de dépistage du lait de tank à l'aide de l'outil de conception développé dans le projet RISKSUR. Malheureusement, cette partie de conception n'étant pas tout à fait au point au moment du stage, une version préliminaire de stratégie basée sur le risque a été développée au sein de l'équipe du SVA en réunissant les

experts suédois de cet agent pathogène. Ainsi il a été décidé de choisir comme facteur de risque la position géographique, les zones les plus à risque étant l'île d'Öland (municipalités de Mörbylånga et de Borgholm) et une partie de la région de Skåne (municipalités d'Hörby et de Sjöbo) et les zones les moins à risque étant le reste de la Suède.

En effet, des études ont montré que la localisation était un facteur de risque important d'infection d'un élevage par *S. Dublin* notamment lié au voisinage. Cependant d'autres facteurs de risques existent comme les pratiques de gestion de l'élevage, les échanges d'animaux vivants, le pâturage partagé par des animaux provenant de plusieurs fermes et le faible niveau de biosécurité des professionnels se rendant sur les élevages (van Schaik *et al.*, 2002).

La faible fraction de détection estimée à l'aide du modèle d'arbre de scénario suggère que le choix de ce critère géographique et de ce protocole n'est pas très pertinent. La faible proportion d'élevages dans la strate à haut risque (seulement 2,2% de la population totale) expliquent en partie cette faible valeur. Des voies possibles d'amélioration de la fraction de détection tout en conservant le critère géographique, seraient soit d'étendre la strate à haut risque à d'autres régions de Suède où la prévalence est plus élevée que la prévalence nationale, ou d'échantillonner plus fréquemment les élevages de la strate à faible risque, par exemple deux fois par an, ce qui permettrait de maintenir le coût de la nouvelle composante à un niveau plus faible que la stratégie conventionnelle tout en améliorant la fraction de détection de la composante. Le rapport d'Estelle Ågren (Ågren, 2014) montre que toutes les régions où la prévalence de *S. Dublin* est supérieure à la prévalence nationale sont déjà placées dans la strate à haut risque de la stratégie basée sur le risque proposé. Si un échantillonnage est réalisé deux fois par an au lieu d'une fois comme proposé initialement, la fraction de détection de la stratégie basée sur le risque serait alors de 76% [68% ; 82%]_{95%}. Ce n'est pas encore parfait mais cette fraction de détection est meilleure que lorsqu'un seul échantillonnage est réalisé par an tout en permettant de limiter les coûts par rapport à la stratégie conventionnelle, car environ deux fois moins d'échantillons seront testés par an.

Une analyse de risque plus approfondie, et la définition des stratégies de surveillance avec le nouvel outil DESIGN en cours de développement dans le cadre du projet RISKSUR, permettraient d'identifier une nouvelle stratégie basée sur le risque plus efficace.

4.3.2. Apport de l'outil EVA à ce cas d'étude

L'outil EVA a permis d'approfondir la réflexion sur la sélection d'attributs, de lister l'ensemble des attributs d'efficacité possibles pour ce cas d'étude et d'aider à la sélection des attributs prioritaires. En effet, suite à l'application de l'outil, une liste très complète d'attributs d'efficacité utilisables dans ce cas d'étude avec les méthodes existantes pour les évaluer a été fournie. Ces attributs étaient également classés en fonction de leur priorité (les attributs de rang 1 étant les attributs prioritaires et les attributs de rang 2 étant les attributs non prioritaires). Cet outil permet de prendre en compte, de la manière la plus exhaustive possible, tous les attributs et toutes les méthodes associées possibles pour faire l'évaluation désirée. Cela permet aux évaluateurs de prendre conscience qu'il existe d'autres attributs que ceux qu'ils ont l'habitude d'utiliser qui seraient peut-être plus pertinents au vu du contexte et des objectifs de la surveillance ainsi que des objectifs de l'évaluation.

Il est à noter que l'attribut final sélectionné (la fraction de détection) était déjà l'attribut pressenti avant l'utilisation d'EVA et malgré la liste proposée, seul cet attribut a été évalué. L'évaluation de l'efficacité d'un réseau est relativement chronophage, il semble difficile de prendre en compte plusieurs attributs d'efficacité, même si cela enrichit énormément l'évaluation, car le temps dédié à l'évaluation est souvent limité. Ce choix doit donc être fait au cas par cas, selon les ressources disponibles. Il est cependant possible de recommander la prise en compte d'autres attributs d'efficacité lorsque l'interprétation des

résultats de l'évaluation d'un seul attribut ne permet pas de répondre à la question d'évaluation. L'évaluation d'un seul attribut d'efficacité, celui identifié comme étant prioritaire, peut parfois suffire pour mener à bien l'évaluation. Mais il arrive parfois que ce ne soit pas suffisant pour conclure et répondre à la question d'évaluation comme c'est le cas pour notre étude. Dans ce cas, la mesure d'un autre attribut d'évaluation de l'efficacité, le plus souvent le second sur la liste hiérarchisée, peut permettre de compléter l'évaluation et de fournir suffisamment d'éléments de recommandations pour le choix entre les différentes stratégies ; par exemple dans notre cas d'étude, l'évaluation de la rapidité pourrait fournir des éléments complémentaires à la prise de décision.

De plus, pour certaines méthodes, les articles les décrivant auxquels l'outil EVA fait référence sont peu clairs et/ou complexes et elles sont difficiles à appliquer pour un évaluateur inexpérimenté. De plus pour certains attributs, par exemple pour les valeurs prédictives positive et négative, il n'existe pas de méthodes d'évaluation. Il n'est pas possible pour l'évaluateur dans le temps qu'il peut consacrer à l'évaluation de développer ces méthodes, même s'il s'agirait d'un projet de recherche intéressant.

Malgré ces défauts, l'outil EVA a permis d'argumenter sur le choix de l'attribut d'efficacité. En effet, la fraction de détection était l'attribut que l'équipe suédoise voulait mesurer car, de par leur expérience, ils savaient que cet attribut était le plus adapté pour ce cas d'étude et pour la comparaison entre une stratégie stratifiée (celle basée sur le risque) et une stratégie non stratifiée (celle conventionnelle). Mais l'utilisation de l'outil EVA a permis de prouver que ce choix était le plus judicieux en comparant cet attribut avec les autres attributs sélectionnés. L'utilisation de l'outil a permis d'approfondir la réflexion sur les attributs et de renforcer leur choix initial. Il a également permis de mettre en avant d'autres attributs, tels que la rapidité ou l'acceptabilité de la surveillance, auxquels ils n'avaient pas forcément pensé initialement et qui seraient pertinents pour compléter l'évaluation.

La méthode des arbres de scénarios pour mesurer la fraction de détection s'avère également être un choix pertinent. Tout d'abord, il n'existe pas de méthodes qualitative ou semi-quantitative pour mesurer cet attribut. Ensuite, il existe seulement deux grandes méthodes quantitatives de mesures d'attributs d'efficacité qui sont la méthode des arbres de scénarios et la méthode de capture-recapture. La méthode de capture-recapture n'était pas adaptée à ce cas d'étude, car les données disponibles étaient issues de modélisation et car l'efficacité d'une seule composante du réseau de surveillance était étudiée. En effet, la méthode de capture-recapture repose sur l'estimation du nombre d'unités non détectés connaissant le nombre d'unités détectées par deux ou plusieurs composantes de surveillance (Vergne *et al.*, 2012, 2014). La méthode des arbres de scénarios était donc bien la plus adaptée pour mesurer la fraction de détection dans ce cas d'étude.

4.3.3. Commentaires sur l'utilisation d'OASISTrop

L'outil OASISTrop a été utilisé dans cette étude pour aider à la description du réseau de surveillance de S. Dublin chez les bovins laitiers en Suède et pour évaluer de manière semi-quantitative le réseau de surveillance existant.

L'intérêt de l'utilisation de cet outil est de donner un contexte à l'évaluation économique. En effet, l'évaluation économique repose sur un choix entre deux stratégies d'une même composante qui doit s'ajouter à un réseau de surveillance existant. Le questionnaire très détaillé permet de prendre en compte tous les éléments de la surveillance. Les résultats de l'évaluation OASISTrop ont permis de montrer certaines faiblesses du réseau.

Cependant quelques problèmes ont été rencontrés lors de l'application de l'outil ainsi que lors de l'interprétation des résultats.

Tout d'abord il n'a pas été possible de rencontrer l'ensemble des acteurs. En effet, les acteurs au niveau central travaillant au SVA ou au ministère de l'agriculture ont pu être contactés mais il n'a pas été possible de rencontrer les acteurs de terrain. Une vétérinaire nouvellement employé au SVA et ayant travaillé comme vétérinaire rurale pendant plus de dix ans, nous a fait part de son expérience. Il a été donc possible d'avoir une idée des réponses possibles des vétérinaires ruraux privés. Cependant, il est possible que cette vision soit influencée par le fait que cette vétérinaire travaille actuellement au SVA. Elle a une meilleure connaissance du réseau de surveillance actuel que les vétérinaires ruraux et elle a été certainement une praticienne plus intéressée par la surveillance des maladies que certains de ses confrères, puisqu'elle travaille dans ce domaine à présent. Son parcours professionnel a probablement conduit à un biais d'expert dans ses réponses. Ces réponses n'auraient peut-être pas été les mêmes si des vétérinaires praticiens non en lien avec le SVA avaient été interrogés. Il n'a pas été possible de rencontrer les autres agents de terrain : éleveurs, techniciens en abattoir et pathologistes au laboratoire d'autopsie. Il aurait été intéressant de les interroger notamment pour avoir une idée de leur acceptabilité du réseau et leurs connaissances sur la surveillance existante. Il est ainsi possible que leurs connaissances sur la maladie aient été surestimées ainsi que leur acceptabilité des conséquences de la détection de l'infection.

Un autre problème de ce questionnaire est sa longueur. En effet, il contient 83 pages de 10 questions en moyenne par pages. Poser ces questions demande beaucoup de temps, d'autant plus qu'il faut également prendre le temps d'expliquer le principe de l'évaluation à l'aide d'OASIS ainsi que les mots clés à chaque personnes interrogées. Il est possible que certaines personnes aient répondu rapidement à certaines questions, pour lesquelles elles n'étaient pas tout à fait sûres de la réponse, sans prendre le temps de vérifier leur réponse à cause de la longueur du questionnement.

Enfin, l'évaluation d'un réseau de surveillance avec l'outil OASIS Trop est très subjective. L'attribution de note à chaque critère dans un cadre défini permet de diminuer cette subjectivité. Pour la diminuer d'autant plus, il est intéressant de faire appel à plusieurs évaluateurs. Ici l'évaluation n'a pu être menée que par une seule personne. Il est donc certain que l'évaluation qui est fournie par OASIS Trop correspond à la vision que cette personne a du réseau de surveillance qui n'est peut-être pas la réalité. Pour limiter cette subjectivité, les notes attribuées ont été discutées entre l'évaluateur et les gestionnaires du réseau au sein du SVA.

4.3.4. Commentaires sur l'analyse des coûts

Pour l'analyse de coûts deux hypothèses ont été faites : les coûts variables n'ont été attribués qu'aux échantillons et les coûts fixes ont été considérés comme étant identiques entre les deux stratégies.

La première hypothèse semble être proche de la réalité. En effet, dans ce cas d'étude, une variation de l'activité de surveillance ne se manifeste que par une variation du nombre d'échantillons réalisés.

La seconde hypothèse par contre est plus discutable. Comme la composante n'est pas encore en place, il a été très difficile d'estimer les coûts fixes des deux stratégies et il est possible d'imaginer qu'ils ne soient pas identiques. Par exemple, la stratégie basée sur le risque nécessite un travail préparatoire plus important que la stratégie conventionnelle puisqu'il faut définir les structures de risque et le protocole d'échantillonnage. Mais le coût associé à ce travail préparatoire sera peut être négligeable en considérant le fait que ce travail n'a lieu qu'une fois et que la composante peut ensuite rester en place pendant plusieurs années. De plus, ce coût serait assez difficile à estimer car plusieurs personnes travaillent sur ce réseau de surveillance, dont la plupart travaillent à mi-temps et complètent en travaillant sur d'autres réseaux concernant d'autres agents pathogènes. Il est donc possible que ce temps

de travail, et donc le coût qui lui est associé, soit « noyé » parmi toutes ces activités. Malgré la possibilité que les coûts fixes ne soient pas identiques d'une stratégie à l'autre, cette différence de coût est difficilement mesurable et probablement négligeable par rapport à la différence de coûts observée pour les coûts variables.

L'impact de la nouvelle composante sur d'autres aspects du fonctionnement du réseau de surveillance est également intéressant à étudier, d'autant plus si elle varie entre les deux stratégies proposées. La figure 6 montre les coûts à l'échelle du laboratoire de qualité du lait et du laboratoire du SVA qui sont pris en compte dans le coût par échantillon demandé mais elle montre également que l'ajout va entraîner plus de travail pour les épidémiologistes du SVA. La question à présent est de savoir si ce surplus de travail pourra être géré par les épidémiologistes du SVA en même temps que leurs autres activités (sur ce réseau de surveillance ou sur d'autres réseaux) ou s'il sera nécessaire de sacrifier une activité pour libérer le temps nécessaire à ces analyses. Il est difficile d'y répondre tant que cette nouvelle composante n'est pas en place.

4.3.5. Commentaires sur l'évaluation de l'efficacité

a) Commentaires sur le modèle utilisé

Comme l'annexe 5 le montre, le modèle épidémiologique d'Arianna Comin (SVA) s'appuie sur des données réelles de mouvements d'animaux enregistrés en Suède entre juillet 2005 et décembre 2013. Cependant, les prévalences de l'infection intra et inter-troupeau sont entièrement modélisées. Même si la prévalence inter-troupeau obtenue finalement (1%) est proche de ce que l'on observe dans la réalité (Ågren, 2014), il n'en reste pas moins qu'il s'agit de données modélisées et non de données réelles.

Concernant le modèle de surveillance, l'incertitude de la sensibilité a été prise en compte. Il a été choisi de considérer cette incertitude grande car les valeurs sur la sensibilité de ce test sont assez hétérogènes dans la littérature. C'est ce qui explique l'incertitude observée sur la valeur de la fraction de détection.

Le défaut majeur de l'association de ces modèles est que, même si les données de mouvements d'animaux sont influencées par les mesures de restrictions quelque soit la maladie, ils ne prennent pas en compte le fait qu'un élevage infecté par S. Dublin et détecté par le réseau de surveillance soit retiré de la surveillance. La raison pour laquelle cet élément n'a pas été pris en compte est le manque de temps pour obtenir un modèle plus proche de la réalité.

b) Mesure d'un autre attribut d'efficacité

Un autre point d'étude pourrait porter sur l'évaluation de la rapidité de détection, pour compléter l'évaluation de l'efficacité menée à l'aide de la fraction de détection. Cet attribut est d'autant plus intéressant dans ce cas d'étude que l'efficacité du réseau est évaluée annuellement et non à un instant t. Ce complément d'information pourrait aider les décideurs à pencher en faveur de l'une ou l'autre des stratégies.

c) Utilisation d'un attribut fonctionnel

Les attributs fonctionnels sont très utiles car ils permettent d'évaluer un réseau sur son fonctionnement et non sur ses résultats comme le font les attributs d'efficacité (Rsiksur *et al.*, 2013). Ils sont cependant peu employés car ils sont très souvent évalués par des méthodes qualitatives ou semi-quantitatives dont la plupart sont encore en voie de développement. L'acceptabilité du réseau de surveillance fait partie de ces attributs. L'acceptabilité correspond à la volonté des acteurs du réseau à participer à la surveillance. Dans ce cas d'étude, il n'a pas été possible d'évaluer cet attribut pour des raisons de manque de temps malgré le fait que ce soit une volonté forte de l'équipe suédoise de l'évaluer. En effet, d'après

les échos du terrain, il s'avèrerait que les éleveurs n'apprécient pas cette surveillance de Salmonella Dublin car la découverte de l'infection entraîne de lourdes contraintes pour l'élevage concerné. Il serait même possible que certains éleveurs n'appellent pas le vétérinaire s'ils suspectent un cas de salmonellose dans leur élevage.

d) Nouvelle logique d'évaluation de l'efficacité des réseaux de surveillance

Une nouvelle logique a été proposée (Grosbois *et al.*, 2014) afin d'évaluer l'efficacité d'un réseau de surveillance quels que soit les objectifs de surveillance. Selon cette logique un réseau de surveillance est efficace lorsque les décisions prises concernant l'intervention, reposant sur les informations fournies par le réseau de surveillance, ne diffèrent pas beaucoup des décisions qui seraient prises avec une connaissance parfaite de la situation épidémiologique réelle. L'évaluation utilise alors sur deux critères d'efficacité : l'erreur de type I qui apparaît quand les informations fournies par le réseau de surveillance résultent en la mise en place d'interventions que ne nécessite pas la situation épidémiologique réelle et l'erreur de type II qui apparaît quand les informations fournies par le réseau de surveillance résultent en la non mise en place de mesures d'interventions alors qu'elles seraient nécessaires au vu de la situation épidémiologique réelle.

