



anses

Modification du plan d'échantillonnage dans les élevages de poules pondeuses

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Juin 2025

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 5 juin 2025

AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à la « modification du plan d'échantillonnage dans les élevages de poules pondeuses »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux, l'évaluation des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des aliments et, en évaluant l'impact des produits réglementés, la protection de l'environnement.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du Code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 03 mars 2023 par la Direction générale de l'alimentation (DGAI) pour la réalisation de l'expertise suivante : modification du plan d'échantillonnage dans les élevages de poules pondeuses.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

La salmonellose est la deuxième zoonose bactérienne d'origine alimentaire recensée dans l'Union européenne (UE) avec plus de 77 000 cas signalés en 2023, soit une hausse de 16,9 % par rapport à 2022.

Au cours des dernières années, plusieurs épidémies de salmonelloses liées à consommation d'œufs ou d'ovoproduits ont été décrites en Europe. Le sérotype impliqué était principalement *Salmonella* Enteritidis. En France, pour les années 2016 à 2021, les salmonelles étaient impliquées dans 36 % des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) à agent pathogène confirmé¹. Les œufs et préparations à base d'œufs ainsi que les viandes de volailles étaient

¹ TIAC pour lesquelles l'agent pathogène a été isolé dans un échantillon d'origine humaine ou dans les aliments consommés par les malades.

impliqués dans respectivement 46 % et 7 % des TIAC à salmonelles pour lesquelles l'aliment était connu (n = 653)².

Au niveau européen, le règlement (CE) n° 2160/2003 visant le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques de la chaîne alimentaire dans l'UE décrit les exigences minimales de surveillance des salmonelles du groupe 1 dans les troupeaux de poules pondeuses de l'espèce *Gallus gallus* (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et son variant monophasique 1,4,[5],12:i:-). En France, la déclinaison de ce programme de lutte chez les volailles de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation, est définie dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023.

Depuis 2020, la situation sanitaire de la filière ponte d'œufs de consommation ciblée par le programme de lutte, s'est dégradée vis-à-vis des infections aux salmonelles du groupe 1, avec une situation au-dessus de l'objectif de prévalence communautaire de 2 %, et qui s'en éloigne compte tenu de la nette augmentation observée. Pour remédier à cette situation, la DGAI a engagé des travaux en 2022 avec l'ensemble des représentants de la filière avicole, afin de faire évoluer les plans de lutte et notamment les modalités de dépistage. A cet égard, l'arrêté ministériel du 27 février 2023 prévoit, dans les élevages de poules pondeuses, un dépistage obligatoire des salmonelles du groupe 1 toutes les 15 semaines. Ce dépistage est composé d'un prélèvement composite de fientes auquel s'ajoutent des prélèvements d'environnement qui consistent à récupérer de la poussière issue de l'environnement d'élevage, en employant une ou plusieurs chiffonnette(s) passée(s) sur les surfaces du bâtiment. Or, le plan d'échantillonnage, tel que défini dans la réglementation européenne (Annexe I du règlement (UE) n° 517/2011), prévoit uniquement la réalisation de prélèvements de fientes par les États – membres (EM). Le recours à des prélèvements d'environnement supplémentaires tel que défini dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023, est régulièrement remis en cause par les professionnels de la filière avicole en France, au motif que ces prélèvements ne refléteraient pas d'une part, l'état sanitaire du troupeau, et d'autre part qu'ils induiraient une distorsion de concurrence vis-à-vis des professionnels des autres EM.

Dans ce contexte, l'Anses a été saisie par la DGAI pour répondre aux questions suivantes :

- 1- « les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage, permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ? »
- 2- « la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ? » ;
- 3- et si non³, « définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place ; »
- 4- « si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ? ».

² Seules les TIAC pour lesquelles l'aliment est renseigné dans la base de données de Santé publique France, ont été considérées. L'aliment peut être confirmé ou suspecté.

³ Correction du texte initial de saisine suite à l'identification d'une erreur typographique dans la troisième question de la saisine.

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

2.1. Expertise collective

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Janvier 2024) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Santé et Bien-être des animaux » (SABA).

L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail (GT) « Salmopondeuses » rattaché au CES SABA. Les travaux d'expertise du GT ont été soumis au CES SABA tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, entre le 03 juillet 2024 et le 29 avril 2025. Ils ont été adoptés par le CES SABA le 29 avril 2025 après passage devant le CES « Risques biologiques dans les aliments » (BIORISK) le 25 février et 26 mars 2025.

Certains membres d'un groupe d'appui méthodologique (GAM) en évaluation quantitative des risques rattaché au CES SABA ont été également consultés pour orienter le GT sur des choix méthodologiques dans le cadre des travaux de modélisation conduits pour répondre à la deuxième question de la saisine.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2.2. Moyens mis en œuvre

2.2.1. Recherche bibliographique

Afin de répondre aux questions 1 et 3 de la saisine, les experts se sont fondés sur les données issues de la littérature scientifique. Pour cela, une recherche bibliographique approfondie a été conduite par les experts. La démarche complète est détaillée dans la partie 1.3.3.3 du rapport.

2.2.2. Collecte et traitement des données

▪ Données de dépistage de *Salmonella*

Afin de répondre à la question 2 de la saisine, les experts ont mis au point une étude de modélisation, en s'appuyant sur le modèle développé par Mahé et al. (2008)⁴. À ce titre, les experts avaient besoin d'un accès aux résultats des dépistages réalisés dans le cadre du programme national de lutte contre les salmonelles dans les filières avicoles. Ces données ont été transmises à l'Anses par la DGAI sous forme non agrégée, à travers la plateforme d'épidémiologie en santé animale (ESA), pour les années 2013 à 2023.

⁴ Mahé, A., S. Bougeard, A. Huneau-Salaün, S. Le Bouquin, I. Petetin, S. Rouxel, F. Lalande, P.A. Beloeil, et N. Rose. « Bayesian Estimation of Flock-Level Sensitivity of Detection of *Salmonella* spp., Enteritidis and Typhimurium According to the Sampling Procedure in French Laying-Hen Houses ». Preventive Veterinary Medicine 84, no 1-2 (avril 2008): 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.10.003>

Des résultats de prélèvements de fientes et de chiffonnettes réalisés dans le cadre de contrôle de *Salmonella* dans des élevages de poules pondeuses en France ont été également transmis à l'Anses par le Comité national pour la promotion de l'œuf (CNPO).

- Consultation des parties prenantes

La DGAI a transmis au début de l'expertise, la liste des organisations professionnelles qui ont participé aux discussions pour la rédaction de la saisine (interprofessions, instituts techniques, représentants agricoles) en vue de leur potentielle audition par les experts. L'ensemble de ces organisations a été sollicité pour une audition. La liste des personnes qui ont accepté d'être auditionnées ou de contribuer par écrit figure au début du rapport.

- Sollicitation des points focaux⁵

Les experts ont souhaité recueillir des informations supplémentaires en lien avec les pratiques de dépistage des salmonelles appliquées dans les EM. Une requête composée de quatre questions, a donc été transmise aux EM à travers les « points focaux Efsa » par celui situé en France, au sein de l'Anses. Le réseau des points focaux est composé de membres issus des 27 EM de l'UE, plus l'Islande et la Norvège, ainsi que d'observateurs représentant la Suisse, le Royaume Uni et les pays candidats à l'UE. Les points focaux contribuent à l'échange d'informations scientifiques, notamment par les requêtes multilatérales, permettant ainsi la diffusion de questions techniques spécifiques émanant d'un point focal national d'un EM vers les homologues des autres EM. Les réponses ont permis de nourrir les réflexions des experts tout au long de l'expertise collective. Elles sont compilées sous forme de tableaux disponibles dans l'Annexe 4 du rapport.

- Prise en compte des incertitudes

Les principales sources d'incertitudes liées à l'expertise ont été identifiées, en se fondant sur la typologie et les recommandations du GT de l'Anses « Méthodologie en évaluation des risques » (GT MER). Elles ont été répertoriées et analysées dans la partie 6 du rapport d'expertise.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU CES SABA ET DU GT SALMOPONDEUSES

Le CES SABA et le GT Salmopondeuses rappellent que le présent avis est associé à un rapport d'expertise collective qui développe l'ensemble de l'argumentaire des réponses aux questions posées dans la saisine.

Les experts ont rappelé, en préambule du rapport, les définitions de quelques termes clés pour améliorer la compréhension du document. Ci - dessous quelques définitions utiles à la bonne compréhension de l'avis :

- chiffonnette : « support de prélèvement constitué d'une pièce de matériau de type non tissé, d'une surface totale d'au minimum 900 centimètres carrés, imbibé de liquide stérile et humide au moment de l'emploi » (d'après la définition proposée dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023) ;

⁵ [Focal Point Network | EFSA](#)

- pédichiffonnette : « support de prélèvement constitué de jersey stérile, imbibé de liquide stérile et humide au moment de l'emploi, chaussé pendant au moins 3 minutes et passé sur la longueur totale du lieu d'hébergement pour couvrir le maximum de surface au sol auquel les animaux ont accès, puis replacé dans le contenant d'origine étanche et stérile, avec l'intégralité des matériaux prélevés adhérant au tissu » (d'après la définition proposée dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023) ;

- prélèvement composite de fientes : échantillon de matières fécales qui sont collectées i) soit dans deux pots de 150 g chacun à partir de prélèvements recueillis dans différents endroits du bâtiment d'élevage, qui parviennent en l'état au laboratoire où ils sont analysés sous forme d'un seul échantillon composite, ii) soit à partir de chiffonnettes passées sur les surfaces d'équipements (exemple : tapis à fientes, fonds de cages, etc.) et qui vont permettre de récupérer les fientes adhérentes, soit iii) à partir de paires de chaussettes dites pédichiffonnettes, chaussées et passées sur la longueur totale du lieu d'hébergement pour couvrir le maximum de surface au sol auquel les animaux ont accès. Selon le protocole d'échantillonnage, les chiffonnettes ou pédichiffonnettes contenant les matières fécales sont regroupées dans un seul contenant et constituent un seul échantillon composite pour l'analyse. L'arrêté ministériel du 27 février 2023 précise le ou les type(s) de prélèvements à réaliser, en fonction du mode d'élevage ;

- prélèvement d'environnement : collecte de poussière issue de l'environnement d'un élevage. Celle-ci est réalisée en récupérant le maximum de poussière à l'aide d'une chiffonnette passée sur les surfaces situées à l'intérieur d'un bâtiment d'élevage, autres que celles directement au contact des fèces (exemple : murs, systèmes d'aération, surfaces des systèmes d'abreuvement et d'alimentation, etc.). Cette chiffonnette constitue une prise d'essai pour analyse. Une autre modalité consiste à collecter manuellement (à l'aide d'un gant stérile) une certaine quantité (en g) ou un certain volume (en mL) de poussière dans un contenant stérile.

3.1. Sources d'introduction et de persistance de *Salmonella* dans un élevage de poules pondeuses

Les experts rappellent que le réservoir principal de *Salmonella* est le tractus gastro-intestinal des mammifères (porcs, bovins) et des oiseaux (dont les volailles domestiques). Les poulettes potentiellement infectées, introduites dans un bâtiment d'élevage, constituent ainsi une source de contamination par *Salmonella*. Cependant, en raison de l'écologie et du caractère ubiquitaire de *Salmonella* dans l'environnement, d'autres voies d'entrée sont également envisageables. Les sources possibles d'introduction des salmonelles dans un bâtiment d'élevage sont illustrées dans la Figure 1 ci-dessous :

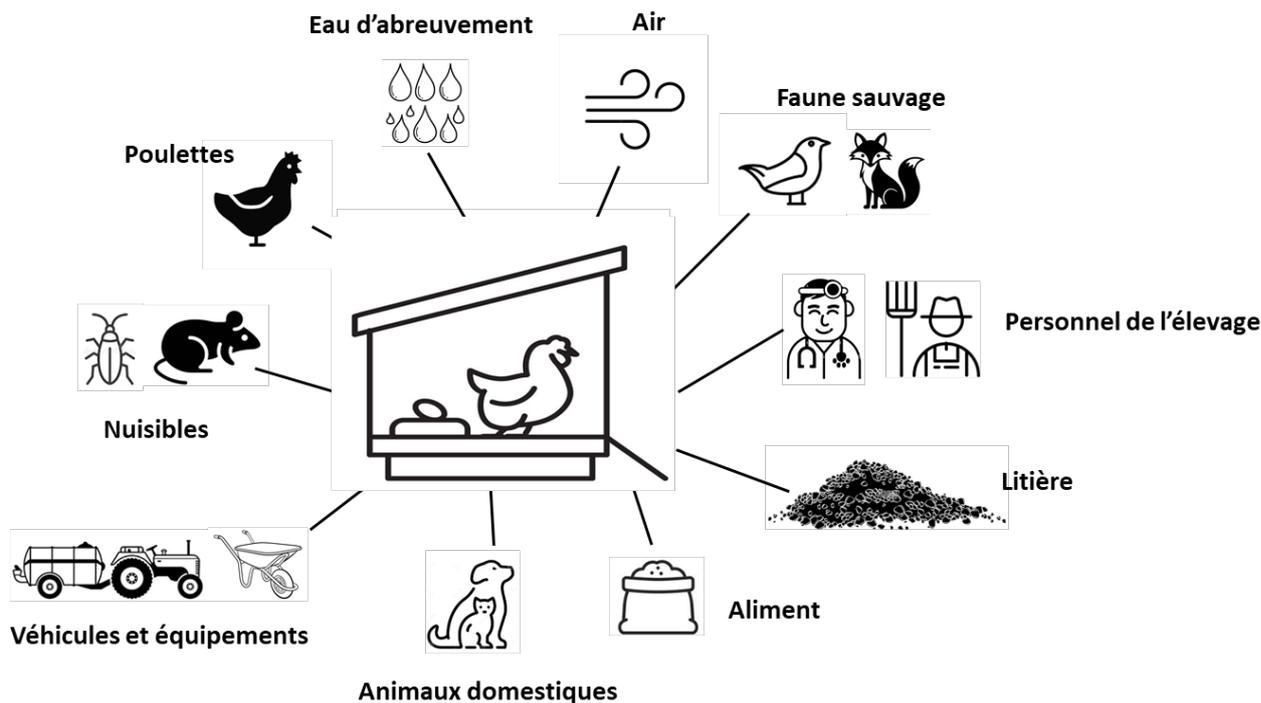


Figure 1 : Sources d'introduction et de persistance de *Salmonella* dans un élevage des poules pondeuses

3.2. Dispositifs de surveillance de *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses

Le règlement (CE) n° 2160/2003 portant sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques de la chaîne alimentaire dans l'UE décrit les exigences minimales de surveillance des salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses. Il est complété par le règlement (UE) n° 2019/268 modifiant le règlement (UE) n° 517/2011, qui détaille le programme de dépistage, notamment en termes de modalités de prélèvements, de fréquence et d'analyse des échantillons.