Dans ce cas d'étude où il n'existe que deux statuts possibles pour une unité (infectée ou indemne), la probabilité d'erreur de type II correspond à la fraction de détection mesurée. Si l'on suppose que l'erreur de type I est nulle, ce qui n'est pas tout à fait vrai puisque la spécificité du test n'est pas de 100% (Nyman *et al.*, 2013), la méthode qui a été appliquée pour évaluer l'efficacité de ces différentes stratégies de surveillance correspond à celle de la logique.

L'intérêt d'étudier les erreurs de type I et de type II plutôt que la sensibilité et la spécificité est de permettre une analyse plus fine quand il existe différents statuts comme, par exemple, indemne, infecté peu contagieux et infecté très contagieux.

4.3.6. Commentaires sur le choix de l'analyse coûts-efficacité

L'équipe suédoise désirait déterminer entre les deux stratégies laquelle était la plus efficace à un même coût et laquelle était la moins chère pour une même efficacité. L'analyse coût-efficacité était donc l'analyse de choix dans cette situation.

Le problème rencontré pour cette analyse coût-efficacité est l'absence de valeurs d'efficacité minimale et de coût maximal définie par les décideurs suédois. Dans ce cas, la différence d'efficacité entre les deux stratégies est telle que le choix entre les deux ne sera certainement pas difficile à faire. Mais si la fraction de détection de la stratégie basée sur le risque était proche de la stratégie conventionnelle tout en restant inférieur, les recommandations auraient été beaucoup plus compliquées et il aurait été nécessaire de connaître précisément les attentes des décideurs suédois en matière d'efficacité et de coûts de la surveillance.

Au lieu de s'arrêter aux coûts stricts de la surveillance, il aurait également été intéressant de regarder les bénéfices de la surveillance. Il s'agit alors d'une analyse coûts-bénéfices. Les bénéfices sont très difficiles à mesurer car il s'agit de la somme des coûts évités grâce à la mise en place de la surveillance. Dans ce cas d'étude, les bénéfices correspondent aux coûts engendrés par l'infection d'un élevage pour l'élevage (perte de production, coût de la gestion de la maladie) mais également pour l'état suédois (difficultés d'échanges commerciaux, zoonoses déclarées chez l'homme, etc....).

4.4. Recommandations

Fournir des recommandations sur la base des rapports coûts-efficacité seuls est problématique dans ce cas d'étude car ni l'efficacité minimale ni le coût maximal de la

composante n'ont pu être discutés avec les décideurs suédois. Les seules informations disponibles indiquaient que la nouvelle composante devait être plus efficace et moins chère par cas détecté que le réseau actuel de surveillance. En plus de ne pas être très pertinentes, car la nouvelle composante n'a pas pour but de remplacer ce qui se fait actuellement mais de la compléter, ces deux conditions étant remplies par les deux stratégies n'aident pas à fournir des recommandations vers l'une ou l'autre de ces stratégies. Il s'avèrerait donc pertinent de préciser ces informations avec les décideurs afin de proposer des recommandations adéquates.

Ceci étant, au vu de l'objectif principal du réseau qui est de détecter toutes les unités infectées, la stratégie conventionnelle semble plus adaptée que la stratégie basée sur le risque. En effet, la fraction de détection de la stratégie conventionnelle est très bonne puisque cette stratégie peut permettre de détecter en moyenne 93% des élevages infectés tandis que la stratégie basée sur le risque, telle que définie pour le moment, permet d'atteindre une fraction de détection moyenne de 57%. S'il n'y a la possibilité de choisir qu'entre ces deux stratégies, la recommandation serait de choisir la stratégie conventionnelle. En effet, même si la différence de coûts entre les deux stratégies est importante puisque le coût par cas détectés est environ deux fois moins important pour la stratégie basée sur le risque que pour la stratégie conventionnelle, l'efficacité de la stratégie basée sur le risque proposée est trop faible pour être intéressante dans ce réseau de surveillance.

Cependant, bien que la stratégie basée sur le risque proposée pour cette étude ne soit pas très efficace pour détecter des cas, d'autres stratégies basées sur le risque peuvent avoir une efficacité similaire à la stratégie conventionnelle tout en coûtant moins cher. Si le critère de risque de la localisation géographique est conservé, l'élargissement de la région à risque élevée ou l'augmentation du nombre d'échantillons pour la strate à faible risque peut permettre d'obtenir une efficacité correcte tout en ayant un nombre d'échantillon plus faible que pour la stratégie conventionnelle et donc un coût de surveillance plus faible. Un ou plusieurs autres critères peuvent également être choisis pour construire la nouvelle stratégie basée sur le risque comme les échanges d'animaux par exemple.

L'évaluation effectuée avec l'outil OASISTrop a permis de mettre en évidence un manque de sensibilité du réseau de surveillance actuel entre autre lié à un manque de représentativité de la surveillance active et ainsi de confirmer la pertinence d'ajouter une nouvelle composante de surveillance active dans ce réseau. Le diagramme d'activité établi dans le cadre de l'analyse descriptive montre que cette nouvelle surveillance est relativement facile à mettre en place car tous les acteurs nécessaires sont déjà en place et ont déjà leur rôle dans la surveillance. L'inconnue pour l'instant vis-à-vis de l'ajout de cette composante sera sa répercussion sur le travail des épidémiologistes du SVA. Il est difficile de savoir si le nombre d'échantillons supplémentaires et certainement de cas détectés supplémentaires provoquera une augmentation du travail facilement intégrable dans la charge de travail actuelle des épidémiologistes du SVA ou s'il sera nécessaire de réduire le temps consacré à d'autres activités ou d'embaucher.

L'utilisation de l'outil OASISTrop montre également que ce réseau de surveillance est complexe (grand nombre de composantes). Si certaines composantes peuvent difficilement être améliorées, comme la surveillance dans les abattoirs, d'autres le peuvent, comme la surveillance en nécropsie (active et passive), grâce à une meilleure sensibilisation des acteurs à cet agent pathogène. Les formations pour les acteurs de terrain (éleveurs, vétérinaires, pathologistes) ont une double fonction : les informer sur la bactérie et sur ses conséquences aussi bien à l'échelle de l'élevage qu'à l'échelle de la santé publique et de les intégrer au réseau de surveillance. Etre en contact avec les acteurs de terrain, prendre en compte leur avis sur le réseau de surveillance et leur rendre des comptes sur les résultats de la surveillance participent à augmenter l'acceptabilité des acteurs par rapport au réseau de surveillance. Même si ces points semblent difficiles à améliorer (difficultés de publication des documents

officiels, coûts important des formations), et il est possible que l'ajout de la nouvelle composante permette de les compenser. Cependant, il ne faut pas oublier ces aspects qui sont essentiels pour le bon fonctionnement d'un réseau de surveillance en santé animale.

Recommandations :

- Les limites de l'efficacité du système actuel sont liées à son manque de représentativité, une composante active est nécessaire pour l'améliorer
- Besoin de préciser un coût maximal ou une efficacité minimale pour la nouvelle composante
- Selon les critères de risques utilisés, la stratégie conventionnelle est plus adaptée à l'objectif de la surveillance (détection des cas)
- L'efficacité de la stratégie basée sur le risque pourrait être améliorée si les critères de risques étaient redéfinis
- Une stratégie basée sur le risque serait moins onéreuse

Conclusion

L'évaluation économique a permis de fournir des recommandations afin d'aider les décideurs à choisir entre les deux stratégies.

L'outil EVA a été très utile dans cette évaluation puisqu'il a aidé à sélectionner de façon pertinente l'attribut et la méthode qui ont servi à la mesure de l'efficacité des deux stratégies nécessaire pour mener l'évaluation économique. Il a également permis de mettre en avant d'autres attributs pour l'évaluation de l'efficacité, comme la rapidité de détection et l'acceptabilité.

La mise en perspective de l'ajout de cette composante au sein du réseau de surveillance de S. Dublin chez les élevages bovins laitiers à l'aide de l'outil OASIS Trop montre que cet ajout sera très utile pour renforcer l'efficacité du réseau de surveillance mais que d'autres aspects de la surveillance peuvent être améliorés, comme l'officialisation du fonctionnement du réseau et la mise en place de formations pour les agents de terrain.

Ce travail montre que la stratégie conventionnelle est préférable à la stratégie basée sur le risque telle qu'elle est définie actuellement. L'équipe suédoise veut poursuivre cette étude en définissant une nouvelle stratégie basée sur le risque à l'aide l'outil de conception DESIGN développé au sein du projet Risksur qui aide les décideurs à concevoir des réseaux/composantes de surveillance.

Bibliographie

- ÅGREN E., Tankmjölkscreening avseende antikroppar mot salmonellainfektion Resultatredovisning. No. SVA Dnr 976/2012, 2014, SVA, Uppsala, Sweden.
- ÅGREN E, JOHANSSON J, FRÖSSLING J, WAHLSTRÖM H, EMANUELSON U, STERNBERG LEWERIN S. Factors affecting costs for on-farm control of salmonella in Swedish dairy herds. à paraître.
- ANONYME. Svensk författningssamling 1999:658 Zoonoslag (1999:658) - riksdagen.se [En ligne]. 1999.
[http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Zoonoslag-1999658_sfs-1999-658/] (Consulté le 12/02/15).
- ANONYME. *Law on Zoonoses, SJVSF 2006:81*. 2006.
- ANONYME. Report on trends and sources of zoonosis 2.1 Salmonellosis. 2011, Uppsala, Sweden.
- ANONYME. The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2012. EFSA Journal 2014 No. 12 (2): 3547. 2014a, EFSA (European Food Safety Authority) and ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control).
- ANONYME. Salmonella as a zoonosis - SVA [En ligne]. *SVA - Natl. Vet. Inst.*. 2014b. [<http://www.sva.se/en/Animal-health/Zoonoses/Salmonella-as-a-zoonosis/>] (consulté le 12/02/15).
- ANONYME. Salmonella in cattle - SVA [En ligne]. *SVA - Natl. Vet. Inst.*. 2014c. [<http://www.sva.se/en/Animal-health/Bovine/Endemiska-sjukdomar/Salmonella-in-cattle/>] (consulté le 28/01/15).
- ANONYME. Salmonella statistics - SVA [En ligne]. *SVA - Natl. Vet. Inst.*. 2014d. [<http://www.sva.se/en/Animal-health/Zoonoses/Salmonella-as-a-zoonosis/Statistics/>] (consulté le 12/02/15).
- BABO MARTINS S, RUSHTON J. Cost-effectiveness analysis: adding value to assessment of animal health, welfare and production. *Rev Sci Tech*. 2014.
- BAUER P, ENGBLOM S, WIDGREN S. Fast event-based epidemiological simulations on national scales. *ArXiv150202908 Cs Q-Bio*. 2015.
- BOQVIST S, VÅGSHOLM I. Risk factors for hazard of release from Salmonella-control restriction on Swedish cattle farms from 1993 to 2002. *Prev. Vet. Med.*. 2005, **71**, 35-44.
- BRANSCUM AJ, JOHNSON WO, GARDNER IA. Sample size calculations for disease freedom and prevalence estimation surveys. *Stat. Med.*. 2006, **25**, 2658-2674.
- BRONNER A, HENAUX V, FORTANE N, HENDRIKX P, CALAVAS D. Why do farmers and veterinarians not report all bovine abortions, as requested by the clinical brucellosis surveillance system in France?. *Bmc Vet. Res.*. 2014, **10**, 93.
- CALBA C, GOUTARD FL, HOINVILLE L, HENDRIKX P, LINDBERG A, SAEGERMAN C, et al. Surveillance systems evaluation: a systematic review of the existing approaches. *BMC Public Health*. 2015, **15**, 448.
- CAMERON A. *Manual of Basic Animal Disease Surveillance*, African Union - Interafrican Bureau for Animal Resources. ed. 2012, Kenya, 110 p.
- CARLSSON U, LAHTI E, ELVANDER M, BENGTSSON B, BRYTTING M, CHENAIS E, et al. Surveillance of infectious diseases in animals and humans in Sweden. No. 25 ISSN 1654-7098. 2011, National Veterinary Institute (SVA), Uppsala, Sweden.
- CARLSSON U, LAHTI E, ELVANDER M, BENGTSSON B, ERNHOLM L, CHENAIS E, et al. Surveillance of infectious diseases in animals and humans in Sweden. No. 26 ISSN 1654-7098. 2012, National Veterinary Institute (SVA), Uppsala, Sweden.

- CDC. Updated Guidelines for Evaluating Public Health Surveillance systems: recommendations from the guidelines working group. No. MMWR 2001;50(No. RR-13). 2001, Center for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA.
- COMMISSION EUROPÉENNE. *DECISION DE LA COMMISSION du 23 février 1995 portant approbation du programme opérationnel relatif au contrôle des salmonelles pour certains animaux vivants et produits animaux présenté par la Suède, 95/50/CE.* 1995.
- COMMISSION EUROPÉENNE. *COMMISSION REGULATION (EU) No 142/2011 of 25 February 2011 implementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border under that Directive.* 2011.
- DREWE JA, HOINVILLE LJ, COOK AJC, FLOYD T, GUNN G, STÄRK KDC. SERVAL: A New Framework for the Evaluation of Animal Health Surveillance. *Transbound. Emerg. Dis.* 2013, **62**, 33-45.
- DREWE JA, HOINVILLE LJ, COOK AJC, FLOYD T, STÄRK KDC. Evaluation of animal and public health surveillance systems: a systematic review. *Epidemiol. Infect.* 2012, **140**, 575-590.
- DRUMMOND M, JÖNSSON B, RUTTEN F. The role of economic evaluation in the pricing and reimbursement of medicines. *Health Policy Amst. Neth.* 1997, **40**, 199-215.
- DUFOUR B. Creation by the delphi method of an evaluation scale on the quality of animal surveillance networks. *Epidémiol Santé Anim.* 1997, 31-32.
- DUFOUR B. Technical and economic evaluation method for use in improving infectious animal disease surveillance networks. *Vet. Res., Inra/Elsevier.* 1999, 27-37.
- DUFOUR B, HENDRIKX P. *Epidemiological surveillance in animal health*, 2nd ed. 2009, OIE, 386 p.
- DUFOUR B, HENDRIKX PR. *Surveillance épidémiologique en santé animale.* 2011, Editions Quae, 346 p.
- DUPUY C, HENDRIKX P, HARDSTAFF J, LINDBERG A. Contribution of meat inspection to animal health surveillance in bovine animals. No. 2012:EN-322. 2012.
- ECB: Euro exchange rates SEK [En ligne]. s. d..
[<https://www.ecb.europa.eu/stats/exchange/eurofxref/html/eurofxref-graph-sek.en.html>] (consulté le 11/5/15).
- FANG F, FIERER J. Human Infection with Salmonella-Dublin. *Medicine (Baltimore).* 1991, **70**, 198-207.
- FAVERJON C. Adaptation d'une méthode d'évaluation des réseaux d'épidémiosurveillance (méthode OASIS) au contexte de l'Asie du sud-est. Exemple du Laos. 2012, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Alfort, 129 p.
- FAVERJON C, MINODIER L, GOUTARD F, SINTHASAK S, PATHAMMAVONG S, DOUANGNGNEUM B, et al. OASIS-Trop: an assessment tool for surveillance systems in animal health and food safety in the least developed countries. à paraître.
- FIERER J. Invasive Salmonella dublin Infections Associated With Drinking Raw Milk. *West. J. Med.* 1983, **138**, 665-669.
- GROSBOIS V, HÄSLER B, PEYRE M, HIEP DT, VERGNE T. A rationale to unify measurements of effectiveness for animal health surveillance. *Prev. Vet. Med.* 2014.
- HÄSLER B, HOWE K. Evaluating the role of surveillance in national policies for animal health. *EuroChoices.* 2012, 39-44.

- HÄSLER B, HOWE KS, DI LABIO E, SCHWERMER H, STÄRK KDC. Economic evaluation of the surveillance and intervention programme for bluetongue virus serotype 8 in Switzerland. *Prev. Vet. Med.*. 2012, **103**, 93-111.
- HÄSLER BN. Economic Assessment of Veterinary Surveillance Programmes that are Part of the National Control Plan of Switzerland. PhD. 2011, Royal Veterinary College (University of London), Londres, 235 p.
- HÄSLER B, VERGNE T, RUSHTON J. Economic evaluation of surveillance. à paraître.
- HENDRIKX P, GAY E, CHAZEL M, MOUTOU F, DANAN C, RICHOMME C, et al. OASIS: an assessment tool of epidemiological surveillance systems in animal health and food safety. *Epidemiol. Infect., Cambridge University Press 2011*. 2011, 11.
- HOELZER K, SWITT AIM, WIEDMANN M. Animal contact as a source of human non-typhoidal salmonellosis. *Vet. Res.*. 2011, **42**, 34.
- HOINVILLE LJ, ALBAN L, DREWE JA, GIBBENS JC, GUSTAFSON L, HÄSLER B, et al. Proposed terms and concepts for describing and evaluating animal-health surveillance systems. *Prev. Vet. Med.*. 2013, **112**, 1-12.
- HOORFAR J, LIND P, BITSCH V. Evaluation of an O antigen enzyme-linked immunosorbent assay for screening of milk samples for Salmonella dublin infection in dairy herds.. *Can. J. Vet. Res.*. 1995, **59**, 142-148.
- HOWE KS, HÄSLER B, STÄRK KDC. Economic principles for resource allocation decisions at national level to mitigate the effects of disease in farm animal populations. *Epidemiol. Infect.*. 2013, **141**, 91-101.
- INSTITUT DE L'ÉLEVAGE. *Maladies des Bovins*. 2008, France Agricole Editions, 798 p.
- JEFFERSON H, DUPUY B, CHAUDET H, TEXIER G, GREEN A, BARNISH G, et al. Evaluation of a syndromic surveillance for the early detection of outbreaks among military personnel in a tropical country. *J. Public Health*. 2008, **30**, 375-383.
- JOHNSON WO, SU C-L, GARDNER IA, CHRISTENSEN R. Sample Size Calculations for Surveys to Substantiate Freedom of Populations from Infectious Agents. *Biometrics*. 2004, **60**, 165-171.
- JORDAN D, NIELSEN LR, WARNICK LD. Modelling a national programme for the control of foodborne pathogens in livestock: the case of Salmonella Dublin in the Danish cattle industry. *Epidemiol. Infect.*. 2008, **136**, 1521-1536.
- KNIGHT-JONES TJD, HAUSER R, MATTHES D, STÄRK KDC. Evaluation of effectiveness and efficiency of wild bird surveillance for avian influenza. *Vet. Res.*. 2010, **41**.
- LANSKA DJ. The mad cow problem in the UK: risk perceptions, risk management, and health policy development. *J. Public Health Policy*. 1998, **19**, 160-183.
- LARSSON B. Salmonella hos nötkreatur: Förslag till övervakning och hantering. à paraître, SVA, Uppsala, Sweden.
- LIEBANA E, GARCIA-MIGURA L, CLOUTING C, CASSAR C, CLIFTON-HADLEY F, LINDSAY E, et al. Investigation of the genetic diversity among isolates of Salmonella enterica serovar Dublin from animals and humans from England, Wales and Ireland. *J. Appl. Microbiol.*. 2002, **93**, 732-744.
- MORT M, CONVEY I, BAXTER J, BAILEY C. Animal disease and human trauma: the psychosocial implications of the 2001 UK foot and mouth disease disaster. *J. Appl. Anim. Welf. Sci. JAAWS*. 2008, **11**, 133-148.
- NATHANSON N, WILESMITH J, GRIOT C. Bovine spongiform encephalopathy (BSE): causes and consequences of a common source epidemic. *Am. J. Epidemiol.*. 1997, **145**, 959-969.
- NIELSEN LR. Overview of pathogenesis, epidemiology and diagnostic tools necessary for successful surveillance and eradication of Salmonella Dublin from the Danish cattle

- population. 2009, Department of Large Animal Sciences, University of Copenhagen, Copenhagen, 71 p.
- NIELSEN LR, ERSBØLL AK. Factors associated with variation in bulk-tank-milk Salmonella Dublin ELISA ODC% in dairy herds. *Prev. Vet. Med.*. 2005, **68**, 165-179.
- NIELSEN L r., TOFT N, ERSBØLL A k. Evaluation of an indirect serum ELISA and a bacteriological faecal culture test for diagnosis of Salmonella serotype Dublin in cattle using latent class models. *J. Appl. Microbiol.*. 2004, **96**, 311-319.
- NIELSEN TD, KUDAHL AB, ØSTERGAARD S, NIELSEN LR. Gross margin losses due to Salmonella Dublin infection in Danish dairy cattle herds estimated by simulation modelling. *Prev. Vet. Med.*. 2013, **111**, 51-62.
- NYMAN A-KJ, ÅGREN EC, BERGSTRÖM K, WAHLSTRÖM H. Evaluation of the specificity of three enzyme-linked immunosorbent assays for detection of antibodies against Salmonella in bovine bulk milk. *Acta Vet. Scand.*. 2013, **55**, 5.
- OMS. PROTOCOLE D'ÉVALUATION DES SYSTÈMES NATIONAUX DE SURVEILLANCE ET DE RIPOSTE CONCERNANT LES MALADIES TRANSMISSIBLES. No. WHO/CDS/CSR/ISR/2001.2. 2001.
- PEISO OO, DE C. BRONSVOORT BM, HANDEL IG, VOLKOVA VV. A Review of Exotic Animal Disease in Great Britain and in Scotland Specifically between 1938 and 2007. *PLoS ONE*. 2011, **6**.
- PEYRE M, HÄSLER B, CALBA C, HOINVILLE L, TRAON D, SCHULZ K, et al. Evaluation of animal health surveillance: is it all about technical effectiveness? à paraître.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- RISKSUR. Seventh Framework Programme, Theme Activities of International Cooperation Annex I-« Description of Work », RISKSUR: Providing a new generation of methodologies and tool for cost-effective risk-based animal health surveillance systems for the benefit of livestock producers, decision makers and consumers. No. FP7-KBBE-2012.1.3-0. 2012.
- RISKSUR. Evaluation methods of surveillance systems and current practices. No. D 1.2. 2013.
- RISKSUR, CAMERON A, GOUTARD F, GROSBOIS V, HAESLER B, HOINVILLE L, et al. The EVA tool: an integrated approach for evaluation of animal health surveillance systems. No. D 1.4. 2013.
- ROSENDAL T, LAHTI E, ELVANDER M, BENGTTSSON B, BRYTTING M, CASTRO E, et al. Surveillance of infectious diseases in animals and humans in Sweden. No. 28 ISSN 1654-7098. 2013, National Veterinary Institute (SVA), Uppsala, Sweden.
- SELANDER RK, SMITH NH, LI J, BELTRAN P, FERRIS KE, KOPECKO DJ, et al. Molecular evolutionary genetics of the cattle-adapted serovar Salmonella dublin.. *J. Bacteriol.*. 1992, **174**, 3587-3592.
- STERNBERG LEWERIN S, SKOG L, FRÖSSLING J, WAHLSTRÖM H. Geographical distribution of salmonella infected pig, cattle and sheep herds in Sweden 1993-2010. *Acta Vet. Scand.*. 2011, **53**, 51.
- THOMPSON D, MURIEL P, RUSSELL D, OSBORNE P, BROMLEY A, ROWLAND M, et al. Economic costs of the foot and mouth disease outbreak in the United Kingdom in 2001. *Rev. Sci. Tech. Int. Off. Epizoot.*. 2002, **21**, 675-687.
- VAN SCHAİK G, SCHUKKEN YH, NIELEN M, DIJKHUIZEN AA, BARKEMA HW, BENEDICTUS G. Probability of and risk factors for introduction of infectious diseases into Dutch SPF dairy farms: a cohort study. *Prev. Vet. Med.*. 2002, **54**, 279-289.

- VELING J, BARKEMA HW, VAN DER SCHANS J, VAN ZIJDERVELD F, VERHOEFF J. Her-level diagnosis for *Salmonella enterica* spp. *enterica* serovar Dublin in bovine dairy herds. *Prev. Vet. Med.*. 2002, 31-42.
- VERGNE T, CALAVAS D, CAZEAU G, DURAND B, DUFOUR B, GROSBOIS V. A Bayesian zero-truncated approach for analysing capture-recapture count data from classical scrapie surveillance in France. *Prev. Vet. Med.*. 2012, **105**, 127-135.
- VERGNE T, PAUL MC, CHAENGPRACHAK W, DURAND B, GILBERT M, DUFOUR B, et al. Zero-inflated models for identifying disease risk factors when case detection is imperfect: application to highly pathogenic avian influenza H5N1 in Thailand. *Prev. Vet. Med.*. 2014, **114**, 28-36.
- WARNICK LD, NIELSEN LR, NIELSEN J, GREINER M. Simulation model estimates of test accuracy and predictive values for the Danish *Salmonella* surveillance program in dairy herds. *Prev. Vet. Med.*. 2006, **77**, 284-303.
- WEDDERKOPP A, STRØGER U, BITSCH V, LIND P. Testing of bulk tank milk for *Salmonella* Dublin infection in Danish dairy herds.. *Can. J. Vet. Res.*. 2001, **65**, 15-21.
- YIM L, SASÍAS S, MARTÍNEZ A, BETANCOR L, ESTEVEZ V, SCAVONE P, et al. Repression of Flagella Is a Common Trait in Field Isolates of *Salmonella enterica* Serovar Dublin and Is Associated with Invasive Human Infections. *Infect. Immun.*. 2014, **82**, 1465-1476.

Annexe 1 : Protocole d'évaluation proposé par l'outil EVA pour le cas d'étude sur la surveillance de S. Dublin en Suède

Summary of the Evaluation protocol for the case study: Detecting cases of Salmonella Dublin in dairy cattle in Sweden.

Date	October 2014
Report filled in by (surveillance system expert or coordinator)	SVA
Report validated by (Evaluation expert)	Marisa Peyre, Cirad; Barbara Haesler, RVC
EVALUATION name	<i>Salmonella Sweden</i>

Characteristic	Details
Case study description	<p>The Swedish control of Salmonella is based on surveillance along the entire food chain, from feed to food including also humans, and on actions taken if Salmonella is detected. The current regime for surveillance and control of Salmonella among cattle herds is based on sampling in case of clinical suspicions, at post-mortems when Salmonella can be suspected, and at slaughter under special conditions (e.g. sanitary slaughter). As a specific EU requirement to provide evidence of the very low salmonella prevalence, other surveillance components are in place: sampling of lymph nodes at the abattoir, carcass swabs and sampling at cutting plants.</p> <p>Any finding of salmonella in feed, animals or food is notifiable in Sweden and any veterinarian is obliged to take actions to verify the suspected case and to prevent further spread. Positive findings (from any surveillance component except carcass swabbing and sampling at cutting plants) are followed by trace back and trace forward in the chain from feed/environment to food. Herds confirmed to be infected are put under restrictions and live animal movements are prohibited. Measures to improve the hygiene, cleaning and disinfection of the holdings and elimination of chronically infected animals (when relevant) are used to eradicate the infection from a herd. Two consecutive whole-herd samplings with negative results are required to consider a herd free from infection and lift the restrictions.</p> <p>The current regime for surveillance and control of Salmonella among cattle herds is expensive, both for the state and for the farmer. Furthermore, the sensitivity of the surveillance system has decreased with the reduction of the number of cattle slaughtered under special conditions. In addition, recent studies have revealed that a significant proportion of infected herds are not detected by the current surveillance strategy. For these reasons, the Swedish Board of Agriculture wanted to evaluate whether the sensitivity and the coverage of the surveillance can be improved and whether a reduction of costs is feasible without increasing the risk for humans.</p> <p>The newly proposed surveillance strategy involves a component of bulk milk sampling of all dairy herds every quarter of a year, as already in place in other countries (e.g. Denmark). In case of a positive serological finding, further investigations and a newly developed control regime, expected to be more cost effective, will be implemented. The strategies for surveillance and control for other types of cattle herds are also under revision.</p> <p>The currently proposed strategy for bulk milk sampling is the same for all dairy herds. It would be interesting to investigate whether a risk-based sampling approach would increase the sensitivity of the system or at least provide the same performance but at a lower cost.</p>
Hazard	Salmonella Dublin
Target species	Dairy cattle
Surveillance purpose	<ul style="list-style-type: none"> • Detect cases to allow further actions to control the infection/contamination (components a, b, f) • Prevalence estimate (components c, d, e)
Study region	Sweden
Hazard situation in this region	Endemic
Components	a. mandatory sampling of clinically suspected cases

	b. sampling at necropsy of suspected cases c. lymph node sampling at abattoir d. carcass swabs at abattoir e. meat/environmental samples collection at cutting plants f. bulk milk testing (to be put in place) → conventional vs. risk-based
Evaluation questions	It is in the interest of both decision makers and surveillance designers; 1. To find the least cost option assuring the same effectiveness: Question <i>Assess the costs of surveillance component(s) or system(s) (out of two or more) that achieve(s) a defined objective and rank them according to costs to identify the least-cost option(s)</i> 2. To find the more effective option within a fixed budget. Question <i>Assess if there is/ are (a) surveillance component(s) or system(s) that achieve a higher effectiveness than another one at the same cost</i>
Assessment criteria	Technical target= effectiveness Economic criteria= Least cost; cost-effectiveness

Evaluation attributes (final list)					
Evaluation selected	attribute	Rank	Assessment methods and tools	Data availability	Competence availability
Sensitivity, Bias		1	CRC to estimate the number of infected holdings which are not detected by any of the surveillance methods under consideration	Yes, simulation data for novel design Data from different, partially overlapping and preferably, independent surveillance components	Yes
Timeliness		1	Analysis of the surveillance data to determine median days for disease identification and reporting process	Yes, if simulated data can be applied; No, otherwise Historical data (dates of disease identification and reporting process).	Yes
Risk criteria selection		1	EVARisk (method developed within RISKSUR)	Yes	Yes
False alarm rate		2	OASIS for the valuation of animal health surveillance system/process	No	
Detection fraction		1	Scenario tree modelling	Yes, collection possible Stratum-specific sensitivity and coverage	
Acceptability and engagement		1	OASIS for the evaluation of animal health surveillance system/process Semi-structured interviews Specification of the target pop, comprehensive charact of their heterogeneity and comparison of the distribution of the sampled pop against that of the target pop	NO, not possible to collect	NA
Cost		1	cost analysis	only direct costs of the different surveillance modalities	Yes

Intermediate report of the economic evaluation protocol (EVA report) for the case study:

Evaluation attributes and rank (full list)			
Effectiveness attributes	Sensitivity	To compare probability of detection between the different surveillance components	1
	Detection fraction (=Se*coverage)	Currently missing	1
	Risk criteria selection	(not mentioned)	
	Multiple utility	(not mentioned)	
	Timeliness	To ensure that the data are provided in a timing suitable with the review of control measures	1
	False alarm rate	To compare probability of detection between the different surveillance components	1
	Coverage	To ensure that the prevalence measured reflects nationwide situation	1
	Negative predictive value	not sure about their role	1
	PPV	not sure about their role	1
	Bias	True prevalence estimate	2
	Precision	To be able to compare the evolution	2
	Representativeness	To assess the how much the sample can capture the true situation (for RB-approach)	2
Functional Evaluation attributes and rank	Availability and sustainability	(not mentioned)	
	Acceptability and engagement	to ensure the compliance of the farmers	1
	Simplicity	(not mentioned)	
	Flexibility (adaptability)	(not mentioned)	
	Compatibility	(not mentioned)	
	Historical data	might be useful to "weight" results in light of previous outcomes	2
Economic criteria	Costs	Compare the costs of the different surveillance component	1

Annexe 2 : Plan d'évaluation proposé par EVA pour ce cas d'étude sur la surveillance de S. Dublin chez les bovins en Suède

Economic evaluation of S. Dublin surveillance in Sweden, Workplan

EVA step	Description	Responsible	Deadline	Status
1. Review of the evaluation protocol produced by the EVA tool (EVA report)				
1.1	Identify if one or more effectiveness evaluation attributes should be assessed from the list of primary attributes provided by the EVA report.	Claire & Ann		Done (20/01)
2. Descriptive analysis (qualitative assessment)				
2.1	To collect descriptive data using OASISTrop questionnaire	Claire		Done (20/03)
2.2	Assess the surveillance system process (strengths and weaknesses) using OASISTrop tool	Marisa & Claire	Mid April 2015	
2.3	To draw a flowchart of the system process Review the flowchart	Claire Marisa to review	Mid April 2015	Done (13/04)
Descriptive analysis of the novel design				
2.4	identify all the aspects of the system process influenced by the novel design	Claire Discuss with Marisa		Done (13/04)
2.5	<i>Assess the relevance/validity of the risk criteria selected</i>	<i>No time but comments in the discussion</i>		
2.6	<i>assess the validity of the model used</i>	<i>No time but comments in the discussion</i>		
3. COST analysis				
3.1	identify specific actions involved for each component considered based on the surveillance flowcharts	Claire	Mid April 2015	Done (24/04)
3.2	identify the cost involved from the costing table & data available to cost each action	Claire	Mid April 2015	Done (24/04)
4. EFFECTIVENESS assessment				
4.1	Assess DF for all the components considered (collect data and perform calculation)	Claire	End of April 2015	Done (04/05)
	New effectiveness measure	Vladimir		
4.2	Collect data for new effectiveness measure*	Claire	End of April 2015	Done (04/05)
4.3	Test new effectiveness measure			
4.4	Review results			
5. Assessment of functional attributes <i>No time but comments in the discussion about functional attributes</i>				
5.1	<i>Implement data collection for acceptability assessment</i>	<i>No time</i>		
5.2	<i>Analyze data and provide outputs on acceptability attribute</i>	<i>No time</i>		
5.3	<i>Review data outputs</i>	<i>No time</i>		

6. Address the evaluation question(s)					
5.1	Cost effectiveness analysis: Review if all the surveillance designs met the target effectiveness criteria Rank the options which meet the effectiveness criteria according to their costs	Claire To be reviewed by Barbara	Mid 2015	May	Done (06/05)
5.2	Report on the meaning of the assessment outputs Provide recommendations based on these outputs and the descriptive analysis of the system	Claire Marisa	Mid 2015	May	Done (03/06)

1 Detailed description of the workplan

1.1 Review of the evaluation protocol produced by the EVA tool (EVA report) (1 week)

This aim of this step is to review and validate the EVA report: which attributes to assess in priority (from the EVA report outputs) and which assessment methods will be used for the next steps of the evaluation according to the data availability.