L'arrêté ministériel du 27 février 2023 relatif à la lutte contre les infections à *Salmonella* en filière œufs de consommation, décline l'organisation de la surveillance des salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses en France, intégrant des exigences spécifiques nationales. Les prélèvements doivent être effectués quatre semaines après la mise en place des poulettes futures pondeuses dans le bâtiment et au plus tard lorsque les poules pondeuses ont 24 semaines d'âge. Les prélèvements sont ensuite espacés de 15 semaines pendant toute la durée de production.

Le Tableau 1 présente les différences entre les dispositions européennes et françaises pour le dépistage obligatoire réalisé par le vétérinaire sanitaire ou son délégataire.

Tableau 1 : dispositions prévues par le règlement (UE) n° 517/2011 modifié par le règlement (UE) n° 2019/268 et dispositions complémentaires de l'arrêté ministériel du 27 février 2023 pour le dépistage obligatoire de *Salmonella*, réalisé par le vétérinaire sanitaire ou son délégataire dans les troupeaux de poules pondeuses d'œufs de consommation (extrait et adapté du Tableau 2 du rapport)

	Règlement (UE) n° 517/2011 modifié par le règlement (UE) n° 2019/268		Arrêté ministériel du 27 février 2023	
	Prélèvements de fientes	Prélèvements d'environnement	Prélèvements de fientes	Prélèvements d'environnement
Elevages en cage	<ul style="list-style-type: none"> ○ deux pots de 150 g chacun de fientes analysés sous forme d'un seul échantillon composite ou, ○ quatre chiffonnettes de fientes analysées sous forme d'un seul échantillon composite. 	Absence de prélèvements	<ul style="list-style-type: none"> ○ deux pots de 150 g chacun de fientes, analysés sous forme d'un seul échantillon composite ou, ○ quatre chiffonnettes de fientes analysées sous forme d'un seul échantillon composite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ une chiffonnette de poussière pour les troupeaux de 1 000 à 20 000 animaux ; ○ deux chiffonnettes de poussière pour les troupeaux de 20 001 à 50 000 animaux ;
Elevages au sol ou en plein-air	<ul style="list-style-type: none"> ○ deux paires de pédichiffonnettes et au moins deux chiffonnettes de fientes. Ces prélèvements sont analysés sous forme d'un seul échantillon composite. 		<ul style="list-style-type: none"> ○ deux paires de pédichiffonnettes analysées sous forme d'un seul échantillon composite ou, ○ une paire de pédichiffonnettes et deux chiffonnettes de fientes. Ces prélèvements sont analysés sous forme d'un seul échantillon composite. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ trois chiffonnettes de poussière pour les troupeaux de 50 001 à 80 000 animaux ; ○ quatre chiffonnettes de poussière pour les troupeaux de plus de 80 000 animaux. <p>Les chiffonnettes sont analysées séparément.</p>

3.3. Réponses aux questions de la saisine

3.3.1. Réponse à la question 1 : les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ?

- Les prélèvements de fientes : un indicateur direct mais peu sensible de la contamination du troupeau

Les experts soulignent que, dans le cas d'une transmission horizontale⁶, la présence de *Salmonella* dans des prélèvements de fientes constitue une preuve directe de l'infection des poules pondeuses.

Plusieurs études bibliographiques conduites sur des troupeaux de poules pondeuses ont montré que l'excrétion des salmonelles dans les fientes se faisait de manière intermittente, les périodes d'excrétion/non excrétion des animaux étaient souvent asynchrones dans un troupeau, pendant

⁶ Transmission de *Salmonella* chez les volailles à travers l'ingestion de bactéries (litière, aliment ou eau contaminés par les salmonelles), mais également à travers la poussière et les aérosols, ce qui permet la colonisation du tractus digestif.

toute la durée de l'étude. Dans ce contexte, il apparaît nécessaire d'augmenter le nombre de prélèvements de fientes afin d'améliorer la probabilité de détection de *Salmonella*. Des données issues de la littérature ont montré que la sensibilité de détection à partir d'échantillons groupés de fientes était plus élevée que celle d'échantillons pris individuellement. En effet, la prévalence au sein de volailles infectés par *Salmonella* étant souvent faible et les niveaux d'excrétion variables d'un individu à un autre, la probabilité de détecter *Salmonella* dans des prélèvements de fientes est augmentée par le regroupement des échantillons.

Une étude de modélisation menée par de Mahé et al. en 2008 a montré que la sensibilité du dispositif de dépistage fondée sur un seul échantillon composite de fientes tel que prévu par la réglementation européenne, serait inférieure à 40 % dans tous les types d'élevages. Dans le cadre du dépistage obligatoire tel qu'appliqué actuellement en France dans un élevage en cage ou au sol, et sous l'hypothèse d'une sensibilité de 40 % pour un prélèvement composite de fientes, les experts estiment qu'il faudrait réaliser au moins cinq prélèvements composites de fientes pour atteindre une sensibilité supérieure à 90 % dans un troupeau infecté. Un autre type de prélèvements paraît intéressant à combiner avec celui des fientes pour améliorer l'évaluation du statut sanitaire du troupeau : il s'agit des prélèvements d'environnement.

■ Apport des prélèvements d'environnement dans le dispositif de dépistage

Un prélèvement d'environnement permet d'évaluer la contamination par *Salmonella* d'un bâtiment d'élevage à travers la détection de cette bactérie sur une ou plusieurs surface(s) à l'intérieur de ce bâtiment. Plusieurs études ont montré que, dès que des volailles infectées commencent à excréter des salmonelles, l'environnement du bâtiment d'élevage (en particulier les sols, les mangeoires, les abreuvoirs, les tapis à œufs, etc.) devenait rapidement contaminé. Ainsi, dans le cas où *Salmonella* est isolée à partir d'un prélèvement d'environnement réalisé dans le milieu de vie des animaux, il existe une forte probabilité que l'origine de cette contamination soit le troupeau. En effet, plusieurs études ont montré qu'il existe un lien phylogénétique entre des résultats positifs en salmonelles obtenus à partir des prélèvements d'environnement et la contamination d'un troupeau. Des études ont également montré qu'il existe une corrélation entre la contamination de l'environnement et celle des coquilles d'œufs destinés à la consommation, ce qui pose un risque majeur en termes de santé publique. À la lumière de ces données, les experts considèrent que les prélèvements d'environnement constituent une preuve indirecte de l'infection d'un troupeau.

Les experts notent également que la présence de salmonelles dans l'environnement de l'élevage augmente le risque d'exposition et d'infection des volailles, ainsi que le risque de contamination des œufs destinés à la consommation. En effet, les salmonelles peuvent survivre pendant des années dans la poussière et être remises en suspension. La contamination par *Salmonella* de l'air ambiant d'élevages de poules pondeuses par le biais de poussières en suspension a été mise en évidence dans plusieurs études. Par conséquent, les experts considèrent que les prélèvements d'environnement constituent un indicateur du risque d'infection d'un troupeau au contact d'un environnement hébergeant des salmonelles. L'analyse de ces prélèvements apporte donc une information indispensable en termes de risque pour la santé publique.

Plusieurs études bibliographiques développées dans la partie 5.1.2.2 du rapport, ont montré que la sensibilité de détection de *Salmonella* à partir des prélèvements d'environnement était meilleure que celle des prélèvements de fientes. Ainsi, une revue systématique avec méta-analyse a montré que dans des élevages en cage, la sensibilité de détection de *Salmonella* à

partir de prélèvements de poussières était plus élevée que celle des prélèvements de fientes. Ces résultats ont également été observés en France dans l'étude de Mahé et al. (2008). Ainsi, pour les troupeaux élevés en cage, la sensibilité de détection de *Salmonella* à partir d'un prélèvement d'environnement était supérieure à celle obtenue à partir d'un prélèvement de fientes. En revanche, pour les troupeaux élevés au sol, cette sensibilité de détection était équivalente pour les deux types de prélèvements.

Pour résumer, les experts considèrent que les prélèvements d'environnement par chiffonnettes constituent une preuve indirecte de l'infection d'un troupeau. Deux approches sont proposées afin d'améliorer l'évaluation du statut sanitaire d'un troupeau infecté :

- maintenir l'association des prélèvements d'environnement à des prélèvements de fientes telle que proposée dans l'arrêté du 27 février 2023, pour compenser en partie la faible sensibilité du dépistage fondé uniquement sur un prélèvement composite de fientes. Les experts sont en faveur de cette approche car l'analyse des prélèvements d'environnement apporte une information supplémentaire en termes de risque pour la santé, par rapport au prélèvement de fientes : la présence de *Salmonella* dans l'environnement de l'élevage augmente le risque d'exposition et d'infection des volailles, donc le risque de contamination des œufs destinés à la consommation. Les salmonelles peuvent survivre pendant des années dans la poussière et être remises en suspension. Par conséquent, les experts considèrent que les prélèvements d'environnement constituent un indicateur du risque d'infection d'un troupeau au contact d'un environnement hébergeant des salmonelles ;
- augmenter le nombre de prélèvements de fientes pour améliorer la sensibilité du dispositif de dépistage. Les travaux de modélisation de Mahé et al. (2008) ont indiqué que le recours à au moins cinq prélèvements composites de fientes permet d'augmenter la sensibilité du dispositif de dépistage, cette sensibilité pouvant atteindre 90 %. Cette option a été expertisée dans la réponse à la question 2.

3.3.2. Réponse à la question 2 : la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ? Et si non, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place.

■ Stratégie de modélisation

Afin de répondre à cette question, le GT s'est appuyé sur une étude mettant en œuvre un modèle développé par Mahé et al. (2008), en utilisant les résultats de dépistage obtenus dans le cadre du programme national de lutte contre les salmonelles dans les filières avicoles, pour les années 2013 à 2023. Le modèle de Mahé et al. a été développé par le Laboratoire de l'Anses de Ploufragan en 2008, dans le cadre d'une étude européenne dont l'objectif était d'estimer la prévalence des salmonelles dans des élevages de poules pondeuses, ainsi que la sensibilité de différentes combinaisons de prélèvements de fientes et d'environnement. Ce modèle, fondé sur une approche Bayésienne, repose sur des modèles dits à classes latentes couramment décrits dans la littérature, et permet d'estimer la sensibilité de tests diagnostiques en l'absence d'un *gold standard*, c'est-à-dire en l'absence d'un protocole qui serait considéré comme la référence avec la sensibilité maximale. Il n'existe pas à la connaissance des experts, d'autres modèles publiés à ce jour en France, qui permettent d'estimer la sensibilité de protocoles

d'échantillonnage pour la détection des salmonelles dans les élevages de poules pondeuses. Les détails méthodologiques du modèle figurent dans l'Annexe 7 du rapport.

Étant donné que les protocoles de prélèvements définis dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023 sont différents pour les troupeaux de poules pondeuses élevés en cage et au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières), l'analyse de sensibilité a été réalisée séparément pour ces deux populations. De plus, étant donné que le nombre de prélèvements d'environnement varie en fonction du nombre d'animaux par troupeau (une chiffonnette de poussière pour les troupeaux de 1 000 à 20 000 poules pondeuses à quatre chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 80 000 poules pondeuses), l'analyse de sensibilité a donc été réalisée par strate mode d'élevage/taille de troupeau.

Pour chaque strate, les experts ont comparé la sensibilité d'un protocole de prélèvement complet à celle d'un protocole de prélèvement réduit : un protocole complet correspond à un prélèvement composite de fientes associé au nombre complet de prélèvements d'environnement, tel que défini dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023, pour chaque taille du troupeau. En revanche, un protocole réduit correspond à un prélèvement composite de fientes associé à un nombre réduit de prélèvements d'environnement. Par exemple, pour les troupeaux de 20 000 à 50 000 poules pondeuses élevés en cage, le protocole complet correspond à un prélèvement composite de fientes et deux prélèvements d'environnement. En revanche, un protocole réduit correspond soit à un prélèvement composite de fientes et un prélèvement d'environnement, soit uniquement à un prélèvement composite de fientes.

■ Impact de la suppression des prélèvements d'environnement sur la sensibilité du protocole de dépistage

La suppression des prélèvements d'environnement entraîne une diminution de la sensibilité du protocole de dépistage d'autant plus importante :

- que le protocole initial de dépistage comprend un nombre élevé de prélèvements d'environnement, ce qui correspond aux tailles de troupeaux les plus élevées ;
- que le troupeau est hébergé en cage plutôt qu'au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières).