- Identify if one or more effectiveness evaluation attributes should be assessed from the list of primary attributes provided by the EVA report. The aim of this critical review is to brainstorm on the meaning of the assessment measures in terms of evaluation interpretation and recommendation to decision makers

Evaluation questions	Technical assessment (effectiveness attributes)	Other attributes important for making recommendations (evaluation) (functional attributes)
	DF	costs

Attributes	Assessment methods		
	Component 1 (current protocol)	Component 2 (risk-based protocol)	Component 3 (Exhaustive testing?)
DF	model	model	= component 1
	-		

2 Descriptive analysis (qualitative assessment) (~2 weeks)

The objective of this task is to collect sufficient descriptive information on the system process to build an action diagram (flowchart of the links and actions between actors of the system considered). The secondary objective is to gather information on the system performance process (strengths and weaknesses of the system) to inform 1) the context for the application of the new effectiveness rationale and 2) to inform recommendation for the evaluation report.

Data collection (relevant for description, strengths & weaknesses and cost analysis): To collect descriptive data by questionnaires and/or semi-structured interviews on CSF surveillance in Germany and on its costs (current system and novel design) using OASIS Trop questionnaire

Action (relevant for recommendation phase): To assess strengths and weaknesses of the SS process using OASIS Trop.

2.1 Action (relevant for cost analysis and recommendations): To draw a flowchart of the CSF surveillance system process (transmission of information and actions) considered in this evaluation based on this descriptive analysis.

2.2 Descriptive analysis of the novel design

To identify all the aspects of the system process which could be influenced by the changes in the surveillance component considered

Data collection and action: If the novel design is based on risk criteria: assess the relevance/validity of the risk criteria selected (using RISKSUR questionnaire, EVARisk)
If the novel design will be evaluated using modeling: assess the validity of the model used and comparability with current surveillance field results (no standardized method available yet)

3.COST analysis (~2 weeks)

To assess the cost of the different options considered for the case study (current and novel design), including the cost linked to indirect impact of the change in component to the rest of the system process

- 2.1 Identify specific actions involved for each component considered based on the surveillance flowcharts
- 2.2 Identify the cost involved from the costing table and data available to cost each action

4 EFFECTIVENESS assessment (~4 weeks)

The objective of this task is to assess the attributes validated in step 1.

- 4.1 Assess the effectiveness evaluation attributes identified in the EVA report for:
 - the current protocol
 - the novel design(s)
- 4.2 Assess the effectiveness of the current and novel system using the new effectiveness measure developed within RISKSUR:
 - Fill in data collection protocol (based on data collected in task 2)
 - Face to face meeting with Vladimir Grosbois to review the data and the data need (if any)
 - (Vladimir will develop the case study model)
 - Review the results of the model and their interpretations, recommendations

5.Address the evaluation questions

The objective of this task is to perform the economic evaluation based on the outputs of tasks 3 and 4 and to discuss the results and provide recommendation for the evaluation report, also based on data generated in task 2

- 5.1 Calculate the economic criteria for each component (current and design), using the different effectiveness measures/perform the economic evaluation method
- 5.2 Discuss on the meaning of the results and interpretations for recommendations
- 5.3 Write Case study evaluation report

Annexe 3 : Tableau avant permis de récolter les coûts de l'ensemble du réseau de surveillance de S. Dublin en Suède en incluant les coûts de la composante d'échantillonnage sur le lait de tank (stratégie conventionnelle) auprès de l'équipe suédoise de l'institut national vétérinaire (SVA) et du ministère de l'agriculture (SVJ) (coûts en SEK).

Surveillance steps	Activity	activity's details	job position/ type of unit	costs category	LB: Wage rate per hour / OE: price per unit	LB: number of hours / OE: number of unit	Total	comments	
1) Planning	Outline structure of surveillance system and timeline	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA	
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA	
		working at the SJV	Researcher	LB	504	168	84672	cost SVJ	
		structure costs	overhead costs	OE					
	Budget calculation	SVA	Researcher	LB				cost SVA	
		SVA's overhead	overhead costs	OE				cost SVA	
	active surveillance								
	Component: bulk milk sampling and necropsy								
	Application for fundings	working at the SJV	Researcher	LB	504	12	6048	cost SVJ	
		structure costs	overhead costs	OE					
2) Preparation	all surveillance								
	Preparation of forms	working at the SVA/ agriculture board/ other	Researcher	LB				cost SVA	
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA	

	Ordering sampling material	Not applicable in this case study						
	Assembling sampling material							
	Cost of sampling material							
	sending sampling material							
3) Supervision	passive and active surveillance							
	Supervision of surveillance activities	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
	Administer payment	working at the SJV	Researcher	LB	504	22	11088	cost SJV
		structure costs	overhead costs	OE				
	Trace back/ trace forward							
	Supervision	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
			overhead costs	OE				cost SVA
		working at the SJV	Researcher	LB	504	67	33768	cost SJV
			structure costs	overhead costs				
4) Sampling	passive surveillance							
	Component: clinical suspicion							
	Call out fee	vet's visit	visit	OE	500	10	5000	

	Postages to send sample to laboratory		sample	OE				
	Component: passive necropsy							
	sampling fee	pathologist	sample	OE	150	30	4500	
	active surveillance							
	Component: bulk milk sampling							
	sampling fee	Eurofins	sample	OE	40	18572	742880	
	Component: active necropsy							
	sampling fee	pathologist	sample	OE	150	150	22500	
	Trace back/ trace forward							
	Call out fee	vet	visit	OE	500	10	5000	
Postages to send sample to laboratory		sample	OE					
5) Laboratory sampling	Component: bulk milk sampling							
	Test	SVA	sample	OE	100	18572	1857200	
	Component: necropsy							
	Test	SVA	sample	OE	285	180	51300	
	other components							
	Test	blood + milk sample	ELISA	OE	125	14472	1809000	
		faecal + environment sample	culture	OE	285	8360	2382600	
Samples storage			OE				included in the test costs/sample	
6) Data collection, transfer and administration	passive and active surveillance							
	Database	working at the SVA	Researcher	LB				included in the test cost/sample
Worker			LB					

	Standardisation of data into electronic format		Techician	LB				
	Electronic collation of data	working material	data base's creation and licence	OE				
	Quality control of collected data		computer	OE				cost SVA
7) Data analysis and interpretation	Compile the data	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
	Data analysis	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
	Collation and interpretation of results	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
8) Dissemination and communication of results	Create layout of annual report and writing of annual report	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
	Reporting the data nationally and internationally	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
			overhead costs	OE				cost SVA
		working at the SJV	Researcher	LB		504	40	20160
	Dissemination and communication tools	communication tools	reports	OE	15/118 pages= 13%	33000 SEK * 13%	4290	4290

			dissemination costs	OE				
	Communication with surveillance stakeholders and partners institutions	working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
	Communication with the media	working at the SJV	Researcher	LB	504	225	113400	cost SJV
		structure costs	overhead costs	OE				
	Communication with farmers, vets and industry if positive case	working at the SJV	Researcher	LB	504	259	130536	cost SJV
		structure costs	overhead costs	OE				
	9) Revision and adaptation of running programme	Contributions to the evaluation of the control scheme conducted by the Board of Agriculture	working at the SVA/ agriculture board/ other	Researcher	LB			
structure costs			overhead costs	OE				cost SVA
Budget calculation		working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
Salmonella board			meeting	OE				
		working at the SJV	Researcher	LB	504	100	50400	cost SJV
		structure costs	overhead costs	OE				

	SS central unit meeting	meeting	OE					
		working at the SVA	Researcher	LB				cost SVA
		structure costs	overhead costs	OE				cost SVA
	Evaluation	working at the SJV	Researcher	LB	504	94	47376	cost SJV
		structure costs	overhead costs	OE				
cost SVA						920970		
Total						8302688		

LB : labor

OE : operations and expenses

SS : surveillance system

Annexe 4 : Programme utilisé sous R pour calculer la fraction de détection des deux stratégies



```
#####
#####Import du jeu de données#####
#####
setwd("D:/stage/R")

data<-read.table("data_sweden.txt", h=TRUE)
dataHR<-read.table("data_sweden_HR.txt", h=TRUE)
dataLR<-read.table("data_sweden_LR.txt", h=TRUE)

#####
#####Paramètres du modèle#####
#####
#Taille de la pop
size<-4643

#Porportion d'élevages dans les différentes catégories de risque
#Regions Öland et Skane/reste Suède
Ph<-0.022
Pl<-1-Ph
#Vecteur représentant la distribution des unités en fonction de région
P<-as.vector(c(Ph,Pl))

# prevalence dans la population
pi<-1-subset(data$proportion,data=="HHHH")

#####prevalence dans les deux strates
pih<-1-subset(dataHR$proportion,dataHR=="HHHH")
pil<-1-subset(dataLR$proportion,dataLR=="HHHH")

#cout d'un échantillon
cs=140

#nombre d'itérations
it=1000

#matrice pour regrouper les résultats
Res<-as.data.frame(cbind(rep(0,it),rep(0,it),rep(0,it),rep(0,it),rep(0,it)))
names(Res)<-c("Setest", "DFc", "DFrb", "DFh", "DFl")
Arb<-as.data.frame(matrix(NA,nrow=it,ncol=100))
Ac<-as.data.frame(matrix(NA,nrow=it,ncol=100))

for (i in 1:it)
{
  #calcul du risque ratio ajusté
  RR=pih/pil
  mRR=Ph*RR+Pl

  ARh=RR/mRR
  ARl=1/mRR
}
```

```
####probabilité d'être dans la strate où l'unité est sachant qu'elle est infectée
```

```
PIh<-Ph*ARh
```

```
PII<-PI*ARI
```

```
#####Processus de detection
```

```
#####pour la strategie conventionnelle
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à chaque test
```

```
p4c<-subset(data$proportion,data=="IIII")
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à 3 tests sur 4
```

```
p3c<-
```

```
subset(data$proportion,data=="HIII")+subset(data$proportion,data=="IIII")+subset(data$proportion,data=="IIHI")+subset(data$proportion,data=="IIIH")
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à 2 tests sur 4
```

```
p2c<-
```

```
subset(data$proportion,data=="HHII")+subset(data$proportion,data=="HIII")+subset(data$proportion,data=="HIIH")+subset(data$proportion,data=="IIHH")+subset(data$proportion,data=="IHHI")+subset(data$proportion,data=="IHII")
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à 1 tests sur 4
```

```
p1c<-
```

```
subset(data$proportion,data=="HHHI")+subset(data$proportion,data=="HIII")+subset(data$proportion,data=="HHIH")+subset(data$proportion,data=="HIIH")+subset(data$proportion,data=="IHHH")
```

```
#probabilité d'une unité infectée de l'être à 1, 2, 3 ou 4 occurrences
```

```
p1co<-p1c/pi
```

```
p2co<-p2c/pi
```

```
p3co<-p3c/pi
```

```
p4co<-p4c/pi
```

```
#####pour la stratégie basée sur le risque
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à chaque test
```

```
p4<-subset(dataHR$proportion,dataHR=="IIII")
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à 3 tests sur 4
```

```
p3<-
```

```
subset(dataHR$proportion,dataHR=="HIII")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IIII")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IIHI")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IIIH")
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à 2 tests sur 4
```

```
p2<-
```

```
subset(dataHR$proportion,dataHR=="HHII")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="HIII")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="HIIH")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IIHH")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IHHI")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IHII")
```

```
#Probabilité d'une unité d'être infectée à 1 tests sur 4
```

```
p1<-
subset(dataHR$proportion,dataHR=="HHHI")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="HIII")
)+subset(dataHR$proportion,dataHR=="HHIH")+subset(dataHR$proportion,dataHR=="IHH
H")
```

```
#probabilité d'une unité infectée de l'être à 1, 2, 3 ou 4 occurrences
```

```
p1h<-p1/pih
p2h<-p2/pih
p3h<-p3/pih
p4h<-p4/pih
```

```
pq4<-
```

```
subset(dataLR$proportion,dataLR=="HIII")+subset(dataLR$proportion,dataLR=="IHHI")+su
bset(dataLR$proportion,dataLR=="IIII")+subset(dataLR$proportion,dataLR=="IIHI")+subset
(dataLR$proportion,dataLR=="HHII")+subset(dataLR$proportion,dataLR=="IHHI")+subset(
dataLR$proportion,dataLR=="HIII")+subset(dataLR$proportion,dataLR=="HHHI")
```

```
pq4l<-pq4/pil
```

```
#####
#####Performances du composant#####
#####
```

```
#1
```

```
#Performances tests
```

```
#La sensibilite est aussi a la probabilité d'obtenir un resultat positif
```

```
#conditionnellement a infection et echantillonnage
```

```
Set<-rbeta(1,60,40)
```

```
Res[i,"Setest"]<-Set
```

```
#probabilité de detection d'une unité infectée sachant qu'elle appartient à HR et qu'elle a un
certain historique
```

```
Se4<-1-(1-Set)^4
```

```
Se3<-1-(1-Set)^3
```

```
Se2<-1-(1-Set)^2
```

```
Se1<-Set
```

```
#2
```

```
#Probabilité d'obtenir un resultat positif
```

```
#conditionnellement à l'infection
```

```
Seh=p1h*Se1+p2h*Se2+p3h*Se3+p4h*Se4 #dans chacune des 2 strates la sensibilité = la
fraction de détection (dans la strate)
```

```
Sel=pq4l*Set
```

```
DFrb<-PIh*Seh+PII*Sel
```

```
DFc<-p1co*Se1+p2co*Se2+p3co*Se3+p4co*Se4
```

```
Res[i,"DFc"]<-DFc
```

```
Res[i,"DFrb"]<-DFrb
```

```

Res[i,"DFh"]<-Seh
Res[i,"DFl"]<-Sel

for (j in 1:100)
{
  Ac[i,j]<-if (DFc>=j/100) 1 else 0
  Arb[i,j]<-if (DFrb>=j/100) 1 else 0
}

}

ac<-matrix(NA,nrow=100,ncol=1)
arb<-matrix(NA,nrow=100,ncol=1)

for (j in 1:100)
{
  ac[j]<-sum(Ac[,j])/it
  arb[j]<-sum(Arb[,j])/it
}

m<-cbind(ac,arb)
x<-1:100

matplot(x,m,main="Probabilité d'obtenir une fraction de détection donnée avec la stratégie
conventionnelle (rouge) et la stratégie basée sur le risque (bleu)", xlab="Proportion d'unités
infectées détectées ou fraction de détection", ylab="Probabilité de
survenue",col=c("red","blue"),type="l",lty=1)

summary(Res$DFc)
tDFc=sort(Res$DFc)
tDFc[it*0.025]
tDFc[it*0.975]
mean(tDFc)

summary(Res$DFrb)
tDFrb=sort(Res$DFrb)
tDFrb[it*0.025]
tDFrb[it*0.975]
mean(tDFrb)

summary(Res$DFh)
tDFh=sort(Res$DFh)
tDFh[it*0.025]
tDFh[it*0.975]
mean(tDFh)

summary(Res$DFl)
tDFl=sort(Res$DFl)

```

```
tDFI[it*0.025]
tDFI[it*0.975]
mean(tDFI)
```

```
tSet=sort(Res$Setest)
tSet[it*0.025]
tSet[it*0.975]
mean(tSet)
```

```
hist(Res$DFc,main="Distribution de la fration de détection pour la stratégie basée sur le
risque", xlab="Fraction de détection", ylab="Fréquence", breaks=seq(0, 1, 0.01))
hist(Res$DFrb,main="Distribution de la fration de détection pour la stratégie
conventionnelle", xlab="Fraction de détection", ylab="Fréquence", breaks=seq(0, 1, 0.01))
```

```
#####
#####COUTS#####
#####
```

```
#nombre d'échantillons dans le modèle risk-based
nbsrb=size*Ph*4+size*Pl
#nombre d'échantillon dans le modèle conventionel
nbsconv=size*4
#coûts du risk-based
crb=nbsrb*cs
#coûts du conventionel
cconv=nbsconv*cs
```

```
CERrb=crb/(Res$DFrb*100)
CERconv=cconv/(Res$DFc*100)
```

```
tCERrb=sort(CERrb)
tCERrb[it*0.025]
tCERrb[it*0.975]
mean(tCERrb)
```

```
tCERconv=sort(CERconv)
tCERconv[it*0.025]
tCERconv[it*0.975]
mean(tCERconv)
```

```
#nombre de cas détectés pour le risk-based
nbcdrb=D*size*Res$DFrb
```

```
tnbcdrb=sort(nbcdrb)
tnbcdrb[it*0.025]
tnbcdrb[it*0.975]
mean(nbcdrb)
```

```
#nombre de cas détectés pour le conventionel
```

```
nbcddconv=D*size*Res$DFc
```

```
tnbcdconv=sort(nbcdconv)  
tnbcdconv[it*0.025]  
tnbcdconv[it*0.975]  
mean(tnbcdconv)
```

```
#nombre d'échantillon par cas detectés pour le risk-based  
nbscdrb=nbsrb/nbcdrb
```

```
tnbscdrb=sort(nbscdrb)  
tnbscdrb[it*0.025]  
tnbscdrb[it*0.975]  
mean(tnbscdrb)
```

```
#nombre d'échantillon par cas detectés pour le risk-based  
nbscdconv=nbsconv/nbcdconv
```

```
tnbscdconv=sort(nbscdconv)  
tnbscdconv[it*0.025]  
tnbscdconv[it*0.975]  
mean(tnbscdconv)
```

```
#coûts par cas detectés pour le risk-based  
ccdrb=crb/nbcdrb
```

```
tccdrb=sort(ccdrb)  
tccdrb[it*0.025]  
tccdrb[it*0.975]  
mean(tccdrb)
```

```
#coûts par cas detectés pour le risk-based  
ccdconv=cconv/nbcdconv
```

```
tccdconv=sort(ccdconv)  
tccdconv[it*0.025]  
tccdconv[it*0.975]  
mean(tccdconv)
```

```
ac[90]  
arb[90]
```