La sensibilité du protocole réduit à un prélèvement composite de fientes uniquement, est estimée entre 20 % et 50 % selon le mode d'élevage et la taille du troupeau. Ceci signifie que la probabilité de détecter un troupeau infecté est d'au mieux une chance sur deux et plus généralement d'une chance sur quatre ou cinq lorsque le dépistage est établi sur un seul prélèvement composite de fientes.

Il est possible de compenser la diminution de la sensibilité liée à la suppression des prélèvements d'environnement en augmentant le nombre de prélèvements composites de fientes. Les experts ont mené une simulation de la sensibilité de protocoles d'échantillonnage avec ajouts successifs de prélèvements de fientes (deux, trois, etc.) jusqu'à atteindre une sensibilité au moins égale à celle du protocole complet comprenant des prélèvements d'environnement. Le nombre d'échantillons composites de fientes à prélever pour atteindre la sensibilité estimée du protocole complet pour chaque mode d'élevage et taille de troupeau, figure dans le Tableau 5 du rapport.

La suppression des prélèvements d'environnement entraîne une diminution de la sensibilité du protocole de dépistage d'autant plus importante :

- que le protocole initial de dépistage comprend un nombre élevé de prélèvements d'environnement, ce qui correspond aux tailles de troupeaux les plus élevées ;

- que le troupeau est hébergé en cage plutôt qu'au sol.

Dans le cas où les prélèvements d'environnement seraient abandonnés et afin de compenser la diminution de la sensibilité de dépistage, les experts recommandent au gestionnaire de substituer chaque prélèvement d'environnement retiré par au moins un prélèvement composite de fientes.

Une autre approche consisterait à réaliser des dépistages avec un seul prélèvement composite de fientes mais à une fréquence plus élevée que celle actuellement appliquée (un dépistage toutes les 15 semaines). Toutefois, les experts n'ont pas été en mesure de proposer une nouvelle fréquence car les données de dépistage de *Salmonella* renseignées dans la base de données de la DGAI, ne permettent pas d'avoir un suivi longitudinal du statut sanitaire des troupeaux.

3.3.3. Réponse à la question 3 : par ailleurs, si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ?

En préambule, les experts soulignent qu'ils ont relevé une imprécision dans l'instruction technique du 16 avril 2024 : celle-ci mentionne que « les prélèvements sont réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des animaux » mais que plus généralement, « toutes les surfaces situées à l'intérieur de l'élevage peuvent faire l'objet d'un chiffonnage ». Cette imprécision expliquerait l'absence d'harmonisation des prélèvements d'environnement réalisés par les autorités compétentes et les professionnels, ces derniers reprochant l'échantillonnage des surfaces qui seraient éloignées du milieu de vie des animaux.

Afin de répondre à la troisième question, les experts se sont fondés sur les données de la littérature scientifique afin de recenser, au sein de chaque mode d'élevage, les surfaces qui étaient les plus fréquemment contaminées par *Salmonella*. Les articles analysés ont fait ressortir une grande hétérogénéité au niveau des protocoles d'études, des surfaces échantillonnées mais aussi des méthodes de prélèvement utilisées. En conséquence, il n'a pas été possible aux experts de comparer les résultats de détection des salmonelles entre les différentes publications. Au vu de ces éléments, les experts n'ont donc pas été en mesure de proposer des types de surface à échantillonner en priorité. De plus, les superficies mentionnées dans la littérature scientifique qui ont fait l'objet des échantillonnages étaient très variables (de 1 m² jusqu'à 30 m²), ce qui n'a pas permis aux experts de recommander une superficie précise à échantillonner.

Enfin, les experts rappellent que la détection de *Salmonella* à partir d'un prélèvement d'environnement (voire d'un prélèvement de fientes) est dépendante de la gestuelle du préleveur afin d'obtenir un échantillon le plus représentatif possible de la poussière sédimentée dans le bâtiment. L'application stricte et rigoureuse du mode opératoire pour la manipulation des chiffonnettes telle que décrite dans l'instruction technique du 16 avril 2024 et la norme NF EN ISO 13 307, est de nature à améliorer la standardisation des prélèvements.

3.3.4. Conclusions du CES SABA et du GT Salmopondeuses

La salmonellose est la deuxième zoonose bactérienne d'origine alimentaire recensée dans l'UE. Les aliments les plus souvent incriminés dans les épidémies de salmonellose humaine sont ceux d'origine animale tels que les œufs et préparations à base d'œufs ainsi que les viandes de volailles.

Au niveau européen, le règlement (CE) n° 2160/2003 visant le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques de la chaîne alimentaire dans l'UE décrit les exigences minimales de surveillance des salmonelles du groupe 1 dans les troupeaux de poules pondeuses de l'espèce *Gallus gallus* (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et son variant monophasique 1,4,[5],12:i:-). Ce dépistage prévoit la réalisation d'un prélèvement composite de fientes au moins toutes les 15 semaines, pendant la durée de production. En France, la déclinaison de ce programme de lutte chez les volailles de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation, est définie dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023, intégrant des exigences spécifiques nationales. Le plan d'échantillonnage est composé d'un prélèvement composite de fientes auquel s'ajoutent des prélèvements d'environnement qui consistent à récupérer sur des chiffonnettes, de la poussière issue de l'environnement d'élevage.

Il ressort des travaux d'expertise qu'au vu de la physiopathogénie de *Salmonella* chez les poules pondeuses, seuls des prélèvements de fientes positifs en *Salmonella* constituent un indicateur direct de l'infection d'un troupeau. Néanmoins, les résultats d'une étude de modélisation conduite en 2008 ont montré que la sensibilité d'un dispositif de dépistage, fondé uniquement sur un prélèvement composite de fientes tel que décrit dans la réglementation européenne, ne permet pas de dépasser un seuil de 40 %, car l'excrétion des animaux peut être de faible intensité et intermittente.

Les experts rappellent que les salmonelles peuvent persister pendant des années dans l'environnement d'un bâtiment d'élevage et être remises en suspension dans l'air ambiant. Cette persistance augmente le risque d'exposition et d'infection des volailles, ainsi que le risque de contamination des œufs destinés à la consommation. Pour cette raison, les experts considèrent que le recours à des prélèvements d'environnement apporte une information supplémentaire en termes de risque pour la santé publique. De plus, l'analyse des données de la littérature a montré que la sensibilité de détection de *Salmonella* à partir des prélèvements d'environnement était équivalente pour les élevages en cages, voire supérieure à celle obtenue à partir des prélèvements de fientes. Au vu de ces éléments, les experts concluent qu'il est pertinent de maintenir l'association des prélèvements d'environnement à des prélèvements de fientes telle que proposée dans l'arrêté du 27 février 2023. Néanmoins, les experts n'ont pas été en mesure de proposer au gestionnaire des types de surface à échantillonner en priorité, car les données issues de la littérature scientifique ont fait ressortir une grande hétérogénéité des protocoles d'études, des surfaces échantillonnées mais aussi des méthodes de prélèvement utilisées.

Dans le cas où les prélèvements d'environnement devaient être abandonnées et afin de compenser en partie la perte de/moins sensibilité du dépistage fondé uniquement sur un prélèvement composite de fientes, les experts recommandent de substituer chaque prélèvement d'environnement retiré par au moins un prélèvement composite de fientes. L'étude de modélisation mise au point dans le cadre de cette expertise a montré que la suppression des prélèvements d'environnement entraînait une diminution de la sensibilité du protocole de dépistage, d'autant plus importante que le troupeau était hébergé en cage. Afin de retrouver une sensibilité de détection équivalente à celle du protocole actuel de dépistage, il faudrait prélever au moins autant de d'échantillons de fientes que d'échantillons d'environnement retirés. En partant de l'hypothèse d'une sensibilité de 40 % pour un prélèvement composite de fientes, les experts estiment qu'il faudrait réaliser au moins cinq prélèvements composites de fientes, pour atteindre une sensibilité supérieure à 90 % dans un troupeau infecté.

3.3.5.Recommandations du CES SABA et du GT Salmopondeuses

À l'aune de ces travaux d'expertise, différentes recommandations ont été formulées par les experts.

■ En matière d'amélioration de la surveillance dans les élevages de poules pondeuses :

Les experts recommandent de maintenir la sensibilité actuelle du dépistage, qui varie entre 70 % et 80 % selon les modes d'élevages et la taille du troupeau, tout en laissant la possibilité aux organisations professionnelles d'élaborer leur plan d'échantillonnage et de le faire valider par les autorités compétentes, en tenant compte des résultats de la présente expertise pour la réponse à la question 2. Le plan d'échantillonnage devra préciser le type de prélèvements (fientes, environnement ou toute combinaison des deux), le nombre de prélèvements ainsi que la fréquence d'échantillonnage qui permettraient de ne pas dégrader la sensibilité actuelle du dispositif. Les experts recommandent une mise à jour régulière de l'évaluation du dispositif de dépistage, en fonction de l'évolution de la situation épidémiologique.

Dans le cas où les prélèvements d'environnement seraient abandonnés, le GT recommande de substituer chaque prélèvement supprimé par au moins un prélèvement composite de fientes. Dans le cas où le plan d'échantillonnage tel que défini dans le règlement (CE) n° 517/2011 devait être appliqué et afin de compenser la diminution de la sensibilité due au prélèvement d'un seul échantillon composite de matières fécales, les experts recommande d'augmenter la fréquence des dépistages par rapport à celle qui est actuellement appliquée et qui correspond à un dépistage toutes les 15 semaines. Les experts n'ont toutefois pas été en mesure de proposer une fréquence car les données de dépistage de *Salmonella* renseignées dans la base de données de la DGAI, ne permettent pas d'avoir un suivi longitudinal du statut sanitaire des troupeaux.

Les experts recommandent de clarifier l'imprécision relevée dans l'instruction technique du 16 avril 2024 pour lever toute ambiguïté.

Les experts rappellent que l'hétérogénéité de la contamination des surfaces par les salmonelles ainsi que la grande diversité des surfaces rencontrées dans les bâtiments d'élevage, peuvent être à l'origine d'une difficulté de standardisation dans la réalisation des prélèvements d'environnement. Les experts recommandent que les prélèvements d'environnement soient réalisés à différents endroits du bâtiment afin d'augmenter la probabilité de détection des salmonelles. La superficie à échantillonner devrait être aussi grande que possible et ne pas être inférieure à 1 m² par chiffonnette. L'échantillonnage devrait cibler des zones visiblement poussiéreuses, accessibles au préleveur et représentatives du milieu de vie des animaux. Afin d'obtenir un échantillon le plus représentatif possible de la poussière sédimentée dans le bâtiment et améliorer la standardisation des prélèvements, les experts recommandent l'application stricte et rigoureuse du mode opératoire pour la manipulation des chiffonnettes, telle que décrite dans l'instruction technique du 16 avril 2024 et la norme NF EN ISO 13 307.

Les experts recommandent d'introduire la possibilité de réaliser des pédichiffonnettes pour prélever la poussière déposée au sol dans les élevages en cage. Le prélèvement pourra être réalisé en parcourant la plus grande superficie possible des couloirs entre les cages sous réserve qu'il s'agisse d'un sol plein (non ajouré).

Concernant les données de dépistages de *Salmonella*, les experts ont relevé l'absence d'un identifiant unique de troupeau qui permettrait de suivre dans le temps les résultats des dépistages réalisés sur un même troupeau. Les experts recommandent la mise en œuvre d'un plan d'amélioration de la qualité des données de dépistage des salmonelles, associant

différentes parties prenantes (producteurs d'œufs, laboratoires reconnus et agréés, services de l'État). Ces travaux pourront s'inscrire dans un cadre plus large d'évaluation du dispositif de surveillance des salmonelles dans les filières volailles réglementées.

■ En matière de travaux de recherche :

Au cours des dernières années, le nombre de petits élevages et de basse-cours (moins de 250 animaux) qui commercialisent leurs œufs en circuit-court, a considérablement augmenté. De plus, il n'existe aucun élément scientifique étayant un moindre risque d'infection de ces troupeaux de petite taille par *Salmonella*. Or, ces élevages ne sont pas intégrés dans le programme de lutte contre les salmonelles en France. Considérant l'évolution des pratiques d'élevage, et afin d'apprécier la pertinence d'inclure des troupeaux de moins de 250 poules pondeuses dans un dispositif de surveillance, les experts recommandent l'acquisition des connaissances scientifiques sur le risque sanitaire potentiellement posé par les petits élevages commerciaux, vis-à-vis de *Salmonella*.

Les élevages en volières se développent actuellement en France comme alternative aux élevages en cages. Les élevages en volières constituent un environnement complexe, avec la présence de nombreux matériels et, parfois, l'accès à un jardin d'hiver ou un parcours. Les experts recommandent la réalisation d'études afin d'acquérir des données sur la contamination de ce type d'élevage par les salmonelles et de mettre au point des protocoles de nettoyage et de désinfection adaptés en cas de foyer.

Dans un objectif d'évaluation et d'amélioration de la sensibilité du dispositif de dépistage des salmonelles en élevages de poules pondeuses, les experts soulignent l'intérêt d'acquérir des connaissances scientifiques supplémentaires y compris au niveau génomique, sur le caractère intermittent / persistant de l'infection salmonellique chez les poules pondeuses, ainsi que sur la dynamique de prévalence intra-troupeau et la charge excrétée.

Quelques études de terrain ont permis de mettre en évidence les similitudes génétiques existant entre des souches de *Salmonella* isolées des animaux, de l'environnement de l'élevage et sur/dans les œufs. Afin de renforcer ces observations, les experts recommandent de promouvoir le séquençage de souches issues de ces différentes matrices, afin d'évaluer l'importance quantitative des liens épidémiologiques entre les souches de *Salmonella* isolées des poules pondeuses, de leur environnement et des produits, ainsi que celles responsables d'infections chez les humains.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

Une hausse du nombre de salmonelloses déclarées à l'échelle européenne est constatée depuis 2022. En France, les œufs et préparations à base d'œufs sont à l'origine de près de la moitié des toxi-infections alimentaires collectives dues à *Salmonella*. Les politiques de lutte contre les salmonelles dans les élevages avicoles, mises en œuvre successivement par le ministère chargé de l'alimentation depuis les années 1990, ont permis de réduire le nombre de salmonelloses chez l'être humain de façon significative. Malgré ces actions, l'analyse des résultats de prévalence dans les élevages montre une évolution à la hausse de cette prévalence depuis 2020, qui s'éloigne de l'objectif communautaire de 2 % fixé dans le règlement (CE) n° 1168/2006. Ces éléments participent à la motivation de dispositions réglementaires additionnelles, figurant dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023 par rapport aux exigences minimales de surveillance formulées dans le règlement européen (CE) n° 2160/2003. L'Anses

a été saisie pour évaluer l'apport des différentes composantes du dispositif de surveillance et les conséquences de potentielles évolutions.

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse les conclusions et recommandations du CES SABA relatives à la modification du plan d'échantillonnage dans les élevages de poules pondeuses.

L'Anses souligne tout d'abord que la situation épidémiologique nationale s'est dégradée depuis 2020, avec un recul par rapport à l'objectif de prévalence communautaire de 2 %. Cette situation ne saurait conduire à une diminution de la sensibilité des dispositions de dépistage sur le terrain. Ces dispositions devraient, au contraire, résulter d'un choix de modalités de prélèvement et de fréquences permettant de revenir à cet objectif. Au vu de l'intermittence de l'excrétion des salmonelles par les volailles, et de la grande persistance environnementale de cette bactérie, et comme indiqué par les experts, le recours à des prélèvements d'environnement constitue à ce jour une combinaison pertinente pour améliorer la sensibilité du dispositif de dépistage, en assurant la protection de la santé publique. Aussi, cette modalité de prélèvement, supplémentaire au regard de celle prévue comme une ligne de base par la réglementation européenne, ne constitue pas selon l'Anses et dans la situation actuelle, une mesure excessive : elle devrait s'intégrer dans le cadre d'une démarche collective de réduction du risque de salmonellose pour le consommateur.

Bien entendu, et comme indiqué par les experts, cela laisse la possibilité aux organisations professionnelles d'élaborer des plans de surveillance alternatifs dont la sensibilité serait au moins équivalente à celle observée dans les plans de dépistages actuels, et de les faire valider par les autorités compétentes. L'Anses souligne d'ailleurs que l'expertise met en lumière que les données actuelles ne permettent pas d'évaluer la contribution du paramètre « fréquence » à la sensibilité de détection par manque de suivi longitudinal, ce qui motive la recommandation pour un plan d'amélioration de la qualité des données.

Enfin, l'Anses invite les Etats-membres et les parties prenantes à considérer que le besoin d'harmonisation auquel les acteurs économiques sont sensibles doit rester connecté avec celui de l'adaptation des mesures de prévention à la situation sanitaire : elle encourage de ce fait la tenue d'une réflexion communautaire sur la possibilité d'inclure des prélèvements d'environnement dans le protocole d'échantillonnage actuel.

Pr Benoît Vallet

MOTS-CLÉS

Salmonella, poules pondeuses, œufs de consommation, plan d'échantillonnage, sensibilité, fientes, prélèvement d'environnement, chiffonnette.

KEY WORDS

Salmonella, laying hens, table eggs, sampling plan, sensitivity, droppings, environmental sampling, swab.

CITATION SUGGÉRÉE

Anses (2025). Modification du plan d'échantillonnage de *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses. (saisine 2023-SA-0053). Maisons-Alfort : Anses, 16 p.

Modification du plan d'échantillonnage de *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses

Saisine n° 2023-SA-0053
Saisines liées « 2023-AST-0069 », « 2023-AST-0070 » et « 2023-SA-0071 »

RAPPORT d'expertise collective

« Comité d'experts spécialisé Santé et bien-être des animaux (CES SABA) »

« GT Salmonelles poules pondeuses »

Mai 2025

Citation suggérée

Anses (2025). Modification du plan d'échantillonnage de *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses. (saisine 2023-SA-0053). Maisons-Alfort : Anses, 108 p.

Mots clés

Salmonella, poules pondeuses, œufs de consommation, plan d'échantillonnage, sensibilité, fientes, prélèvement d'environnement, chiffonnette.

Key words

Salmonella, laying hens, table eggs, sampling plan, sensitivity, droppings, environmental sampling, swab.

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Yves MILLEMANN – Professeur, École Nationale Vétérinaire d'Alfort (ENVA) – Pathologie des ruminants, infectiologie, antibiorésistance, médicament vétérinaire.

Membres

Mme Laetitia BONIFAIT – Chargée de projet - Responsable du Laboratoire National de Référence (LNR) salmonelloses aviaires, Unité d'Hygiène et Qualité des Produits Avicoles et Porcins (HQPAP), Anses Ploufragan-Plouzané -Niort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, zoonose, salmonellose aviaire.

M. Henri-Jean BOULOUIS – Retraité, ENVA - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, immunologie, vaccinologie.

M. Lieven DE ZUTTER – Retraité, Université de Gent - Microbiologie alimentaire, hygiène alimentaire, pathogènes d'origine alimentaire, voies de transmission.

M. Michel FEDERIGHI – Professeur, ENVA – Microbiologie des aliments, hygiène et qualité des aliments, analyse des dangers, HACCP, filières et technologies alimentaires des viandes et des produits transformés.

M. Philippe FRAVALO – Professeur, Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) – Microbiologie des aliments, filières viandes, dangers bactériens, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, méthodes (dont métagénomique 16S des contenus digestifs et des surfaces, caractérisation moléculaire des dangers), élevage /abattage.

Mme Adeline HUNEAU – Ingénieur d'étude, Unité Épidémiologie, Santé et Bien-Être (EPISABE), Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Épidémiologie, modélisation, statistiques, aviculture, salmonellose aviaire.

COMITÉS D'EXPERTS SPÉCIALISÉS

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- CES Santé et bien-être des animaux (SABA) – Dates : 03 juillet 2024, 25 février 2025, 25 mars 2025 et 29 avril 2025

Président

M. Gilles MEYER – Professeur, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccinologie, maladies des ruminants.

Membres

M. Xavier BAILLY – Ingénieur de Recherche, INRAE Saint Genes Champanelle – Épidémiologie moléculaire, écologie de la santé, épidémiologie-surveillance, modélisation, bactériologie.

Mme Catherine BELLOC – Professeur, Oniris - École Vétérinaire de Nantes - Infectiologie, approche intégrée de la santé animale, maladies des monogastriques

M. Stéphane BERTAGNOLI – Professeur, École Nationale Vétérinaire de Toulouse - Virologie, immunologie, vaccination, maladies des lagomorphes.

- M. Alain BOISSY – Directeur de Recherche, INRAE Clermont-Ferrand – Theix - Bien-être animal.
- Mme Séverine BOULLIER – Professeur, École Nationale Vétérinaire de Toulouse – Immunologie, vaccinologie.
- M. Henri-Jean BOULOUIS – Retraité, École Nationale Vétérinaire d'Alfort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, immunologie, vaccinologie.
- Mme Aurélie COURCOUL – Directrice de la Recherche et des Etudes Doctorales, Oniris – École Vétérinaire de Nantes - Épidémiologie, appréciation des risques (modélisation), réglementation.
- Mme Alice DE BOYER DES ROCHES – Maître de conférences, VetAgro Sup - Bien-être animal, animaux de rente, douleur, comportement, zootechnie.
- Mme Barbara DUFOUR – Professeur émérite, École Nationale Vétérinaire d'Alfort - Épidémiologie, maladies infectieuses, analyse du risque, zoonoses, lutte collective.
- Mme Emmanuelle GILOT-FROMONT – Professeur, VetAgro Sup – Épidémiologie quantitative, évaluation de risque, interface faune sauvage-animaux domestiques, maladies réglementées.
- M. Etienne GIRAUD – Chargé de recherche, INRAE Toulouse – Microbiologie, antibiotiques, antibiorésistance, environnement, écologie microbienne.
- M. Lionel GRISOT – Vétérinaire libéral - Médecine et chirurgie vétérinaire, médicament vétérinaire, maladies des ruminants, des équidés et des animaux de compagnie, sécurité sanitaire des aliments.
- Mme Claire GUINAT – Chargée de recherche, INRAE Toulouse - Épidémiologie, génétique (analyses phylodynamiques), maladies infectieuses.
- Mme Nadia HADDAD – Professeur, École Nationale Vétérinaire d'Alfort - Infectiologie, maladies réglementées, zoonoses.
- Mme Karine HUBER – Directrice de recherche, INRAE - Entomologie médicale et vétérinaire, maladies vectorielles, épidémiologie.
- Mme Elsa JOURDAIN – Chargée de recherche, INRAE Clermont-Ferrand - Theix - Zoonoses, épidémiologie, interface faune sauvage-animaux domestiques.
- M. Hervé JUIN – Ingénieur de recherches, INRAE Centre Poitou-Charentes – Bien-être animal, physiologie et nutrition des volailles
- Mme Sophie LE BOUQUIN-LENEVEU – Cheffe d'Unité Adjointe, Unité Épidémiologie, Santé et Bien-Être (EPISABE), Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Épidémiologie, évaluation de risque, approche intégrée de la santé animale
- Mme Caroline LE MARÉCHAL – Chargée de projet - Responsable LNR Botulisme aviaire, Unité d'Hygiène et Qualité des Produits Avicoles et Porcins (HQPAP), Anses Ploufragan-Plouzané-Niort - Bactériologie, diagnostic de laboratoire, zoonose, botulisme aviaire, clostridies.
- Mme Sophie LE PODER – Maître de conférences, École Nationale Vétérinaire d'Alfort - virologie, immunologie, vaccinologie.
- M. Yves MILLEMANN – Professeur, École Nationale Vétérinaire d'Alfort – Pathologie des ruminants, infectiologie, antibiorésistance, médicament vétérinaire.
- M. Pierre MORMÈDE – Directeur de recherche émérite, INRAE - Bien-être animal, stress.
- Mme Carole PEROZ – Maître de conférences, VetAgro Sup – Infectiologie, maladies réglementées, approche intégrée de la santé animale.
- Mme Claire PONSART – Chef de l'unité des zoonoses bactériennes, Laboratoire de Santé Animale, Anses Maisons-Alfort - Bactériologie, zoonoses, diagnostic de laboratoire.
- Mme Céline RICHOMME – Chargée de projets scientifiques, Anses-Laboratoire de la rage et la faune sauvage de Nancy - Épidémiologie, faune sauvage, interface faune sauvage-animaux domestiques, écologie.

M. Claude SAEGERMAN – Professeur, Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège – Épidémiologie, évaluation de risque.

M. Jean-François VALARCHER – Professeur, Swedish university of agricultural sciences (SLU) – Pathologie des ruminants, infectiologie, Immunologie, épidémiologie.

Mme Isabelle VALLÉE – Chef de l'unité BIPAR, Responsable LNR Parasites transmis par les aliments, Anses Maisons-Alfort – Parasitologie, zoonoses, immunologie, diagnostic.

Mme Agnès WARET-SZKUTA – Maître de conférences, École Nationale Vétérinaire de Toulouse – Pathologie porcine, épidémiologie.

Mme Natacha WORONOFF-REHN – Directrice, laboratoire vétérinaire départemental du Doubs – Infectiologie, parasitologie immunologie, biologie moléculaire, diagnostic.

Les travaux d'expertise ont été consultés par le CES suivant :

- CES Évaluation des risques biologiques liés aux aliments (BIORISK) - Dates : 25 février 2025 et 26 mars 2025

Président

M. Philippe FRAVALO – Professeur, CNAM – Microbiologie des aliments, filières viandes, dangers bactériens, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes*, méthodes (dont métagénomique 16S des contenus digestifs et des surfaces, caractérisation moléculaire des dangers), élevage /abattage.

Membres

M. Frédéric AUVRAY – Ingénieur de recherche, ENVT – Microbiologie des aliments et écologie microbienne, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, bactéries pathogènes zoonotiques, microbiote, bactériophages, diagnostic microbiologique et séquençage de génomes.

M. Mickaël BONI – Vétérinaire en chef, chef d'unité, Institut de recherche biomédicale des armées – Microbiologie, hygiène, salubrité et qualité des aliments, sûreté sanitaire des aliments et de l'eau, inspection en sécurité sanitaire des aliments, traitement et contrôle sanitaire des EDCH, épidémiologie des eaux usées.

M. Frédéric BORGES – Maître de conférences, Université de Lorraine – *Listeria*, génie génétique, biopréservation, écosystèmes alimentaires fermentées, génotypage, phénotypage, HACCP.

M. Gilles BORNERT – Vétérinaire en chef, Service de santé des armées de Rennes – Microbiologie des aliments et des eaux, écologie microbienne, réglementation, sécurité sanitaire des aliments, HACCP, filière eau et restauration collective.

Mme Catherine CHUBILLEAU – Cheffe de service, Centre hospitalier de Niort – Hygiène des aliments, épidémiologie, microbiologie des aliments, plan de maîtrise sanitaire, EDCH.

Mme Monika COTON – Maître de conférences, Université de Brest – Microbiologie des aliments, produits fermentés, mycologie, écologie microbienne, métabolites secondaires (dont mycotoxines, amines biogènes, composés volatils), méthodes analytiques, biologie moléculaire.

M. Georges DAUBE – Professeur des universités, Université de Liège – Microbiologie des aliments, évaluation quantitative de risques microbiologiques, HACCP, bonnes pratiques d'hygiène, filière viande et lait.