Annexe 5 : Présentation du modèle épidémiologique d'Arianna Comin

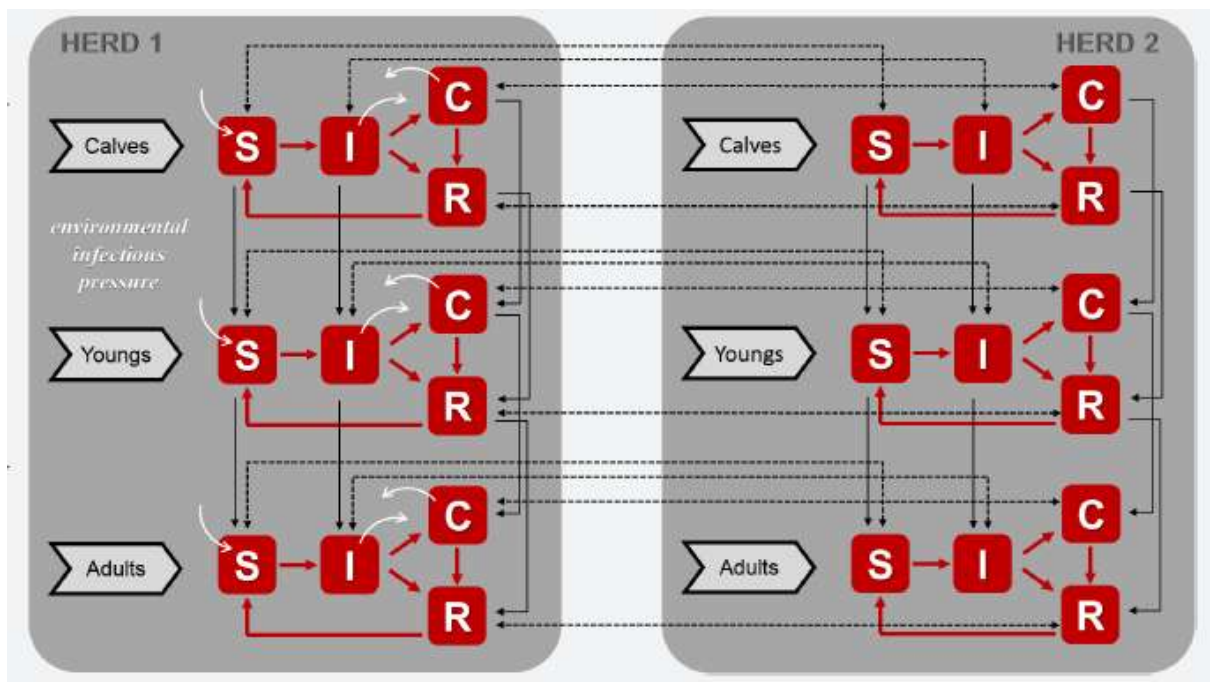
L'objectif est de construire un modèle de transmission intra et inter troupeaux de l'infection à S. Dublin dans les élevages laitiers afin d'évaluer par la suite les différentes stratégies de surveillance potentielles.

Les différentes dynamiques qui régissent le modèle sont schématisées sur la figure 1.

Les dynamiques d'infections intra-troupeau ont été modélisé à l'aide d'un modèle compartimenté stochastique basé sur l'algorithme Gillespie (R package siminf (Bauer *et al.*, 2015)). Il s'agit d'un modèle utilisant 4 compartiments : S pour les susceptibles, I pour les infectés, C pour les porteurs (carrier en anglais) et R pour les guéris (recovered en anglais). Les paramètres sont spécifiques de l'âge. Pour cela, la population de bovins a été divisée en trois catégories : les veaux (moins de 6 mois), les jeunes (de 6 à 30 mois) et les adultes (plus de 30 mois). De plus, la probabilité d'infection dépend de la pression infectieuse environnementale.

Les dynamiques d'infections inter-troupeau sont associés aux mouvements d'animaux en se basant sur les données issues des registres de mouvements de bovins en Suède. Ce sont ces données qui sont utilisées pour déterminer le vieillissement, les introductions et les sorties pour chaque élevage.

Figure 1: Schéma explicatif du modèle épidémiologique réalisé par Arianna Comin (poster SVEPM 2015)



En anglais : *herd*= troupeau, *calves*= veaux, *youngs*= jeunes, *adults* = adultes,

Environmental infectious pressure = pression infectieuse environnementale

Les flèches blanches représentent la pression infectieuse environnementale, les flèches rouges la dynamique d'infection intra-troupeau, les flèches noires continues le passage d'une catégorie à une autre avec l'âge de l'animal et les flèches noires pointillées la dynamique d'infection inter-troupeau.

Les données utilisées correspondent à tous les mouvements d'animaux enregistrés en Suède entre juillet 2005 et décembre 2013. Elles concernent 1,6 millions de bovins (900 000

bovins laitiers) répartis sur 37 000 élevages (dont 8 700 élevages laitiers) et 10,8 millions d'évènements (naissance, mort, achat, vente, abattage, vieillissement).

Au point de départ du modèle, 5% des élevages ont été considéré comme infectés de manière aléatoire, préférentiellement localisé dans la région à haute prévalence.

Les résultats du modèle sont illustrés à l'aide des figures 2 et 3.

Figure 2: Distributions des proportion intra-troupeau des individus infectés (en rouge), porteurs (en gris) et guéris (en noir) dans un élevage laitier infecté par classe d'âge, réalisé par Arianna Comin (poster SVEPM 2015)

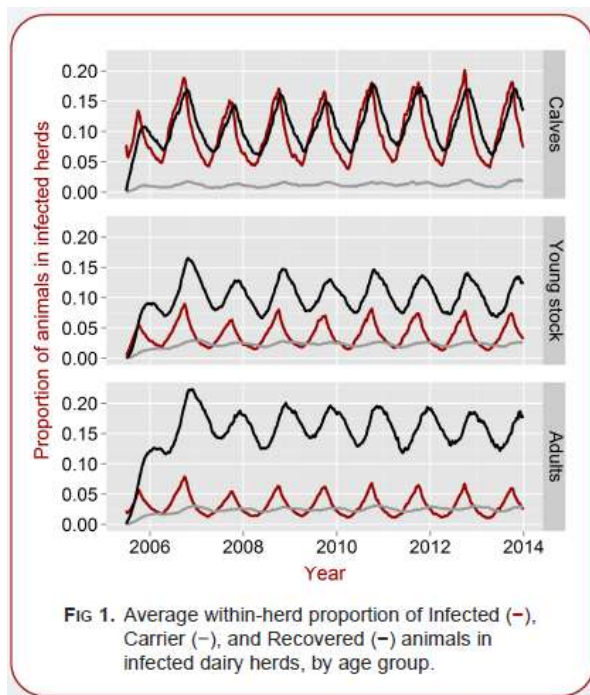
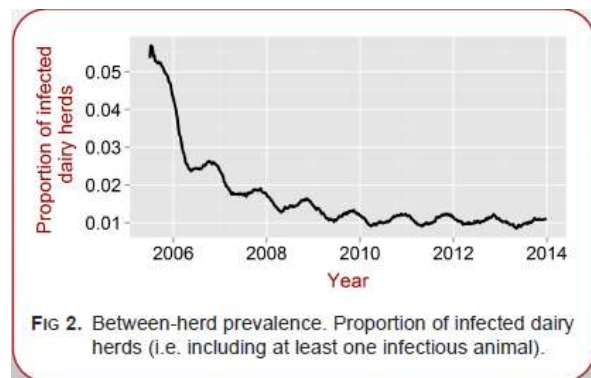


Figure 3: Distribution de la prévalence inter-troupeau ou la proportion d'élevages infectés parmi les élevages laitiers suédois (présence d'au moins un animal infecté), réalisé par Arianna Comin (poster SVEPM 2015)



Il est observable sur les deux figures qu'après quelques années les prévalences intra- et inter-troupeaux se stabilisent et présente une variation saisonnière similaire d'une année à l'autre. La figure 2 montre que la prévalence intra-troupeau est de 9% chez les veaux, 3,5% chez les jeunes et 2,5% chez les adultes. La figure 3 quant à elle montre que la prévalence inter-troupeau oscille autour de 1%.

Les dynamiques d'infection intra-troupeau sont liées aux paramètres du modèle alors que les dynamiques d'infection inter-troupeaux dépendent principalement des données. Le modèle repose sur des données de mouvements d'animaux sur 6 ans. Or ces mouvements d'animaux ont pu être limités par des restrictions suivant l'infection des troupeaux par n'importe quelle maladie bovine et pas uniquement par S. Dublin.

Annexe 6 : Présentation des probabilités d'historiques d'infection utilisées en paramètres d'entrée dans le modèle de surveillance

Figure 1 : Distribution de la proportion d'élevages infectés dans la population d'élevages bovins laitiers suédois en 2013

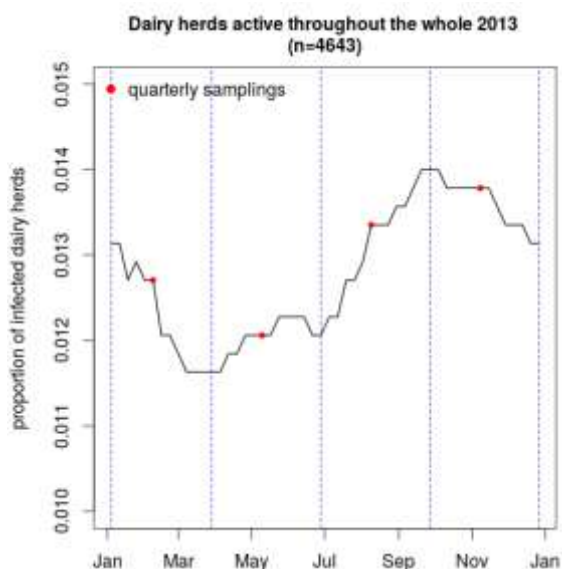


Tableau 1 : Répartition de la proportion d'élevages dans la population d'élevages bovins laitiers suédois en 2013 en fonction de leur historique d'infection

Status T1T2T3T4	proportion
HHHH	0.98440837
HHHI	0.00085434
HHIH	0.00021358
HHII	0.00106792
HHIH	0.00021358
HIII	0.00064075
IHHH	0.0012815
IHII	0.00021358
IHHH	0.00021358
IIII	0.01089278
HIHH	0
HIHI	0
IHIH	0
IIII	0
IHHI	0
IIHI	0

Figure 2 : Distribution de la proportion d'élevages infectés dans la population d'élevages bovins laitiers dans la strate à haut risque en 2013

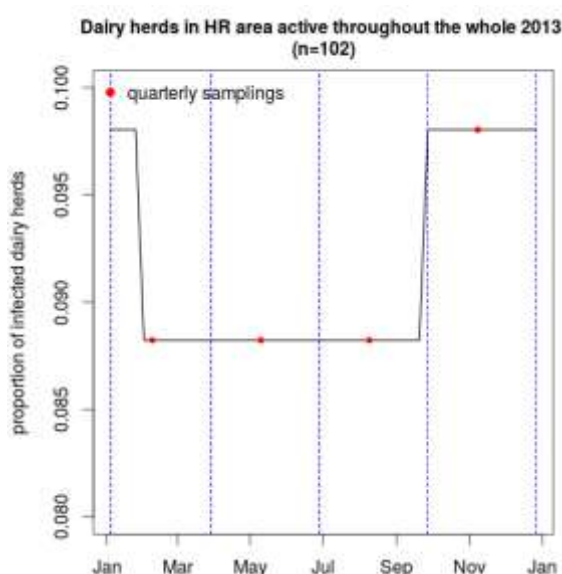


Tableau 2 : Répartition de la proportion d'élevages dans la population d'élevages bovins laitiers dans la strate à haut risque en 2013 en fonction de leur historique d'infection

Status T1T2T3T4	proportion
HHHH	0.90196078
HHHI	0.00980392
HHIH	0
HHII	0
HHIH	0
HIII	0
IHHH	0
IHII	0
IHHH	0
IIII	0.08823529
HIHH	0
HIHI	0
IHIH	0
IIII	0
IHHI	0
IIHI	0

Figure 3 : Distribution de la proportion d'élevages infectés dans la population d'élevages bovins laitiers dans la strate à faible risque en 2013

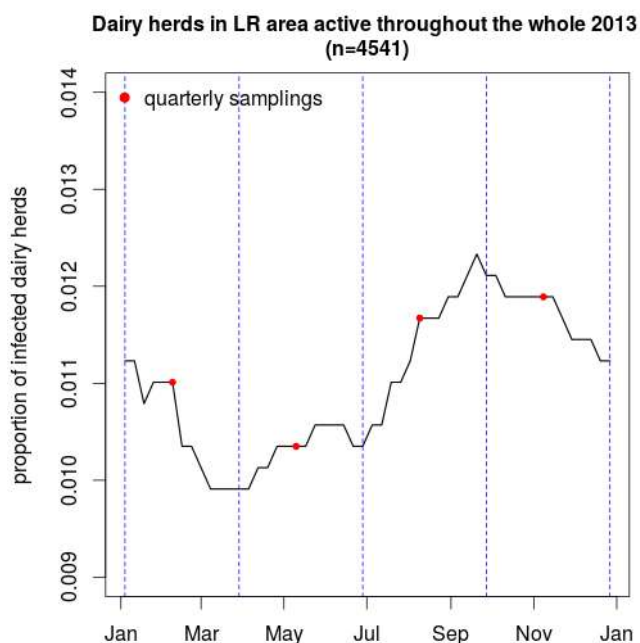


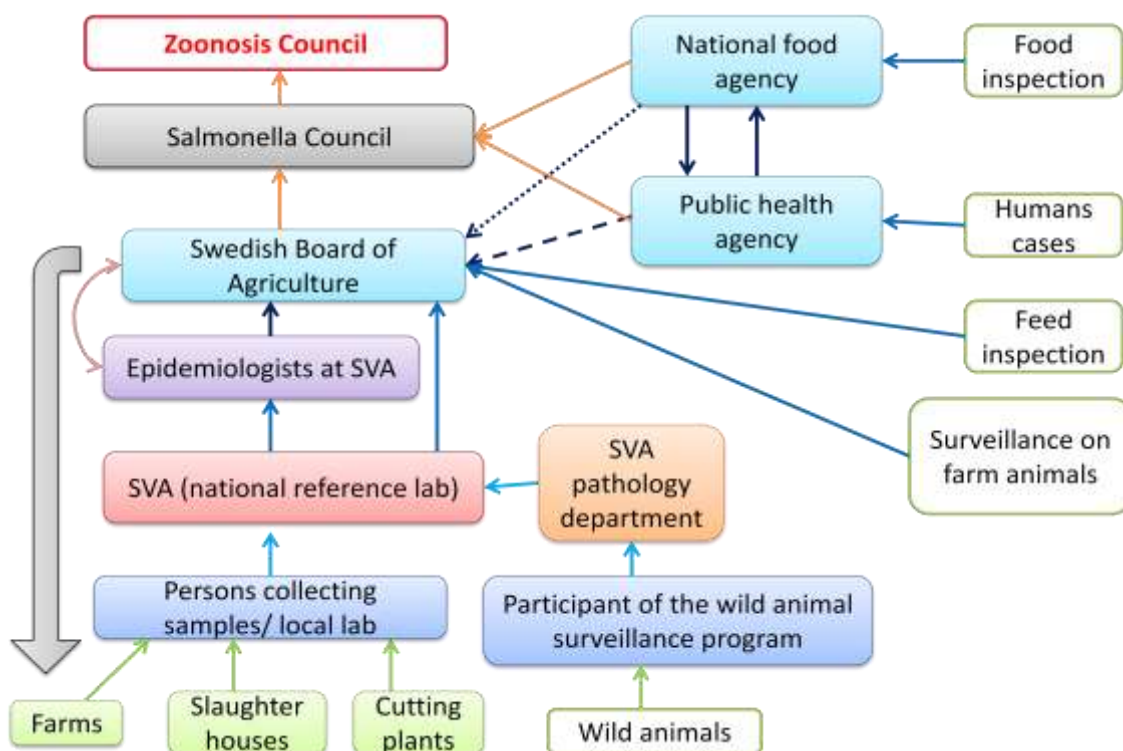
Tableau 3 : Répartition de la proportion d'élevages dans la population d'élevages bovins laitiers dans la strate à faible risque en 2013 en fonction de leur historique d'infection

<i>status</i>	<i>proportion</i>
HHHH	0.9861264
HHHI	0.00066065
HHIH	0.00022022
HHII	0.00110108
HHIH	0.00022022
HIII	0.00066065
IHHH	0.00132129
IHHI	0.00022022
IIHH	0.00022022
IIII	0.00924906
HIHH	0
HHII	0
IHHI	0
IIHH	0
IHHI	0
IIHI	0

Les points rouges sur les courbes correspondent aux dates auxquelles les proportions ont été mesurées. Le statut à un trimestre H correspond au statut sain (healthy en anglais) et le statut à un trimestre I correspond au statut infecté.