Mme Noémie DESRIAC – Maître de conférences, Université Bretagne occidentale – Microbiologie des aliments, bactéries sporulées, mécanismes d'adaptation des micro-organismes au stress, microbiologie prévisionnelle.

Mme Florence DUBOIS-BRISSONNET – Professeur, AgroParisTech – Microbiologie des aliments, biofilms, mécanismes d'adaptation bactérienne au stress (dont conservateurs, désinfectants, réfrigération), biochimie membranaire, *Listeria monocytogenes*.

M. Michel FEDERIGHI – Professeur, ENVA – Microbiologie des aliments, hygiène et qualité des aliments, analyse des dangers, HACCP, filières et technologies alimentaires des viandes et des produits transformés.

M. Michel GAUTIER – Professeur, Institut Agro Rennes-Angers – Microbiologie alimentaire, biologie moléculaire, OGM microbiens, bactériophages, aliments fermentés, bactéries pathogènes.

Mme Michèle GOURMELON – Chargée de recherche, IFREMER – Bactériologie et biologie moléculaire, écologie microbienne des milieux marins côtiers dont coquillages et zones conchylicoles et du continuum terre-mer, bactéries environnementales et d'intérêt sanitaire, *Campylobacter*.

Mme Sandrine GUILLOU – Ingénieur de recherche, Oniris – Evaluation des risques sanitaires, microbiologie et écologie microbienne des aliments, modélisation, *Campylobacter*, procédés de décontamination, méthode de détection, mécanismes d'adaptation aux stress environnementaux, filière volaille.

M. Stéphane GUYOT – Maître de conférences, Institut Agro Dijon – Microbiologie des aliments, poudres alimentaires, pathogènes, bactéries, virus, procédés de décontamination, mécanismes d'adaptation aux stress environnementaux.

M. Didier HILAIRE – Ingénieur, adjoint innovation ouverte/architecte décontamination et contre-mesures médicales NRBC, Direction générale pour l'armement – Toxines bactériennes et végétales, toxines botuliques, risques biologiques, décontamination et identification des agents biologiques.

Mme Nathalie JOURDAN-DA SILVA – Médecin épidémiologiste, chargée de projet scientifique, SpF – Epidémiologie des maladies entériques et zoonoses, investigations.

Mme Claire LE HENAFF-LE MARREC – Professeur des universités, Bordeaux INP, INRAE – Microbiologie des aliments, écologie microbienne, bactéries lactiques, bactériophages, fermentation malo-lactique.

Mme Sandra MARTIN-LATIL – Directrice de recherche, Laboratoire de sécurité des aliments, Anses Maisons-Alfort – Virologie alimentaire, méthodes de détection, procédés de décontamination.

Mme Jeanne-Marie MEMBRÉ – Ingénieure de recherche, INRAE – Appréciation quantitative du risque microbiologique, modélisation, microbiologie prévisionnelle, évaluation risque-bénéfices et multicritères, statistiques appliquées.

M. Eric OSWALD – Professeur des universités/praticien hospitalier, Université Paul Sabatier Toulouse III/CHU de Toulouse – Pathogénicité bactérienne, toxines, *Escherichia coli*, antibiorésistance, génomique microbienne, microbiote, *One Health*, infectiologie.

Mme Nadia OULAHAL – Maître de conférences, Université Claude-Bernard Lyon 1 – Microbiologie des aliments, hygiène des aliments, interactions biomolécules antimicrobiennes - aliments, écosystème microbien alimentaire, biofilms, biopréservation.

M. Pascal PIVETEAU – Directeur de recherche, INRAE – *Listeria monocytogenes*, écologie microbienne, écologie des bactéries pathogènes dans les agroenvironnements, systèmes alimentaires, filière végétaux.

Mme Sabine SCHORR-GALINDO – Professeur des universités, Université Montpellier – Sécurité sanitaire des aliments, microbiologie alimentaire et industrielle, mycologie, mycotoxines, écologie microbienne, technologie alimentaire, HACCP, biotechnologie, filières fruits, café et cacao.

Mme Régine TALON – Directrice de recherche, chargée de mission, INRAE – Sciences des aliments, écologie microbienne, produits fermentés, ferments, bactéries pathogènes, filières viande et lait.

Mme Isabelle VILLENA – Professeur des universités-Praticien Hospitalier, Chef de service Hôpital Reims, Directeur du CNR de la Toxoplasmose CHU Reims, Université Reims Champagne-Ardenne – Evaluation des risques sanitaires, parasitologie, mycologie médicale, infectiologie clinique, épidémiologie, biologie moléculaire.

PARTICIPATION DU GROUPE D'APPUI METHODOLOGIQUE EN EVALUATION QUANTITATIVE DU RISQUE (GAM)

Mme Aurélie COURCOUL – Directrice de la Recherche et des Etudes Doctorales, Oniris – École Vétérinaire de Nantes - Épidémiologie, appréciation des risques (modélisation), réglementation.

Mme Claire GUINAT – Chargée de recherche, INRAE Toulouse - Épidémiologie, génétique (analyses phylodynamiques), maladies infectieuses.

Mme Viviane HENAU – Cheffe adjointe, Unité Epidémiologie et appui à la surveillance (EAS) - Anses Lyon

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mme Caroline BOUDERGUE – Adjointe à la cheffe de l'unité UBSA₂V - DER, Anses Maisons-Alfort.

Mme Elissa KHAMISSE – Cheffe de projets scientifiques – Unité Évaluation des risques liés au bien-être, à la santé et à l'alimentation des animaux, et aux vecteurs (UBSA₂V) – Direction de l'évaluation des risques (DER), Anses Maisons-Alfort.

Contribution scientifique

Mme Stéphanie BOUGEARD – Scientifique – Unité EPISABE - Anses Ploufragan-Plouzané-Niort.

Appui scientifique

Mme Mélaine TERRO - Coordinatrice scientifique d'expertise - Unité Évaluation des risques biologiques en alimentation humaine (JERALIM) - DER, Anses Maisons-Alfort.

Secrétariat administratif

M. Régis MOLINET – Service appui à l'expertise (SAE) - DER, Anses Maisons-Alfort.

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Consultation orale

M. Bruno FAURE - Vétérinaire spécialisé en production poules pondeuses d'œufs de consommation du Réseau Cristal

M. Hervé JUIN - Membre du CES SABA

Mme Alice RICHARD - Directrice du Comité national pour la promotion de l'œuf (CNPO)

M. Olivier SALANDRE - Directeur général du cabinet Chêne Vert

Consultation écrite

Mme Amélie CHASTAGNER - Chargée de mission Santé et Hygiène de l'Institut technique des filières avicole, cunicole et piscicole (ITAVI)

Mme Kristel GACHE - Directrice du réseau des Groupements de défense sanitaire (GDS France)

Mme Marie GUYOT- Directrice du Syndicat national des labels avicoles de France (SYNALAF)

CONTRIBUTIONS EXTÉRIEURES AUX COLLECTIFS

- Données de recontrôles volontaires menés par les éleveurs et obtenus sur des troupeaux de poules pondeuses mis sous APDI, suite à un premier contrôle positif en *Salmonella* : CNPO
- Résultats d'analyses de *Salmonella* sur plusieurs types de prélèvements dans le cas de la contamination par *S. Enteritidis* de lots de volailles vaccinés : M. Patrick Chabrol (vétérinaire praticien)

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Liste des tableaux	12
Liste des figures.....	13
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise.....	14
1.1 Contexte.....	14
1.2 Objet de la saisine.....	14
1.3 Modalités de traitement	15
1.3.1 Organisation de l'expertise	15
1.3.2 Cadrage de l'expertise.....	15
1.3.3 Moyens mis en œuvre.....	17
1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts.....	20
2 La filière œufs de consommation en France : généralités	21
2.1 Organisation générale de la filière d'œufs de consommation.....	21
2.2 Caractéristiques des différents modes d'élevages de poules pondeuses en France.....	22
3 Salmonella dans le contexte de la filière œufs de consommation en France ..	25
3.1 <i>Salmonella</i> : un enjeu de santé publique	25
3.2 Sources d'introduction et de persistance de <i>Salmonella</i> dans un élevage de poules pondeuses	25
3.3 Physio-pathogénie de l'infection chez les poules pondeuses.....	27
4 Organisation de la lutte contre Salmonella dans les élevages de poules pondeuses	30
4.1 Dispositifs de surveillance de <i>Salmonella</i> dans les élevages de poules pondeuses	30
4.1.1 Aspects réglementaires	30
4.1.2 Organisation de la surveillance en France	32
4.2 Mesures de police sanitaire	35
4.3 Moyens de lutte mis en œuvre.....	35
4.3.1 Mesures de biosécurité.....	35
4.3.2 Nettoyage-désinfection.....	37
4.3.3 Vaccination.....	37
4.3.4 Autres stratégies de lutte	38
5 Réponses aux questions de la saisine	39
5.1 Réponse à la question 1 : les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ?	39
5.1.1 Les prélèvements de fientes : un indicateur direct mais peu sensible de la contamination du troupeau.....	39
5.1.2 Apport des prélèvements d'environnement.....	41

5.2	Réponse à la question 2 : la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ? Et si non, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place.....	43
5.2.1	Données descriptives	44
5.2.2	Estimation de la sensibilité des protocoles réduits.....	45
5.2.3	Stratégie de modélisation	45
5.2.4	Impact des trois stratégies de modélisation sur l'estimation de la sensibilité de protocoles réduits 46	
5.2.5	Impact de la suppression des prélèvements d'environnement sur la sensibilité du protocole de dépistage	47
5.2.6	Compenser la diminution de sensibilité du protocole de dépistage liée à la suppression des prélèvements d'environnement	50
5.3	Réponse à la question 3 : par ailleurs, si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ?.....	51
5.3.1	Aspects réglementaires	52
5.3.2	Types de surfaces à échantillonner	52
5.3.3	Superficie d'échantillonnage et technique de prélèvement	54
6	Incertitudes	55
7	Conclusions et recommandations du GT	58
7.1	Conclusions du GT.....	58
	Question 3 : par ailleurs, si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ?.....	59
7.2	Recommandations du GT.....	60
8	Bibliographie	63
8.1	Publications.....	63
8.2	Normes.....	68
8.3	Législation et réglementation.....	68
	Annexe 1 : Lettre de saisine.....	71
	Annexe 2 : Recherche bibliographique	74
	Annexe 3 : Grille de lecture élaborée par le GT	78
	Annexe 4 : Réponses des points focaux.....	79
	Annexe 6 : Vaccins aviaires disponibles en France contre <i>Salmonella</i> (Source : www.ircp.anmv.anses.fr).....	98
	Annexe 7 : Détails méthodologiques du modèle bayésien et des résultats complémentaires concernant l'estimation a posteriori de la prévalence apparente.....	101
1-	Prise en compte de la non-indépendance des dépistages par ré-échantillonnage.....	101
2-	Modèle bayésien	101

3-	Estimations a priori des paramètres à évaluer	102
	Distribution a priori pour <i>Sec</i>	102
	Distributions a priori pour <i>Ser</i> et π	103
4-	Mise en œuvre du modèle bayésien	104
5-	Validation des estimations issues du modèle bayésien.....	105
	<i>Vérification de la convergence des chaînes de Markov MCMC</i>	105
	<i>Diagnostic d'autocorrélation</i>	105
	<i>Analyse de sensibilité</i>	105
6-	Comparaison des estimations a posteriori des sensibilités des protocoles complet et réduit	105
7-	Discussion sur l'estimation a posteriori de la prévalence apparente de dépistages positifs ..	106

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales caractéristiques différenciant les principaux modes d'élevage de poules pondeuses (source : Synalaf).....	23
Tableau 2 : Dispositions prévues par le règlement (UE) n° 517/2011 modifié par le règlement (UE) n° 2019/268 et dispositions complémentaires de l'arrêté ministériel du 27 février 2023 pour le dépistage obligatoire de <i>Salmonella</i> , réalisé par le vétérinaire sanitaire ou son délégataire dans les troupeaux de poules pondeuses d'œufs de consommation	31
Tableau 3 : Liste des méthodes d'analyse et qualifications nécessaires des laboratoires pour la recherche des salmonelles dans différents prélèvements réalisés dans les élevages de reproducteurs, de futures pondeuses et de pondeuses d'œufs de consommation.	34
Tableau 4 : Nombre et pourcentages d'actes de dépistages avec isolement de <i>Salmonella</i> en fonction des strates mode d'élevage/taille de troupeau (N = 88 498 interventions).....	44
Tableau 5 : Nombre de prélèvements composites de fientes à prélever pour compenser l'impact de la suppression des prélèvements d'environnement sur la sensibilité du protocole de dépistage	50
Tableau 6 : Principales sources d'incertitudes et prise en compte dans l'expertise	55
Tableau 7 : Estimations de la sensibilité d'un prélèvement de fientes et d'un prélèvement d'environnement extraites de l'étude de Mahé et al. (2008)	103
Tableau 8 : Estimations a priori de la sensibilité du protocole complet de prélèvement pour chaque strate de type d'élevage et taille de troupeau et paramétrages pour générer la distribution Beta	103
Tableau 9: Paramètres a et b des distribution Beta (Be(a,b)) obtenus à partir des simulations et utilisées en tant qu' <i>a priori</i> pour la prévalence apparente et la sensibilité du protocole réduit pour chaque type d'élevage et taille de troupeau – scénario avec un dépistage par an et par poulailler.....	104