Ces courbes montrent que la prévalence d'infection à S. Dublin est effectivement plus importante au quatrième trimestre.

Annexe 7 : Représentations schématiques de la surveillance de Salmonella Dublin en Suède



Legende

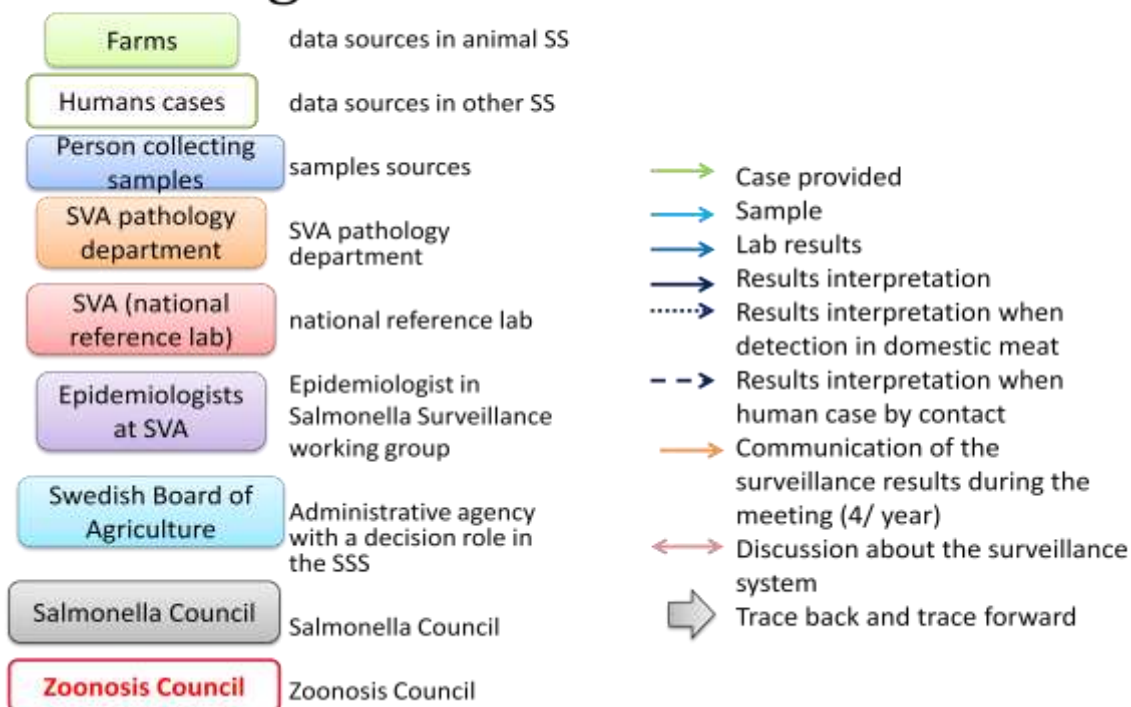
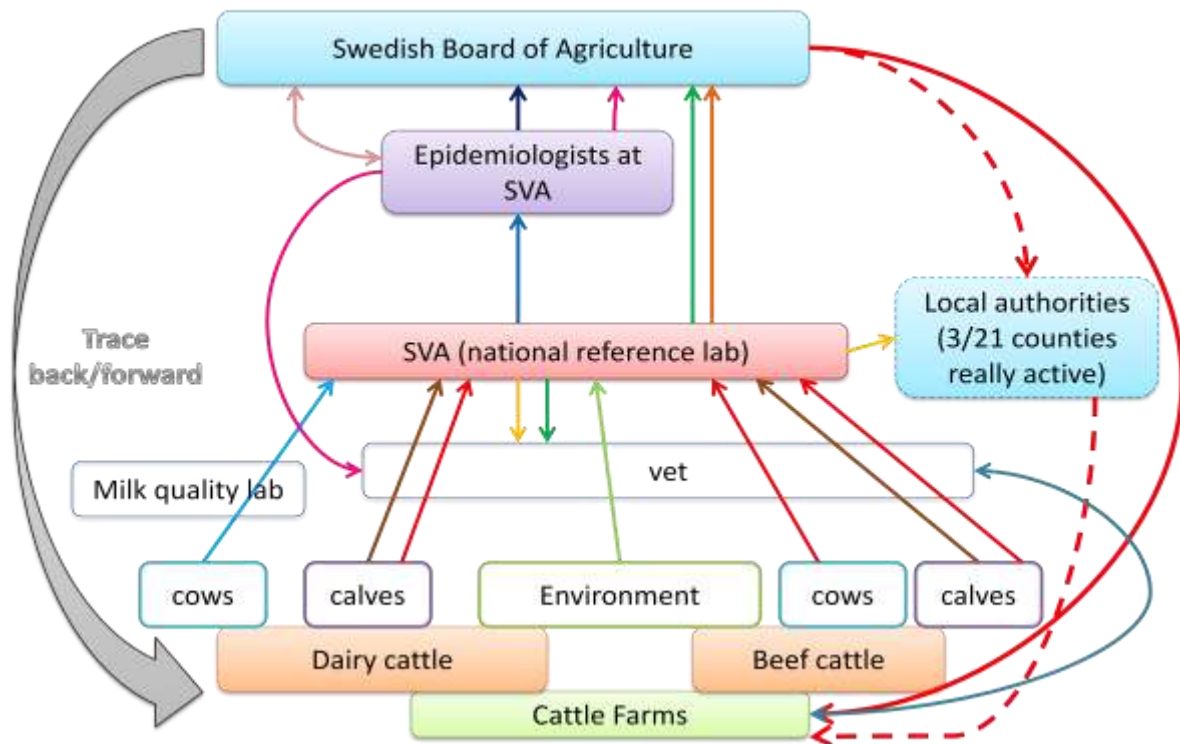


Figure 1 : Diagramme d'activités présentant la place de la surveillance de S. Dublin chez les bovins parmi l'ensemble des autres surveillances de cet agent pathogène en Suède

Flowchart of the trace back and trace forward investigation in cattle herd



Legend

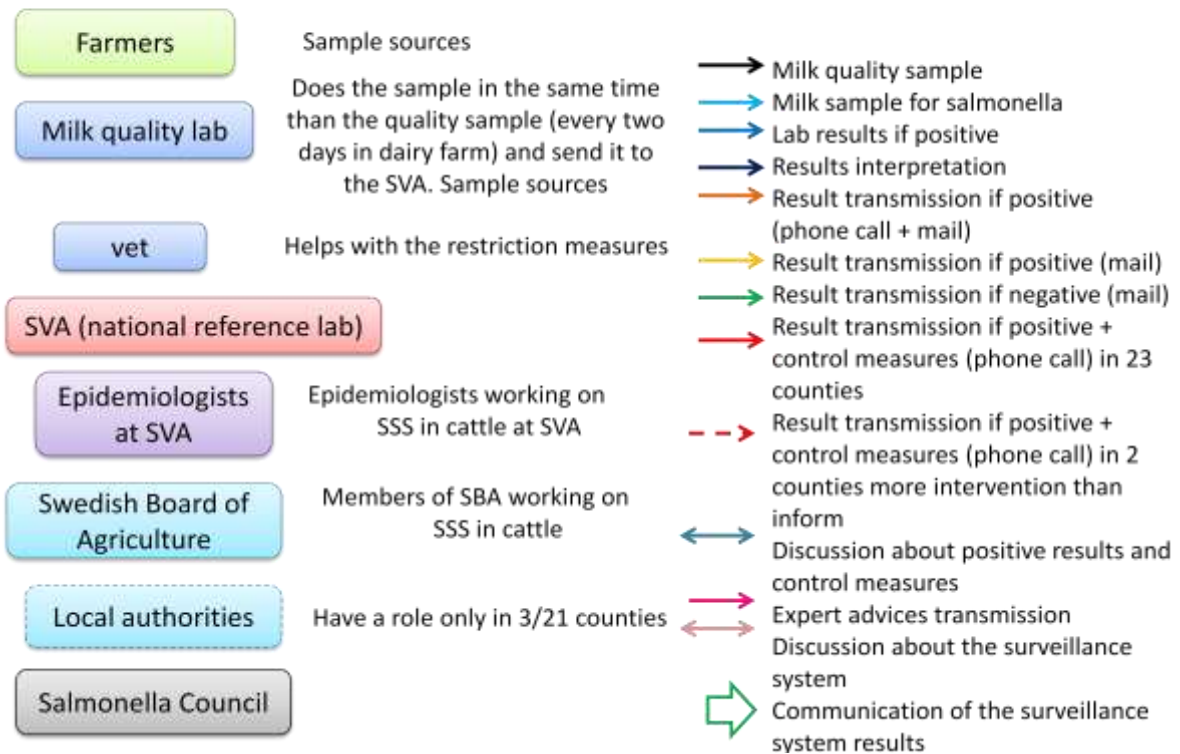


Figure 2: Diagramme d'activités présentant la mise en place de l'enquête amont/aval dans le réseau de surveillance de S. Dublin chez les bovins en Suède

**Evaluation of the Salmonella Dublin surveillance system in dairy cattle in
Sweden
Use of the OASIS 2.0 tool
May 2015**

I. Context and objectives

Within the EU FP7 funded RISKSUR project (Providing a new generation of methodologies and tools for cost-effective risk-based animal health surveillance systems for the benefit of livestock producers, decision makers and consumers) an integrated evaluation support tool (called EVA) has been developed with the objective of helping decision makers to perform integrated epidemiological and economic evaluation of animal health surveillance systems. The Salmonella Dublin surveillance system in dairy cattle in Sweden is one of the case studies chosen to apply this new tool. With the aim to complete this application and to provide further recommendation, an evaluation was done using the OASIS 2.0 tool (Faverjon *et al.*, à paraître).

OASIS is the acronym for the French translation of “analysis tool for surveillance system”. The OASIS tool was initially developed by a team from the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (Anses) in 2010 (Hendrikx *et al.*, 2011) and adapted to its current version (OASISv2.0) by CIRAD in 2011 (Faverjon *et al.*, à paraître). The OASIS tool allows making a systematic analysis of the functioning and the quality of the surveillance system.

A detailed questionnaire helps to collect all the information needed to describe the functioning of the surveillance system and the results of the surveillance system. The questionnaire is divided in 10 sections: (i) objectives and scope of surveillance; (ii) central institutional organization; (iii) field institutional organization; (iv) diagnostic laboratory; (v) formalization of surveillance procedures; (vi) data management; (vii) coordination and supervision of the network; (viii) training; (ix) restitution and diffusion of information; (x) evaluation and performance indicators.

Then the answers to the questionnaire are used to score 75 criteria with the help of a scoring guide. When each criterion has a score, the different criteria are combined and pondered to produce three outputs:

- The output 1 gives the satisfaction level of each criterion. It gives indications about the functioning and the global situation of the surveillance system;
- The output 2 indicates the critical points of the surveillance system;
- The output 3 gives the scores of the quality indicators.

With these three outputs, the evaluator can evaluate the strengths and the weaknesses of the surveillance system and gives recommendations to improve it.

Salmonella enterica serovar Dublin (*S. Dublin*) is a cattle specific pathogen (Selander *et al.*, 1992) but other species, including humans, can be infected as well (Fierer, 1983; Hoelzer *et al.*, 2011; Yim *et al.*, 2014). *S. Dublin* infection is rare in humans but causes serious illness (Fang et Fierer, 1991). There is a control of this bacterium at the national level in Sweden (Anonyme, 1999) and at the European level (Commission européenne, 1995).

A recent study has shown that the prevalence of *S. Dublin* in dairy cattle in Sweden in 2013 was around 1% (Ågren, 2014).

The objective of this evaluation was to identify the strengths and the weaknesses of the surveillance system currently in place for *S. Dublin* in cattle, with the goal of providing recommendations to improve it.

II. Salmonella Dublin surveillance system in dairy cattle in Sweden

The current *S. Dublin* surveillance system considers all the steps of the food chain (including illness in humans) (Sternberg Lewerin *et al.*, 2011). At the head of the salmonella surveillance system, the Salmonella Board involves all central authorities concerned (public health, board of agriculture for all species, national food agency) (Figure 1). In the evaluation, we focused on the *S. Dublin* surveillance system in dairy cattle (Figure 2).

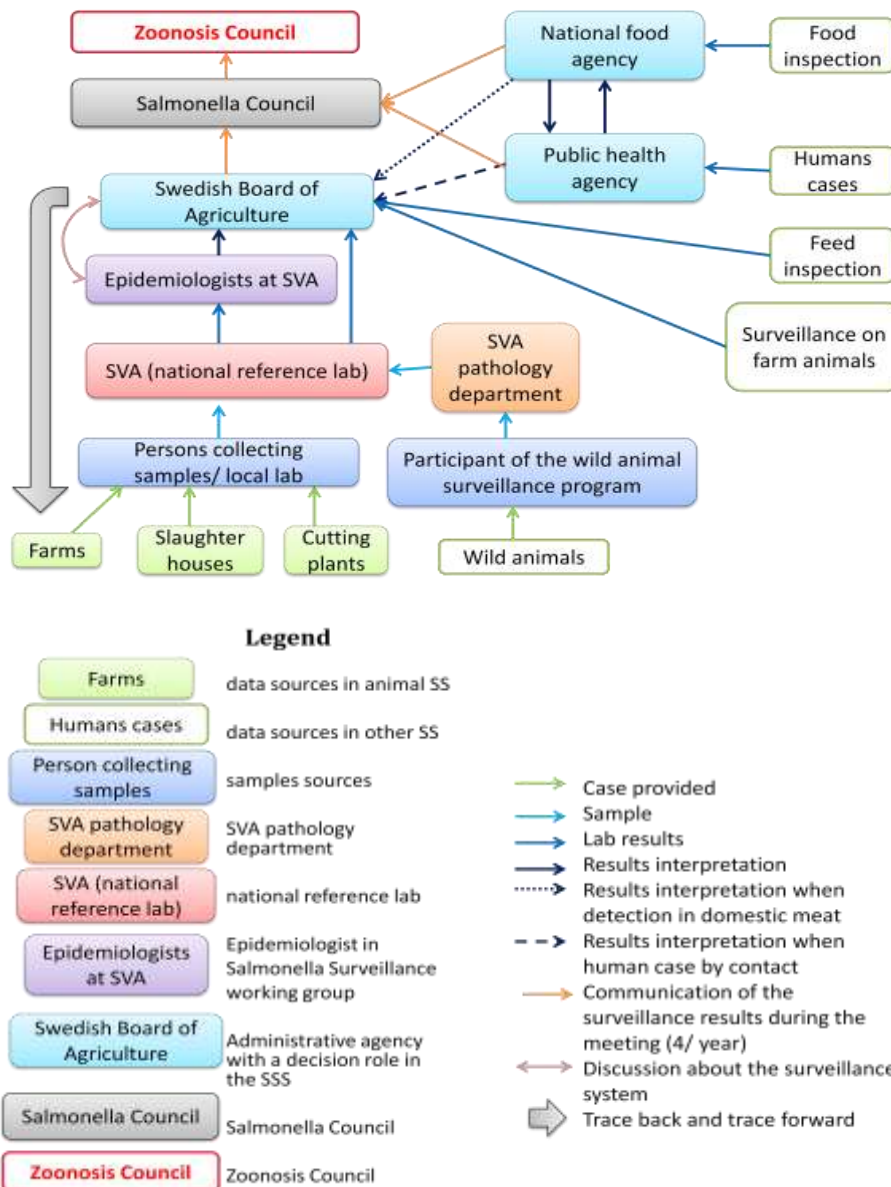


Figure 10: Flowchart of the place of *Salmonella Dublin* surveillance in cattle in the *Salmonella* surveillance in Sweden

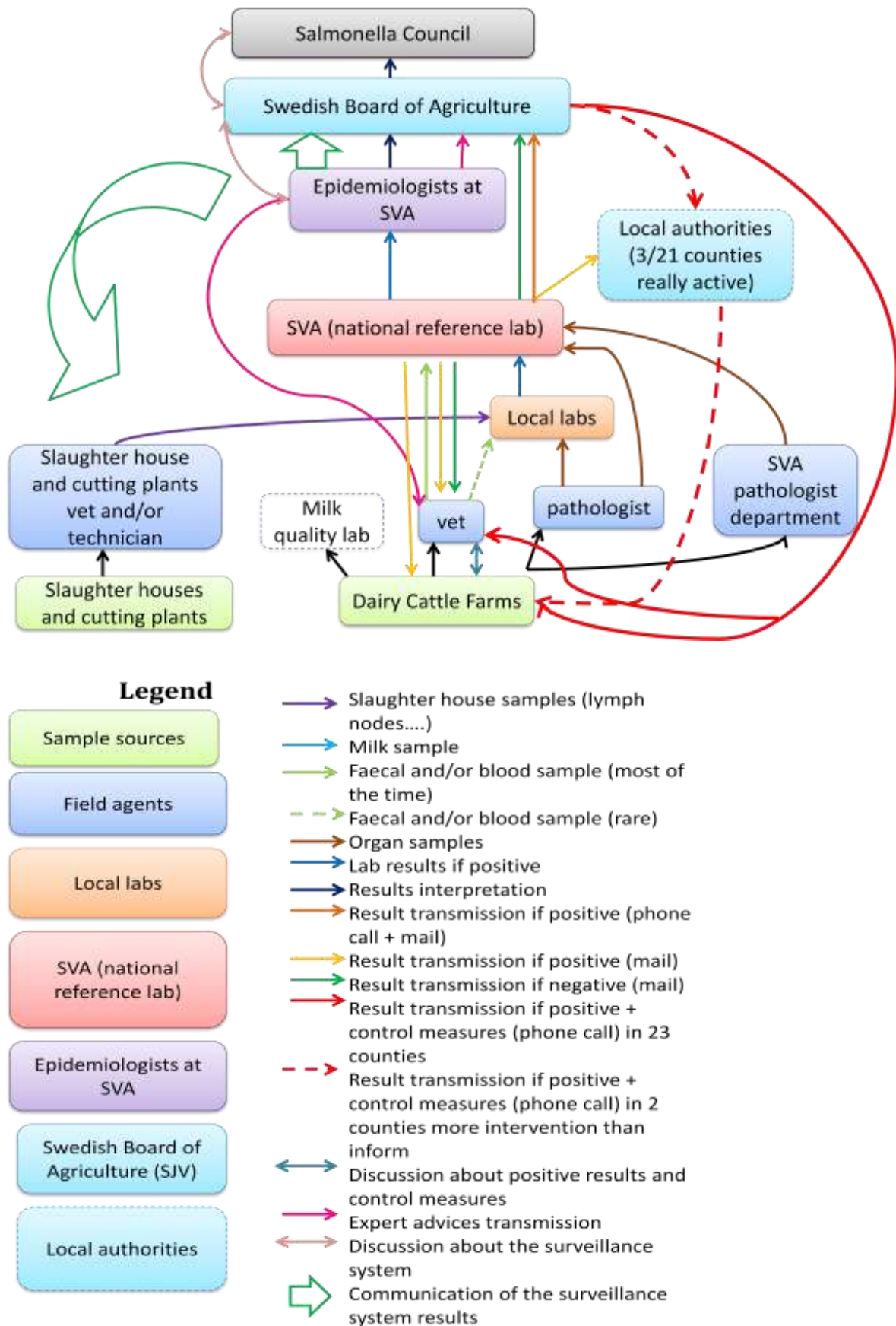


Figure 11: Flowchart of the S. Dublin surveillance system in dairy cattle in Sweden

The S. Dublin surveillance system in dairy cattle is composed by four components:

- Three under the national legislation:
 - × Passive surveillance based on clinical signs: the field agents are the farmers who call the vet or the vet who recognize the clinical signs during a farm visit. If he suspects salmonella, the vet has to make appropriate fecal samples and to send it to the SVA bacteriology department.
 - × Passive and active surveillance based on the necropsy: the first field agents are the farmers who bring or send their dead animals to a necropsy laboratory. The second field agent is the pathologist at the necropsy laboratory who takes a sample for the research of salmonella on a dead animal. The surveillance is passive if the animal is older than 6 months old because, in this case, the pathologist decides if he takes a sample for salmonella or not according to the necropsy signs. The surveillance is active if the dead animal is a calf younger than 6 months old because, in this case, the pathologist has to take a sample for the research of salmonella.
- One under the European legislation:
 - × Prevalence estimation of the S. Dublin in Sweden through samples (lymph nodes and muscles) at the slaughter house and the cutting plants. As the detection of the bacteria in the lymph node can lead to an infected farm, the active sampling of lymph node is considered as a part of the surveillance system (which is not the case for the muscles samples). In this component, the field agent is the technician or the vet of the slaughter house.

There are two other ways to detect an infected herd:

- × The trace back and trace forward after a confirmed contamination in food or feed, or a human case, or other herd infected is a possibility to detect an infected herd.
- × Some farmers are part of a blood sampling programme for salmonella before selling or purchase.

These samples are sent to the bacteriology department of the Swedish National Veterinary Institute (SVA) which is the national reference laboratory for Salmonella. According to the results, SVA informs the Swedish Board of Agriculture (SJV) who puts restriction measures in place on the infected farm (Figure 2).

The surveillance system for other Salmonella than Dublin (i.e. Typhimurium) is the same surveillance system of course. For the same sample, several tests are done and one of them is specific for S. Dublin. We consider the surveillance system with the S. Dublin specific test in this evaluation.

In this surveillance system, the epidemiological unit is the herd. A suspect case is a herd which had blood samples positive (serological test) for S. Dublin and who wait for the result of the fecal samples (bacteriological test). An infected herd is a herd which had a positive result on a fecal sample (bacteriological test).

The aim of the current S. Dublin surveillance system is to detect all cases. Any suspicion of the disease has to be followed by samples taken on the suspect animal/herd.

III. Evaluation method

The OASISTrop questionnaire was filled in together with six persons working at the SVA, according to their domain of expertise: institutional organization, field institutional organization, field agents work, laboratory, data analysis, evaluation et communication. During this evaluation it was not possible to meet field agents for practical reasons so their opinion on the system is not captured. This bias will be discussed later. One of the epidemiologists at SVA who was a veterinarian in a farm animal practice for the previous 10

years answered the questions for the veterinarians in farm animal practice. Most of the persons were interviewed directly face to face in individual interviews, but one of them was not at the SVA during the evaluation period and was reached by mail.

When all the questions (apart from those mentioned above) were completed, the questionnaire was used to fill in the scoring grid with the help of the scoring guide. The scoring grid gave three outputs: operational and general situation of the surveillance system (Output 1), critical control points (Output 2;(Dufour, 1999)) and performance attributes (Output 3,(CDC, 2001)).

IV. Results

A Output 1: satisfaction level of the operational organisation of the surveillance system

This output represents the satisfaction level of each section according to scoring criteria comparing the SS under evaluation against a “gold standard” SS process organisation (based on Hendrikx & Dufour. definition and expert opinion validation) (Dufour et Hendrikx, 2009). As the surveillance system is compared to a “gold standard”, we consider that when the satisfaction level score is more than 50% there is only few weaknesses in this criterion which don't cause problems for the surveillance system. But when the scoring level is less than 50%, it means that the criterion has major weaknesses which have to be considered in the aim to improve the surveillance system.











Sections	Result of evaluation per each section	Percentage of satisfaction
Section 1: Objectives and context of surveillance		92%
Section 2: Central institutional organization		47%
Section 3: Field institutional organization		83%
Section 4 : Laboratory		79%
Section 5: Surveillance tools		62%
Section 6: Surveillance procedures		67%
Section 7: Data management		81%
Section 8 : Training		20%
Section 9 : Communication		89%
Section 10 : Evaluation		33%

Figure 12: Strengths and weaknesses of the surveillance system process, results of OASIS Output 1

Section 1: objectives and context of surveillance

This section is one of the strengths of the surveillance system (92% satisfaction). The objectives are relevant, detailed, take into account the partners' expectations and are coherent. Only the level of description of the objective is not complete but sufficient to understand them (Table 1,1.B).

Table 1: Ranking of the scoring criteria for section 1, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
1.B Level of detail, accuracy, and formalization of objectives	2	The objectives appear in an official document and the level of description is not really sufficient but it's possible to understand the objectives
1.A Relevance of surveillance objectives	3	The surveillance objectives are relevant and in accordance with the context of the disease
1.C Taking partners' expectations into account	3	All the partners expectations are identified and are considered in the surveillance objectives
1.D Coherence of the diseases under surveillance with the sanitary situation (existing/exotic diseases or threats)	3	The disease under surveillance is endemic and have important consequences for economy and public health
Total	11	
over	12	

Section 2: central institutional organization

The medium score for this section (47%) is due to the fact that committees defined under OASISTrop gold standard organisation (central unit, steering committee and scientific and technical committee) exists but are not formalised.

However it appears that the coordination of the surveillance system works well but in a different way than the one proposed by OASISTrop. The responsibilities of the different stakeholders are clear for them (they know who decides, who gives technical and scientific advices, who manages the surveillance system).

Nonetheless, there is a lack of official documents to describe the functioning of the surveillance system and the relations between the different partners in the aim to provide a joint vision of the control of the disease (Table 2, 2.D).

Table 2: Ranking of the scoring criteria for the section 2, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
2.E Frequency of meetings of the central coordinating body	0	There is no meeting of coordination.
2.D Organization and operations of the system laid down in regulations, a charter, or a convention established between the partners	1	There is an official document on the functioning of the system which is not complete and doesn't concern all the partners
2.C Existence of a scientific and technical committee for the system	1	There is no formal technical and scientific committee. The scientific and technical committee is operational and its members meet regularly. Its composition doesn't appear in an official document and its role is not defined.
2.A Existence of an operational management structure (central unit)	1.5	There is no formal central unit. The central unit is operational and the number of workers in the central unit is sufficient. The number of workers are all in

		part time, the composition of the central unit doesn't appear in an official document and its activities are not listed in an official document
2.B Existence of an operational steering structure that is representative of the partners (steering committee)	2	The is no formal steering committee The steering committee is operational and its members meet regularly. All the partners are not represented in the steering committee.
2.G Adequacy of the central level's material and financial resources	3	The material and financial resources of the central unit steering committee and technical and scientific committee are sufficient.
2.F Supervision of intermediary units by the central level	NA	
	Total	8.5
	over	18

Section 3: Field institutional organisation

The section presents no problem (83%). Indeed, the field agents' coverage of the dairy bovine herds population is representative of this population and the material and financial resources are adequate at the field level (Table 3).

Table 3: Ranking of the scoring criteria of the section 3, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
3.G Exhaustiveness or representativeness of the field agents' coverage of the target population	2	The population under surveillance is mostly representative and the number of field agents is adequate.
3.H Adequacy of material and financial resources at the field level	3	The material, financial and human resources are considered as sufficient.
3.A Existence of formal intermediary units covering the entire territory	NA	
3.B Active role of intermediary units in the functioning of the system (validation, management, feedback)	NA	
3.C Implementation of supervision by the intermediary level	NA	
3.D Harmonization of intermediary units' activities	NA	
3.E Adequacy of material and financial resources of intermediary units	NA	
3.F Existence of coordination meetings at the intermediate level	NA	
	Total	5
	over	6

Section 4: Laboratory

This section is one of the strengths of the surveillance system (79%). The adequacy of human and financial resources, the quality assurance for the tests, the relevance of diagnostic techniques, the control of laboratory reagents, the technical level of data management and the quality of results delivered are very close to the ones expected for a "gold standard" surveillance system's laboratory. Only analysis deadlines at the laboratory and an investigation team for the surveillance (and not only for the intervention) are absent (Table 4, 4L & 4F).

Table 4: Ranking of the scoring criteria of the section 4, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
4.L Analysis deadlines at the laboratory (formalization, standardization, verification, transfer of results to the central unit)	0	There is no deadline defined.
4.F Existence of an investigation team to support field agents	1	An investigation team exists an investigation team but only to support the vet and the farmer if a infected case is detected.
4.I Specificity of diagnostic techniques	2	The specificity of diagnostic tests is above 95%.
4.H Sensitivity of diagnostic techniques	2	The sensitivity of diagnostic tests is above 95%.
4.A Effective integration of laboratories in the surveillance system	2	The role of the laboratory is defined in an official document and the laboratory is integrated into the operations and organization of the surveillance but the role is minor
4.E Proportion of tests submitted to inter-laboratory trials	3	100% of the tests are submitted to inter-laboratory trials.
4.G Relevance of diagnostic techniques	3	The diagnostic techniques are adapted to the field and to the disease.
4.D Quality of the standardization of work between different laboratories	3	Laboratories participate in inter-laboratory trials.
4.C Application of Quality Assurance for the tests undertaken	3	The laboratory applies quality assurance for the tests.
4.J Control of laboratory reagents	3	The laboratory does batch to batch control.
4.K Technical level of data management at the laboratory	3	The laboratory use a database on informatics system and the loss of data is rare.
4.B Adequacy of human, material, and financial resources for diagnostic needs	3	The material, financial and human resources are considered as sufficient.
4.M Quality of results delivered	3	The format of the results delivered by the laboratory is clear and accurate.
	Total	31
	Over	39

Section 5: Surveillance tool

The score for this section (62%) is explained by the absence of a suspicion form and the lack of full written procedures for samples collection and of the surveillance protocol. Moreover, the consequences of a suspicion are considered as major consequences for the field agents (Table 5). The lack of suspicion form is compensated by the presences of sampling forms which are automatically filled in for each suspicion.

Table 5: Ranking of the scoring criteria of the section 5, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
5.G Quality of the filling out of investigation forms	0	There is no suspicion form.
5.I Standardization of collected samples	0	There is no full written procedure for the sample collection.
5.N Acceptability of the consequences of a suspicion or case for the source or collector of data	1	The consequences of a suspicion case are considered as minor consequences in the OASIS questionnaire but it is a big issue in this surveillance system according to the central level.
5.L Simplicity of the notification procedure	1	The sampling form is easily accessible. There are no suspicion forms.

5.A Existence of a formalized surveillance protocol for each disease or threat under surveillance	1	Less than half items are considered by the surveillance protocol.
5.K Respect of the interval between the detection of a case or threat and the delivery of results	2	A majority of samples are arriving at the laboratory in the time set.
5.F Simplicity of the case or threat definition	2	The case definition is judged overall very simple.
5.B Standardization of data collected	2	The case definition and the list of sampling appear in an official document. There are no suspicion forms.
5.D Sensitivity of the case or threat definition	2	The sensitivity of the case definition is good.
5.J Quality of samples collected	3	All samples are considered suitable for analysis on their arrival at the laboratory.
5.H Relevance of collected samples	3	Collected samples are adapted to the field conditions, to the disease situation, to the objectives of surveillance and to the laboratory tests.
5.E Specificity of the case or threat definition	3	The specificity of the case definition is very good.
5.M Simplicity of the data collection procedure	3	Samples are easy to take and easily accessible. The sampling material is easy to use and easily accessible.
5.C Relevance of measurement tools (excluding laboratory tools)	3	Measuring tools are adapted to the field conditions, to the disease situation and the objectives of the surveillance.
	Total	26
	Over	42

Section 6: surveillance procedures

The score of this section shows only few weaknesses (62%). The strengths of this section are the appropriateness of surveillance procedures with the system's objectives, the relevance and suitability of active surveillance protocols and level of satisfaction of active surveillance completeness rate. The weakness of this section is the lack of representativeness of the population under active surveillance.

The active surveillance in the current surveillance system includes the active surveillance at the necropsy and the surveillance in slaughter houses. The sampling is representative for the surveillance in slaughter houses which is randomly made and not risk-based. The active surveillance at the necropsy which is the obligation to take a sample to test for S. Dublin from all dead calves younger than 6 months of age is risk-based because of the age set as higher risk. The lack of representativeness for this component is due to the fact that for the active surveillance at the necropsy, the areas near to the necropsy laboratories are more represented than the areas far from these laboratories showing that farmers living close to such facilities are more likely to bring in calves than those living further away. Indeed if the sampling and the laboratory sampling is free for the farmer, the farmer has to pay the transport for the dead calves. In the meantime, it is possible that farmers from high prevalence areas, who are more aware of the disease than other farmers, do not bring their dead calves to the necropsy because they are afraid of possible restriction measures in case of positive findings. Whereas farmers from low prevalence areas might be less worried of this disease and would bring their calves anyway. Therefore it is highly possible that the high prevalence areas are less represented than the low prevalence areas.

Most of the detected S. Dublin infected herds are detected through active surveillance at the necropsy (1 in 2013, 1 in 2012, 2 in 2011) and trace back trace forward while there has been no infected herd detected with the surveillance in slaughter houses during this year. The impact of the active surveillance at the necropsy on the number of infected unit detected by

the surveillance system is more important than the impact of the surveillance in slaughter houses. That is why the evaluator decided to put more weight on the active surveillance at the necropsy for the representativeness of the active surveillance than the surveillance in slaughter houses.