Liste des figures

Figure 1 : Nettoyage et sélection des données de résultats de dépistage de salmonelles du groupe 1 en élevage de poules pondeuses pour la période 2013-2023, dans le cadre de l'étude comparative de la sensibilité de protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement.....	18
Figure 2 : Organisation pyramidale de la filière de production d'œufs de consommation.....	21
Figure 3 : Répartition du cheptel français de poules pondeuses par mode d'élevages pour l'année 2022 (Source : Agreste).....	22
Figure 4 : Structure des élevages de poules pondeuses en France pour l'année 2020 (Source : Agreste-Recensement agricole 2020).....	24
Figure 5 : Sources d'introduction et de persistance de <i>Salmonella</i> dans un élevage des poules pondeuses	26
Figure 6 : Voies de transmission de <i>Salmonella</i> chez les poules pondeuses (extrait et adapté de Neelawala <i>et al.</i> 2024).....	29
Figure 7 : Protocole de prélèvement pour le dépistage obligatoire de <i>Salmonella</i> dans les troupeaux de poules pondeuses en France	32
Figure 8 : Zonage d'un élevage de poules pondeuses (source : Theseo).....	36
Figure 9 : Impact des trois stratégies de modélisation sur l'estimation de la sensibilité du protocole réduit à un prélèvement composite de fientes dans les poulaillers en cage de 1 000 à 20 000 poules pondeuses	46
Figure 10: Estimations de la sensibilité des protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement pour la détection de salmonelles du groupe 1 dans les poulaillers de poules pondeuses en cage, en fonction de la taille du troupeau, sur la période 2013-2023. F : fientes, E : environnement	48
Figure 11: Estimations de la sensibilité des protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement pour la détection de salmonelles du groupe 1 dans les poulaillers de poules pondeuses au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières), en fonction de la taille du troupeau, sur la période 2013-2023. F : fientes ; E : environnement.....	49
Figure 12: Diagramme de flux PRISMA.....	77
Figure 13 : Processus d'estimation de la sensibilité de protocoles réduits de dépistage.....	101

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

La salmonellose est la deuxième zoonose bactérienne d'origine alimentaire recensée dans l'Union européenne (UE) avec plus de 77 000 cas signalés en 2023, soit une hausse de 16,9 % par rapport à 2022 (EFSA et ECDC 2024). Selon l'*European food safety authority* (EFSA), le coût global dans l'UE de la salmonellose humaine pourrait atteindre jusqu'à 3 milliards d'euros par an (EFSA 2012). Plusieurs épidémies de salmonelloses liées à la consommation d'œufs ou d'ovoproduits ont été décrites en Europe depuis 2020 (EFSA 2022 ; Roan Pijnacker et al. 2019). Le sérotype impliqué était principalement *S. Enteritidis*.

Au niveau européen, les salmonelles en filière avicole font l'objet d'un programme de surveillance et de lutte, conformément à la directive 2003/99/CE et au règlement (CE) n°2160/2003. Ce plan de lutte s'appuie sur un dépistage systématique des salmonelles du groupe 1¹ au maillon élevage des espèces *Gallus gallus* (poules) et *Meleagris gallopavo* (dindes) aux étages de sélection, multiplication et production, dans le but de mettre en place des mesures de lutte appropriées. En France, la déclinaison de ce programme de lutte chez les volailles de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation, est définie dans l'Arrêté ministériel du 27 février 2023.

Depuis 2020, la situation sanitaire de la filière ponte d'œufs de consommation ciblée par le programme de lutte, s'est dégradée vis-à-vis des infections aux salmonelles du groupe 1 (*Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium et ses variants monophasiques ainsi que *Salmonella* Kentucky), avec une nette augmentation qui se maintient au-dessus de l'objectif de prévalence communautaire de 2 %. Pour remédier à cette situation, des travaux ont été engagés en 2022 avec l'ensemble des représentants de la filière avicole afin de faire évoluer les plans de lutte notamment les modalités de dépistage. En effet, l'Arrêté ministériel du 27 février 2023 prévoit, dans les élevages de poules pondeuses, un dépistage obligatoire des salmonelles du groupe 1 par l'exploitant toutes les 15 semaines. Le premier dépistage est réalisé dans les quatre semaines suivant la mise en place des poulettes dans le bâtiment de ponte et au plus tard lorsque les animaux sont âgés de 24 semaines. Ce dépistage est composé d'un prélèvement de fientes auquel s'ajoutent des prélèvements d'environnement qui consistent à récupérer de la poussière issue de l'environnement d'élevage, en employant une ou plusieurs chiffonnette(s) passée(s) sur les surfaces du bâtiment. Or, le plan d'échantillonnage, tel que défini dans la réglementation européenne (Annexe I du règlement (UE) n°517/2011), prévoit uniquement la réalisation de prélèvements de fientes par les États-membres. Le recours à des prélèvements de poussières supplémentaires tel que défini dans cet arrêté ministériel du 27 février 2023, est régulièrement remis en cause par les professionnels de la filière avicole en France, au motif que ces prélèvements ne refléteraient pas d'une part, l'état sanitaire du troupeau, et qu'ils induiraient d'autre part, une distorsion de concurrence vis-à-vis des professionnels des autres États-membres.

1.2 Objet de la saisine

Dans ce contexte, l'Anses a été saisie par la Direction générale de l'alimentation (DGAI) (Annexe 1) pour répondre aux questions suivantes

¹ *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Hadar*, *S. Infantis* et *S. Virchow*

1- « les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage, permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ?

2- la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ?

3- et si oui, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place.

4- si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ? »

Après échanges avec la DGAL, il s'est avéré qu'une erreur typographique s'est glissée dans la troisième question de la saisine. La reformulation de cette question est donc la suivante : et si non, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place.

1.3 Modalités de traitement

1.3.1 Organisation de l'expertise

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au Groupe de Travail (GT) « Salmonelles poules pondeuses » (GT « Salmopondeuses »), rattaché au Comité d'experts spécialisé « Santé et bien-être des animaux » (CES SABA).

La mise en commun des contributions des experts et les débats collectifs se sont tenus en réunions plénières du GT, à raison d'une séance par mois, entre novembre 2023 et avril 2025. Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences transversales et complémentaires.

Certains membres du groupe d'appui méthodologique (GAM) en évaluation quantitative des risques rattaché au CES SABA ont été également consultés pour orienter le GT sur des choix méthodologiques dans le cadre des travaux de modélisation menés pour répondre à la deuxième question de la saisine.

Les travaux d'expertise du GT ont été soumis régulièrement au CES SABA tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques. Le CES « Risques biologiques dans les aliments » (CES BIORISK) a été également tenu informé de l'avancement des travaux.

Le rapport produit par le GT tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES

Les travaux du GT ont été adoptés par le CES SABA le 29 avril 2025.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise ».

1.3.2 Cadrage de l'expertise

1.3.2.1 Définitions de termes clés

En préambule, le GT a souhaité rappeler les définitions de quelques termes souvent employés dans le rapport. Ainsi, il est entendu par :

- **chiffonnette** : « support de prélèvement constitué d'une pièce de matériau de type non tissé, d'une surface totale d'au minimum 900 centimètres carrés, imbibé de liquide stérile et humide au moment de l'emploi » (d'après la définition proposée dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023).
- **pédichiffonnette** : « support de prélèvement constitué de jersey stérile, imbibé de liquide stérile et humide au moment de l'emploi, chaussé pendant au moins 3 minutes et passé sur la longueur totale du lieu d'hébergement pour couvrir le maximum de surface au sol auquel les animaux ont accès, puis replacé dans le contenant d'origine étanche et stérile, avec l'intégralité des matériaux prélevés adhérant au tissu » (d'après la définition proposée dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023).
- **prélèvement composite de fientes** : échantillon de matières fécales qui sont collectées i) soit dans deux pots de 150 g chacun à partir de prélèvements recueillis dans différents endroits du bâtiment d'élevage, qui parviennent en l'état au laboratoire où ils sont analysés sous forme d'un seul échantillon composite, ii) soit à partir de chiffonnettes passées sur les surfaces d'équipements (exemple : tapis à fientes, fonds de cages) et qui vont permettre de récupérer les fientes adhérentes, soit iii) à partir de paires de chaussettes dites pédichiffonnettes, chaussées et passées sur la longueur totale du lieu d'hébergement pour couvrir le maximum de surface au sol auquel les animaux ont accès. Selon le protocole d'échantillonnage, les chiffonnettes ou pédichiffonnettes contenant les matières fécales sont regroupées dans un seul contenant et constituent un seul échantillon composite pour l'analyse. L'arrêté ministériel du 27 février 2023 précise le ou les type(s) de prélèvements à réaliser, en fonction du mode d'élevage (cf. partie 4.1.2.1).
- **prélèvement d'environnement** : collecte de poussière issue de l'environnement d'un élevage. Celle-ci est réalisée en récupérant le maximum de poussière à l'aide d'une chiffonnette passée sur les surfaces situées à l'intérieur d'un bâtiment d'élevage, autres que celles directement au contact des fèces (exemple : murs, systèmes d'aération, surfaces des systèmes d'abreuvement et d'alimentation, etc.). Cette chiffonnette constitue une prise d'essai pour analyse. Une autre modalité consiste à collecter manuellement (à l'aide d'un gant stérile) une certaine quantité (en g) ou un certain volume (en mL) de poussière dans un contenant stérile.
- **acte de dépistage** : combinaison d'un prélèvement composite de fientes et d'un ou plusieurs prélèvement(s) d'environnement. Le résultat d'un acte de dépistage est considéré positif en cas d'isolement d'une *Salmonella* de groupe 1 sur au moins un prélèvement.
- **sensibilité de dépistage** : capacité d'un acte de dépistage à identifier un troupeau infecté.
- **poulailler** : ce terme désigne un bâtiment d'élevage hébergeant un troupeau de poules pondeuses étant donné l'absence d'un identifiant national de troupeau pour les poules pondeuses. L'identifiant national de poulailler (code d'Identifiant Unique Atelier Volailles - INUAV) est utilisé en remplacement de l'identifiant troupeau.

1.3.2.2 Méthodologie d'expertise

1.3.2.2.1 *Recherche bibliographique*

Afin de répondre aux questions 1 et 3 de la saisine, le GT s'est fondé sur les données de la littérature scientifique. Pour cela, une recherche bibliographique approfondie a été menée par les experts. La démarche complète est détaillée dans la partie 1.3.3.3 du rapport. Le GT s'est également appuyé sur les connaissances des pratiques de terrain des personnes auditionnées ainsi que les données transmises par les points focaux (cf. parties 1.3.3.2 et 1.3.3.3 du rapport) pour alimenter ses réflexions.

L'analyse de la première question de la saisine a conduit le GT à dégager deux questions sous-jacentes sur lesquelles il s'est appuyé pour construire l'argumentaire de sa réponse :

- un prélèvement d'environnement fournissant un résultat positif constitue-t-il un bon indicateur de l'excrétion réelle des animaux et par conséquent, du statut sanitaire du troupeau ? ;
- un prélèvement d'environnement fournissant un résultat positif pour *Salmonella* permet-il de mettre

en évidence le risque d'exposition et par conséquent d'infection d'un troupeau ?

Concernant la quatrième question, le terme « niveau de détection équivalent entre les élevages » a été considéré par le GT comme étant la capacité d'avoir un niveau de détection de *Salmonella* qui soit similaire entre les différents modes d'élevages, quelle que soit la surface échantillonnée. Cependant, les experts ont constaté qu'en raison des caractéristiques propres à chaque mode d'élevage, les prélèvements d'environnement se heurtaient à une difficulté de standardisation. Par conséquent l'analyse des types de surfaces à échantillonner à partir des données issues de la bibliographie a été menée de manière distincte pour chaque type de production. Les experts soulignent également que seules les données de contamination par *Salmonella* issues des prélèvements d'environnement effectués avant les opérations de nettoyage-désinfection (ND) (cf. partie 4.3.2) ont été utilisées pour répondre à la quatrième question, l'objectif étant d'évaluer la présence des salmonelles sur les surfaces au cours de la production. Par ailleurs, la réglementation française préconise que les prélèvements d'environnement soient réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des poules pondeuses. Cependant, le GT ne s'est pas limité aux surfaces faisant partie de ces zones, mais a élargi son analyse bibliographique à tous les types de surfaces présents dans un bâtiment d'élevage (incluant le sas d'entrée du bâtiment) ainsi qu'aux alentours de celui-ci.

1.3.2.2 *Mise au point d'une étude de modélisation*

Afin de répondre à la question 2 de la saisine, le GT a développé une étude de modélisation en s'appuyant sur une méthodologie développée par Mahé et al. (2008), afin de comparer la sensibilité de protocoles de prélèvements comprenant ou pas des prélèvements d'environnement (chiffonnettes de poussière) pour le dépistage des salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses. Seuls les résultats de dépistage issus des prélèvements obligatoires réalisés par les professionnels ont été pris en compte par le GT. Ces résultats ont été transmis par la DGAI et ont fait l'objet d'un traitement par le GT, comme précisé dans la partie 1.3.3.1.

Étant donné que les protocoles de prélèvements définis dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023 sont différents pour les élevages en cage et les élevages au sol, l'analyse de la sensibilité a été réalisée séparément pour ces deux populations. De plus, étant donné que le nombre de prélèvements d'environnement varie en fonction de la taille du troupeau, (nombre variant d'une chiffonnette de poussière pour les troupeaux de 1 000 à 20 000 pondeuses jusqu'à quatre chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 80 000 pondeuses), l'analyse de sensibilité a été menée en fonction de la taille du troupeau.

1.3.3 Moyens mis en œuvre

1.3.3.1 Collecte et traitement des données

1.3.3.1.1 *Données de dépistages obligatoires de Salmonella*

Afin de répondre à la question 2 de la saisine, le GT avait besoin d'avoir accès aux résultats des contrôles de dépistage réalisés dans le cadre du programme national de lutte contre les salmonelles dans les filières avicoles. Ces données ont donc été transmises au GT par la DGAI sous forme non agrégée, à travers la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (ESA), pour les années 2013 à 2023. Ces données correspondent à près de 6 millions de résultats de recherche de salmonelles, soit environ 1,5 million d'actes de dépistage en élevages de poules pondeuses (cf. partie 1.3.2.1).

La Figure 1 présente les étapes de nettoyage et de sélection des données pour l'analyse de sensibilité. Ainsi, 88 498 contrôles de dépistage (210 173 échantillons) ont été retenus pour l'étude comparative de la sensibilité des protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement.

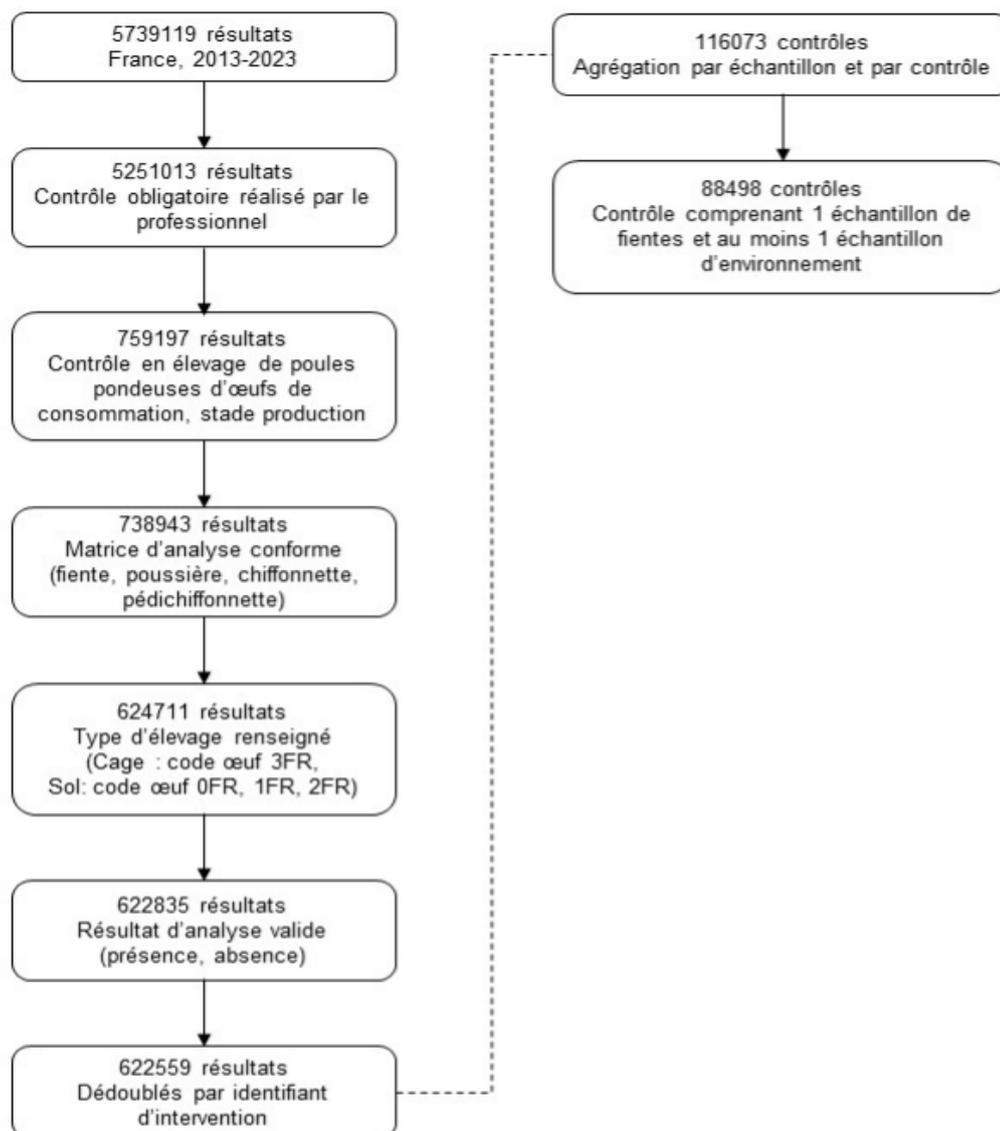


Figure 1 : Nettoyage et sélection des données de résultats de dépistage de salmonelles du groupe 1 en élevage de poules pondeuses pour la période 2013-2023, dans le cadre de l'étude comparative de la sensibilité de protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement

1.3.3.1.2 Données de recontrôles dans le cas de mise sous Arrêté préfectoral portant déclaration d'infection (APDI) d'un troupeau

Le Comité national pour la promotion de l'œuf (CNPO) a transmis au GT les résultats des prélèvements de recontrôles menés par l'Organisation de producteurs (OP) Œuf du Grand Ouest, dans le cas de la mise sous APDI de troupeaux de poulettes et poules pondeuses suite à un premier résultat positif de dépistage de *Salmonella*. Ces données chiffrées transmises sous forme d'un fichier Excel®, ont porté sur les années 2018 à 2023 et figurent dans l'Annexe 5 du rapport.

1.3.3.1.3 Résultats d'analyses de *Salmonella* sur plusieurs types de prélèvements en cas de contamination par *S. Enteritidis* de lots de volailles vaccinés

Le CNPO a informé le GT en 2024 du cas de troupeaux de poulettes et poules pondeuses qui ont été vaccinés et dont les tests ont donné des résultats positifs pour *S. Enteritidis*, à partir de prélèvements d'environnement. Le vétérinaire de l'élevage a transmis à l'Anses des rapports d'analyse de *Salmonella* sur plusieurs types de prélèvements réalisés sur ces lots d'animaux. L'objectif de la réalisation des prélèvements cloacaux était de mieux comprendre la corrélation entre les résultats des prélèvements

d'environnement et la contamination effective des troupeaux. Après analyse, il s'est avéré que les rapports envoyés n'ont pas constitué une base de données suffisante pour permettre au GT d'étayer l'argumentaire de la réponse à la question 1.

1.3.3.2 Consultation des parties prenantes

Dans le cadre des travaux d'expertise, le GT a souhaité auditionner des professionnels de la filière poules pondeuses ainsi que des vétérinaires praticiens, afin de collecter des informations sur l'organisation et les caractéristiques des différents modes d'élevage de poules pondeuses en France. Les experts ont souhaité également recueillir leur opinion sur la pertinence des prélèvements d'environnement ainsi que les contraintes auxquelles sont confrontés les opérateurs lors de la réalisation des dépistages.

La DGAI a transmis au début de l'expertise, la liste des organisations professionnelles qui ont participé à la rédaction de la saisine (interprofessions, instituts techniques, représentants agricoles) et qui pourraient faire l'objet d'auditions par le GT. Une demande de consultation a été envoyée à l'ensemble de ces organisations.

La liste des personnes qui ont accepté d'être auditionnées par le GT figure au début du rapport.

1.3.3.3 Recherche bibliographique

Une recherche bibliographique approfondie a été menée par le GT en février 2024, afin de recenser les données scientifiques qui permettraient de répondre aux questions 1 et 3 de la saisine. La première étape de cette démarche a été de définir avec les experts, les mots-clés pertinents (partie 1.1 de l'Annexe 2). Une fois ces mots-clés validés par le GT, la recherche bibliographique a été menée sur les bases de données Scopus et CAB Abstracts, à partir d'une équation de recherche établie par le GT (partie 1.2 de l'Annexe 2). Après élimination des doublons, 571 articles ont été conservés. Une première étape de sélection fondée sur la lecture du titre et du résumé a permis de retenir 162 publications. Une double lecture des résumés des 162 articles retenus a été ensuite menée par des binômes d'experts, en s'appuyant sur des critères d'inclusion et d'exclusion définis en séance². Pour chaque résumé, les experts devaient préciser si l'article était retenu (R) ou non retenu (NR). Un consensus a été obtenu en séance pour les articles dont les résultats étaient divergents au sein d'un même binôme. Pour terminer, 45 articles ont été retenus et ont fait l'objet d'une lecture intégrale par les experts répartis en binômes. Les informations relatives à chaque article ont été renseignées dans une grille de lecture (Annexe 3). Les articles qui fournissaient des éléments de réponses à au moins une des deux questions de la saisine ont été retenus. Parmi les 45 articles, 26 ont été sélectionnés par le GT. Ces articles ont fait l'objet d'une deuxième lecture intégrale par un troisième expert du GT qui s'est joint aux binômes précédemment formés. L'objectif de cette deuxième lecture était de pouvoir dégager les éléments pertinents permettant de construire l'argumentaire pour répondre aux questions 1 et 3 de la saisine. Pour finir, 21 articles ont été retenus par le GT. La démarche complète de la recherche bibliographique est représentée sous la forme d'un diagramme de flux PRISMA (Annexe 2).

Une mise à jour de la recherche bibliographique a été menée par le GT en janvier 2025 mais n'a pas permis d'identifier de nouvelles références pertinentes pour répondre aux questions.

Au cours de l'expertise, les experts ont également identifié quatre articles à partir de leur corpus bibliographique personnel et qui ont été exploités pour répondre à la troisième question de la saisine.

1.3.3.4 Sollicitation des points focaux

Le GT a souhaité acquérir des informations supplémentaires en lien avec les pratiques de dépistage des salmonelles appliquées dans les États-membres. L'EFSA dispose dans chaque État membre d'un point

² Les critères d'inclusion étaient les suivants : *Salmonella*, *Gallus gallus*, filière ponte, prélèvements environnementaux (poussière du bâtiment ou matières fécales), comparaison de différentes matrices pour la détection de salmonelles quelle que soit la méthode. Les articles en lien avec les développements méthodologiques ont été exclus.

focal national, qui lui sert d'interface avec les autorités nationales en charge de la sécurité des aliments, les instituts de recherche et autres parties prenantes. Le réseau des points focaux est composé de membres issus des 27 États membres de l'UE, plus l'Islande et la Norvège, ainsi que d'observateurs représentant la Suisse, le Royaume Uni et les pays candidats à l'UE. Les points focaux contribuent à l'échange d'informations scientifiques, notamment par les requêtes multilatérales, permettant ainsi la diffusion de questions techniques spécifiques émanant d'un point focal national d'un État membre vers les homologues des autres États membres. Une requête a donc été transmise aux États membres à travers les points focaux de l'Anses. Cette requête comportait quatre questions :

- 1- « Pourriez-vous nous décrire le plan d'échantillonnage (type et nombre de prélèvements, fréquence d'échantillonnage, etc.) mis en place dans vos élevages de poules pondeuses dans le cadre du dépistage obligatoire des salmonelles en filière avicole ? b) Le champ d'application de votre plan d'échantillonnage est-il conforme à la réglementation européenne ou bien a-t-il subi des modifications ?
- 2- Dans le cas où des prélèvements environnementaux sont réalisés, quelles sont les surfaces et les types de bâtiment d'élevage qui sont échantillonnés ?
- 3- Procédez-vous à des prélèvements de confirmation suite à un premier résultat positif en salmonelles ? Disposez-vous de ces résultats ? Le cas échéant, serait-il possible de les communiquer à l'Anses ?
- 4- Dans le cas d'un résultat positif en salmonelles en élevage, procédez-vous à un séquençage moléculaire de la souche identifiée ? »

Quatorze États-membres ont répondu aux questions posées. Les réponses apportées par la Suisse et la Slovénie étaient hors champ de la saisine (confusion avec une autre requête) et n'ont donc pas pu être exploitées.

Les réponses des États-membres ont permis de nourrir les réflexions du GT tout au long de l'expertise collective. Elles ont été compilées sous forme de tableaux disponibles dans l'Annexe 4 du rapport.

1.4 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2 La filière œufs de consommation en France : généralités

2.1 Organisation générale de la filière d'œufs de consommation

La filière avicole, notamment celle produisant les œufs destinés à la consommation humaine (filiale ponte), est organisée selon une structure pyramidale divisée en trois étages. Les experts ont représenté l'organisation de cette filière dans la Figure 2 : l'élevage de sélection, retrouvé au sommet de la pyramide, concerne des oiseaux dont le patrimoine génétique est favorable à cette production (pedigree et grand parentaux). Cet étage héberge des coqs et des poules qui produisent des œufs fécondés qui deviendront, après passage dans un couvoir de sélection, des poussins (mâles et femelles) et qui alimenteront les élevages dits de « multiplication » (ou parentaux). Les œufs et les poussins produits à ce stade seront sexés au couvoir à l'étage de multiplication, et les femelles issues de ces œufs entreront dans l'étage de production. Cet étage accueille des poulettes futures pondeuses, élevées jusqu'à l'âge de 16 à 18 semaines. Les poulettes sont ensuite transférées dans des élevages de ponte. En France, la production d'œufs commence généralement avec des poules pondeuses âgées de 18 à 20 semaines. La durée de vie totale des poules pondeuses depuis l'éclosion est d'environ 80 semaines.

Les œufs fécondés issus des élevages de sélection et de multiplication sont destinés à l'accoupage, c'est-à-dire l'incubation artificielle, gérée par des structures appelées couvoirs. Seuls les œufs issus des élevages de production sont destinés à la consommation humaine.

Les couvoirs se retrouvent entre les étages de la pyramide. Chaque passage par l'étape couvoir implique un transport des œufs à couvrir puis un acheminement des poussins dans les élevages. L'ensemble de cette filière est soutenu par des fournisseurs de matériel avicole, des fabricants d'aliments pour volailles, des services vétérinaires (vétérinaires praticiens et Direction départementale de l'emploi, du travail, des solidarités et de la protection des populations DD(ETS)PP), des transporteurs et des distributeurs, chacun jouant un rôle essentiel dans le bon fonctionnement de la filière.