Table 6: Ranking of the scoring criteria of the section 6, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
6.G Representativeness of the populations targeted by sampling in active (planned) surveillance	0	The active sampling of calves at the necropsy is not exhaustive.
6.H Precision of sample under active (planned) surveillance	1	
6.E Surveillance of susceptible wild animals	2	Wild animals are in majority taken in account in the surveillance procedure.
6.C Existence of awareness building programs for data sources in a passive (event-based) network	2	It exists awareness building meetings and individual awareness building for livestock owners. There are indemnities for data source only if a case is positive (=intervention indemnities and not surveillance indemnities). There is no communication in the media.
6.D Relevance and suitability of active (planned) surveillance protocols	3	The number of field agents in charge of the active surveillance is adequate and active surveillance protocols fully meet the objectives of system.
6.I Level of satisfaction of active (planned) surveillance completeness rate	3	The completeness rate of active surveillance is above 95%.
6.A Appropriateness of surveillance procedures with the system's objectives	3	All the surveillance means in place answer an objective of the surveillance. All the surveillance objectives are covered by a surveillance protocol.
6.B Existence of passive (event-based) surveillance whose results are exhaustive or representative	NA	
6.F Vector surveillance and control	NA	
	Total	14
	over	21

Section 7: Data management

This section is one of the strengths of the surveillance system (81%). There is regarding data management in this section. Indeed, the data input interval is in accordance with the objectives and the use of the system results; the material and financial resources are adequate for the data management and analysis; the data verification and validation procedures are formalized and operational and the exploitation of the data fits the need of the surveillance system. The only limitation is that no staff is especially dedicated to carry out data entry, management and analysis tasks but this does not seem to affect the performance of the system.

Table 7: Ranking of the scoring criteria of the section 7, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
7.C. Designated staff available and trained in data entry, management and analysis.	1	Individuals (one or several, ideally one per task) are not clearly identified to carry out data entry, management and analysis tasks.
7.A. Adequacy of the data management system for the needs of the system (relational database, etc.)	2	A relational database exists. The majority of the data are in the database.
7.F Complete descriptive processing of data	2	The data analysis is not complete with minor add necessary.
7.B Data input interval in accordance with the objectives and use of system results	3	Delay for data entry is respected or a space of time is compatible with the objectives of the surveillance.
7.D. Adequacy of material and financial resources for data management and analysis	3	Material and financial resources are considered as sufficient.
7.E. Data verification and validation procedures formalized and operational	3	A written procedure exists for the data validation and the quality of validation is good.
7.G. Exploitation of data fits the needs of the system (if possible regular and multi-disciplinary)	3	The qualification of the staff allocated for the data analysis is good.
	Total	17
	Over	21

Section 8: Training

The level of satisfaction for the Training aspect in this surveillance system is very limited (20%). Indeed even though the level of knowledge in epidemiology of the members of the central unit is completely in accordance with the needs of the surveillance system, no training is planned by the surveillance system for field agents. This score can be mitigated because the field agents (veterinarians, milk quality lab technician, slaughter houses technicians, pathologists) have a high initial level of knowledge needed for the functioning of the surveillance system and the samples are not very difficult to take (milk, blood, faeces).

Table 8: Ranking of the scoring criteria of the section 8, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
8.B. Initial training implemented for all field agents when joining the system	0	No training
8.C. Objectives and contents of initial training of system field actors adequate for operational surveillance needs	0	No training
8.D. Regular advanced training	0	No training
8.E. Adequacy of material and financial resources for training	0	No training
8.A. Adequate skill level in epidemiology of members of the central unit	3	Members of the central unit are competent in epidemiology.
	Total	3
	Over	15

Section 9: Communication

Communication is a strength of the surveillance system (89%). Indeed, one report is published every year to presents the results of the national surveillance; the individual test results are always sent back to the field agents; organized communication system exists

between field agents and the material and financial resources are adequate with the need for communication.

Table 9: Ranking of the scoring criteria of the section 9, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
9.D. Systematic return of reports on results to field actors (outside of a bulletin).	2	Assessments in the form of reports, annual meetings, or regular summaries are systematically disseminated to field actors.
9.F. Solid external communication policy	2	A large number of surveillance actors are included in the policy of external communication.
9.A Regular release of reports and scientific articles on surveillance results	3	Reports and scientific articles are released. The frequency is planned by the network and it is in complete accord with the dimensions and needs of the system. This frequency is respected.
9.B. Return of individual test results to field actors	3	There is always a feedback of laboratory results systematically to field actors.
9.E. Presence of a communications system organized transversally and vertically between field actors (mail, web, telephone...)	3	The communication means of the system are adequate and most of the surveillance actors use these means.
9.G. Adequacy of material and financial resources for communication	3	Material and financial resources are considered as sufficient.
9.C. Regular dissemination of a relevant information bulletin	NA	
	Total	16
	Over	18

Section 10: Evaluation

The evaluation aspect is a weakness of the surveillance system (33%). Even if some external evaluation of the surveillance system are implemented every 3 to 4 years (in 2007, 2010 and 2014), there is a lack of performance indicators.

Table 10: Ranking of the scoring criteria of the section 10, Output 1

Scoring criteria	Score	Comments
10.A. System of performance indicators developed and validated by the directors of the network.	0	No performance indicators
10.C. External evaluations carried out	2	External evaluations are carried out. The methodology used is adequate. The frequency is adequate but need to be minor improvement.
10.B. Performance indicators regularly measured, interpreted, and disseminated	NA	
10.D. Implementation of corrective measures	NA	
	Total	2
	Over	

B Output 2: the critical points analysis

The OASIS tool identifies 7 critical points for surveillance system. The hazard analysis critical control point (HACCP) method was used to identify critical points (Dufour,

1999). This method was developed initially to identify and control the risks associated with the production of food. It was adapted to epidemiological surveillance. In the OASIS tool the critical points are:

- Objectives: this point assesses the capacity of the objectives to be coherent and to consider the expectation of the different stakeholders and of the surveillance procedures to be appropriate with the surveillance objectives.
- Sampling: this point assesses the quality of the sampling.
- Animation: this point evaluates the quality of the trainings and the awareness meetings for field agents and the organisation of the surveillance system.
- Tools: this point assesses the quality of the collection, testing, analyse of the samples i.e. the quality of the laboratory to be efficient in the surveillance system.
- Collection and circulation of data: this point assesses the quality of the samples and results collection and the system communication.
- Processing and interpretation: this point assesses the quality of the data management.
- Diffusion: and information: this point assesses the quality of the communication of the results.

The scoring criteria considered for the different critical points are presented in annex 2.

The [Figure 13](#) shows that the critical point in this surveillance system is the animation. The sampling and the collection and circulation of data can be improved while the objectives, the tools, the processing and interpretation and the dissemination of information have good scores.

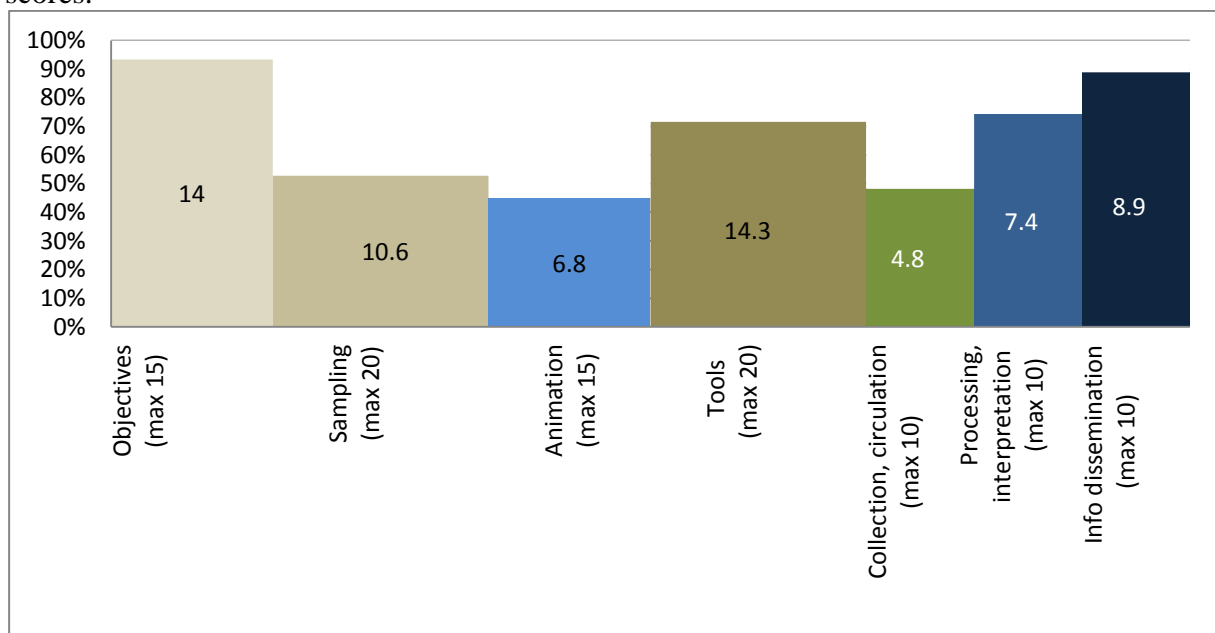


Figure 13: Critical control point assessment of the S. Dublin surveillance system in Sweden (OASISTrop Output 2)

C Output 3: quality indicators

Output 3 highlight that the Swedish S. Dublin surveillance system has a very low specificity (53%) and flexibility (30%) ([Figure 14](#)). However, under a surveillance objective of case finding, the specificity and the flexibility of the system process are not essential attributes. Indeed high sensitivity is required and is always a trade off with specificity. The low level of specificity will however have an impact on the cost of the system with the testing and processing of false positives. This system will require a high level of sensitivity to meet its objective (case finding for control and eradication), however, this evaluation highlights that

the system process sensitivity is quite low (71%) (Figure 14). This will definitely impact the performance of the system.

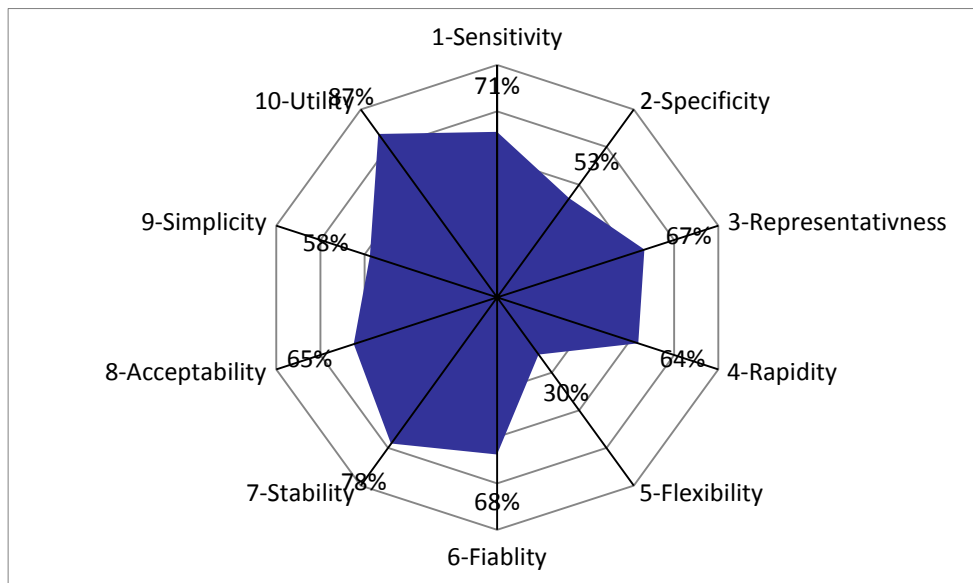


Figure 14: Qualitative assessment of Sweden S. Dublin salmonella surveillance system performance and functional attributes (OASISTrop Output 3)

V. Discussion

The output 1 shows that the S. Dublin surveillance system in dairy cattle in Sweden has a lot of strengths such as the clear objectives, the data management and the communication. But it has also some weaknesses. Some changes can be implemented to improve the surveillance system and turn these weaknesses into strengths.

The weaknesses of the surveillance system are:

- 1- The lack of acceptability of the consequences of a suspicion
- 2- The absence of performance indicators and internal evaluation of the system.
- 3- The absence of trainings
- 4- The lack of representativeness of the active sampling at the necropsy
- 5- The lack of official documents to describe all the functioning of the surveillance system (from the institutional organisation to the sampling procedures)

The acceptability of the consequences of a suspicion is considered as very low by the central level because, even if the restrictions measures are considered as minor consequences by the OASIS tool, they are considered as major consequences by farmers. A way to improve the acceptability would be involving the farmers in the surveillance through more communication and awareness meetings. The trainings can also help to involve the field agents in the surveillance system.

The evaluation of the surveillance system is the third point to improve. This external evaluation highlighted the lack of internal evaluation of the surveillance system as a concern. Ideally, performance indicators would be developed and validated by the coordinator of the surveillance system and measured by the stakeholder identified for this task. The evaluation process is the best way to identify problems in the surveillance system in a timely manner to allow for corrective actions. Without such indicators, some issues might not arise in the everyday process of the surveillance system.

Even though the competence levels of the agents is considered very high, trainings are really useful to refresh knowledge and to involve the different surveillance actors in the

surveillance system. It could be a good way to improve the acceptability of the surveillance system by the stakeholders and field agents and in the meantime to improve its effectiveness. And the improvement of the acceptability would help to improve the representativeness of the surveillance component of active sampling at the necropsy. Indeed, if the farmers get more information on the benefits of eradication of the S. Dublin in Sweden, they will maybe participate more in the surveillance. It would also improve the passive surveillance. For clinical based surveillance, trained veterinarians would request salmonella testing more frequently than unaware vets. In the mean time, as the communication of the surveillance system is very good, the trainings are maybe not the first point to improve.

The lack of representativeness of the active surveillance will be soon improved with the addition of the bulk milk sampling component. In order to tackle this lack of representativeness, the technical experts are planning to add an additional active surveillance component.

The lack of official documents in all steps of the surveillance system (from the institutional organisation to the sampling procedures) could be considered for improvement. The surveillance system is currently working without it, but it might improve the stability of the surveillance system to have official documents to describe the functioning of the surveillance system.

References:

- ÅGREN E. Tankmjölkscreening avseende antikroppar mot salmonellainfektion Resultatredovisning. No. SVA Dnr 976/2012. 2014, SVA, Uppsala, Sweden.
- ANONYME. Svensk författningssamling 1999:658 Zoonoslag (1999:658) - riksdagen.se [En ligne]. 1999,. [http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Lagar/Svenskforfattningssamling/Zoonoslag-1999658_sfs-1999-658/] (consulté le 12/2/15).
- CDC. Updated Guidelins for Evaluating Public Health Surveillance systems: recommendations from the guidelines working group. No. MMWR 2001;50(No. RR-13). 2001, Center for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA.
- COMMISSION EUROPÉENNE. *DECISION DE LA COMMISSION du 23 février 1995 portant approbation du programme opérationnel relatif au contrôle des salmonelles pour certains animaux vivants et produits animaux présenté par la Suède, 95/50/CE.* 1995,.
- DUFOUR B. Tehnical and economic evaluation method for use in improving infectious animal disease surveillance networks. *Vet. Res., Inra/Elsevier.* 1999, 27- 37.
- DUFOUR B, HENDRIKX P. *Epidemiological surveillance in animal health*, 2nd ed. 2009, OIE, 386 p.
- FANG F, FIERER J. Human Infection with Salmonella-Dublin. *Medicine (Baltimore).* 1991, **70**, 198- 207.
- FAVERJON C, MINODIER L, GOUTARD F, SINTHASAK S, PATHAMMAVONG S, DOUANGNGNEUM B, et al. OASISTrop: an assessment tool for surveillance systems in animal health and food safety in the least developed countries. à paraître,.
- FIERER J. Invasive Salmonella dublin Infections Associated With Drinking Raw Milk. *West. J. Med.*. 1983, **138**, 665- 669.
- HENDRIKX P, GAY E, CHAZEL M, MOUTOU F, DANAN C, RICHOMME C, et al. OASIS: an assessment tool of epidemiological surveillance systems in animal health and food safety. *Epidemiol. Infect., Cambridge University Press* 2011. 2011, 11.
- HOELZER K, SWITT AIM, WIEDMANN M. Animal contact as a source of human nontyphoidal salmonellosis. *Vet. Res.*. 2011, **42**, 34.
- SELANDER RK, SMITH NH, LI J, BELTRAN P, FERRIS KE, KOPECKO DJ, et al. Molecular evolutionary genetics of the cattle-adapted serovar Salmonella dublin.. *J. Bacteriol.*. 1992, **174**, 3587- 3592.
- STERNBERG LEWERIN S, SKOG L, FRÖSSLING J, WAHLSTRÖM H. Geographical distribution of salmonella infected pig, cattle and sheep herds in Sweden 1993-2010. *Acta Vet. Scand.*. 2011, **53**, 51.
- YIM L, SASÍAS S, MARTÍNEZ A, BETANCOR L, ESTEVEZ V, SCAVONE P, et al. Repression of Flagella Is a Common Trait in Field Isolates of Salmonella enterica Serovar Dublin and Is Associated with Invasive Human Infections. *Infect. Immun.*. 2014, **82**, 1465- 1476.