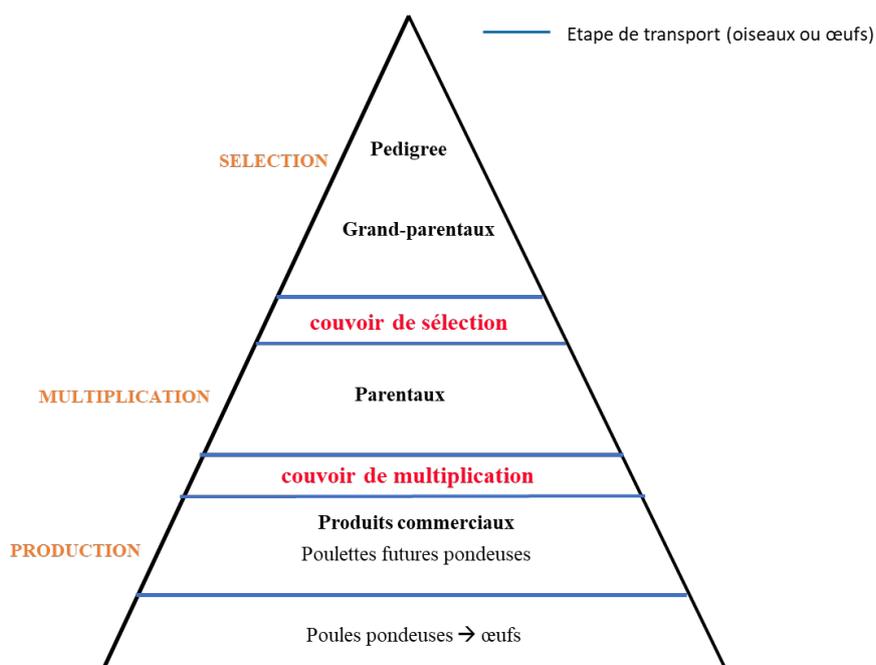


Figure 2 : Organisation pyramidale de la filière de production d'œufs de consommation

2.2 Caractéristiques des différents modes d'élevages de poules pondeuses en France

La production d'œufs de consommation en France est caractérisée par cinq modes d'élevage, définis en fonction des conditions de logement des poules (Figure 3) : les élevages offrant un accès à un parcours extérieur au bâtiment d'élevage représentent 49 % de la production et comprennent les élevages en plein air (26 %), biologiques (Bio, 16 %) et Label Rouge (7 %). Les élevages standards (en cages aménagées, hébergeant chacune de 20 à 60 oiseaux) représentent 24 % de la production. Les élevages au sol, y compris les volières, représentent 27 % de la production.

Une forte conversion des systèmes d'élevage en cage vers des systèmes alternatifs (tous les élevages dont les animaux ne sont pas élevés en cage : plein air, sol, Label Rouge et Bio) a été observée durant ces cinq dernières années (Agreste³ - Statistique agricole annuelle). En France, environ 76 % des poules pondeuses sont actuellement élevées dans des systèmes alternatifs à la cage.

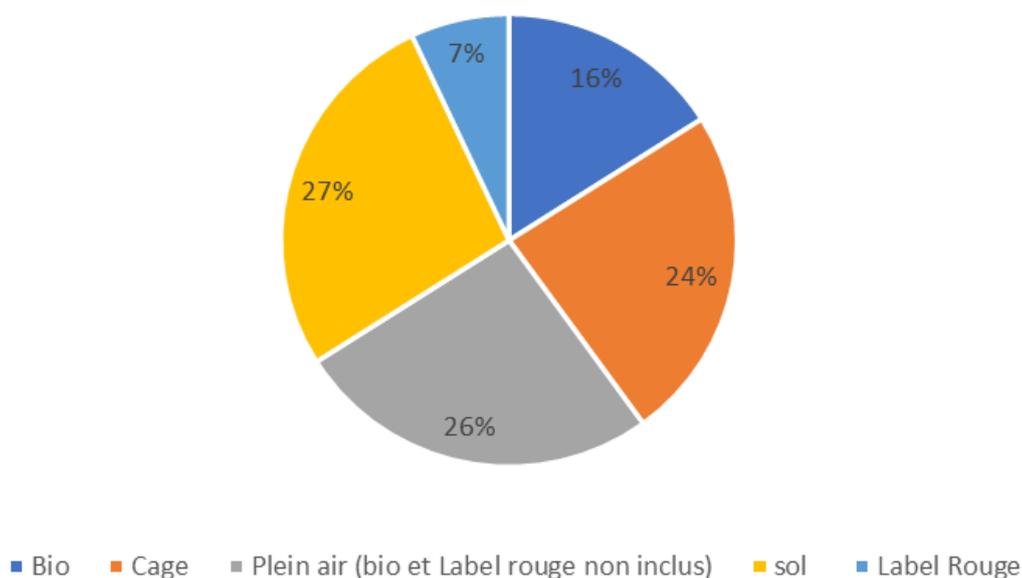


Figure 3 : Répartition du cheptel français de poules pondeuses par mode d'élevages pour l'année 2022 (Source : Agreste)

Les principales différences entre les modes d'élevage Bio, Label Rouge, plein air, au sol et en cage sont représentées dans le Tableau 1 ci-dessous. Les principaux critères de distinction des différents modes d'élevage sont l'accès à un parcours extérieur, la taille de l'élevage, la densité des animaux et l'alimentation.

³ https://agreste.agriculture.gouv.fr/agresteweb/download/publication/publie/GraFra2024Chap12.10/GraphAgri2024_aviculture-oeufs-foie-gras-cuniculture.pdf, consulté le 16 mai 2025

Tableau 1 : Principales caractéristiques différenciant les principaux modes d'élevage de poules pondeuses (source : Synalaf⁴)

Mode d'élevage / Critères	Bio	Label Rouge	Plein Air (non Bio et Label rouge)	Sol (incluant volières)	Cage
Premier chiffre du code inscrit sur la coquille des œufs	0	1	1	2	3
Taille de l'élevage	Un bâtiment de 3 000 poules maximum	Deux bâtiments de 6 000 poules maximum	Pas de taille maximale	Pas de taille maximale	Pas de taille maximale
Alimentation	100 % bio, sans Organisme génétiquement modifié (OGM)	Sans OGM, souvent enrichie en céréales	Standard, peut inclure des OGM	Standard, peut inclure des OGM	Standard, peut inclure des OGM
Espace intérieur	Maximum 6 poules/m ²	Maximum 9 poules/m ²	Maximum 9 poules/m ²	Maximum 9 poules/m ²	13 à 18 poules/m ² dans des cages aménagées
Espace extérieur	Minimum 4 m ² par poule, accès obligatoire	Minimum 5 m ² par poule, accès obligatoire	Minimum 4 m ² par poule, accès obligatoire	Aucun accès requis	Aucun accès requis
Enrichissement de l'environnement (minimum requis)	Perchoirs, litière	Perchoirs, litière	Perchoirs, litière	Perchoirs, litière	Perchoirs, zone de picotage grattage

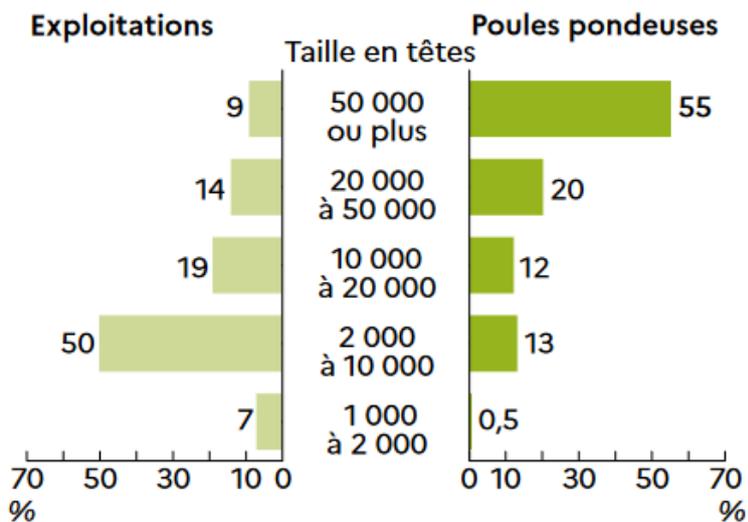
En France en 2020, la taille moyenne d'un élevage de poules pondeuses était de l'ordre de 20 000 poules (Figure 4).

Cette valeur moyenne traduit une grande variabilité selon le mode d'élevage mais aussi selon la région de production. Les élevages commerciaux peuvent être beaucoup plus grands, notamment dans les régions Bretagne et Pays de la Loire, qui sont des zones majeures de production d'œufs en France. Pour les élevages Bio, Label Rouge et plein air, la taille moyenne est plus petite en raison des exigences spécifiques de ces modes de production. La production d'œufs issue des petits élevages (moins de 250 poules pondeuses), représente une part très marginale de la production totale d'œufs de consommation en France. Souvent destinée à l'autoconsommation, à la vente directe au consommateur final, ou bien à l'approvisionnement d'un commerce de détail local, elle ne contribue qu'à un très faible pourcentage de la production nationale d'œufs.

En 2023, la production annuelle d'œufs en France était d'environ 14,5 milliards d'œufs, soit environ 930 000 tonnes⁵. Quarante-cinq pour cent des œufs sont commercialisés auprès des ménages, 20 % en restauration commerciale et 35 % sont destinés à la transformation sous forme d'ovoproduits.

⁴ <http://www.volaillelabelrouge.com/fr/les-oeufs-un-elevage-different/>, consulté le 16 mai 2025

⁵ <https://oeuf-info.fr/infos-filiere/les-chiffres-cles/>, consulté le 16 mai 2025



Note : les exploitations de 50 000 têtes ou plus représentent 9 % des exploitations de poules pondeuses et détiennent 55 % des effectifs.

Figure 4 : Structure des élevages de poules pondeuses en France pour l'année 2020 (Source : Agreste- Recensement agricole 2020)

3 *Salmonella* dans le contexte de la filière œufs de consommation en France

3.1 *Salmonella* : un enjeu de santé publique

Les salmonelloses humaines non typhiques sont des maladies zoonotiques responsables, dans certaines conditions, d'une infection principalement d'origine alimentaire. La transmission à l'être humain se fait essentiellement par voie alimentaire (entre 80 % et 95 % des cas de transmission, d'après Hald et al. 2016) lors de la consommation d'aliments contaminés, crus ou peu cuits ou recontaminés après l'étape de cuisson et dans lesquels la bactérie a pu, ou pas, se multiplier. En France, sur la période 2016-2021, les salmonelles étaient impliquées dans 36 % des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) à agent pathogène confirmé⁶. Les œufs et préparations à base d'œufs ainsi que les viandes de volailles étaient impliqués dans respectivement 46 % et 7 % des TIAC à *Salmonella* pour lesquelles l'aliment était connu (n=653)⁷. Le sérotype le plus souvent incriminé dans les TIAC est *S. Enteritidis*.

Moins fréquemment, la transmission de *Salmonella* par voie féco-orale peut se produire entre humains ou après contact avec des animaux infectés ou un environnement contaminé.

Les principaux symptômes d'une salmonellose sont caractéristiques d'un syndrome fébrile (nausées, vomissements, douleurs abdominales, diarrhées, maux de tête, frissons et hyperthermie à 39 - 40°C, etc.). L'évolution de la maladie est généralement favorable en quelques jours. Toutefois, elle peut évoluer vers une forme septicémique ou localisée, pouvant nécessiter une hospitalisation (Anses 2021). Les formules antigéniques de l'ensemble des sérotypes (ou sérovars) connus chez *Salmonella* sont répertoriées au sein du schéma de White-Kauffmann-Le Minor (Issenhuth-Jeanjean et al. 2014). Il existe une très grande diversité de sérotypes (plus de 2 600) qui doivent tous être considérés comme potentiellement pathogènes pour l'être humain (Anses 2021).

Le réservoir principal de *Salmonella* est le tractus gastro-intestinal des mammifères (porcs, bovins) et des oiseaux (dont les volailles domestiques⁸). Certaines sous espèces de *S. enterica* peuvent également être isolées d'autres sources, telles que les animaux à sang froid (reptiles, tortues) et les animaux aquatiques (mollusques, poissons). Les animaux représentent donc le réservoir primaire et principal de *Salmonella*. Du fait de son portage intestinal, de son excrétion et de sa capacité de survie, les pâturages, les sols et l'eau peuvent ainsi constituer des réservoirs secondaires de cette bactérie (Anses 2021).

3.2 Sources d'introduction et de persistance de *Salmonella* dans un élevage de poules pondeuses

Comme souligné précédemment, le tractus gastro-intestinal des volailles constitue une des principales sources de *Salmonella*, ces animaux étant souvent porteurs asymptomatiques de la bactérie (Anses 2021). Les poulettes infectées introduites dans le bâtiment d'élevage constituent ainsi une source de contamination par *Salmonella*. De plus, en raison de l'écologie et du caractère ubiquitaire de *Salmonella* dans l'environnement, d'autres voies d'entrée dans un élevage sont également possibles. Les experts ont illustré dans la Figure 5 toutes les sources possibles d'introduction : par exemple, les salmonelles

⁶ TIAC pour lesquelles l'agent pathogène a été isolé dans un échantillon d'origine humaine ou dans les aliments consommés par les malades.

⁷ Seules les TIAC pour lesquelles l'aliment est renseigné dans la base de données de Santé publique France, ont été considérées. L'aliment peut être confirmé ou suspecté.

⁸ Les données de fréquences de détection des salmonelles chez les oiseaux sauvages sont variables et parcellaires mais en moyenne, 10 % des oiseaux sauvages sont porteurs de *Salmonella*.

peuvent être isolées à partir des matières fécales de rongeurs ou d'animaux de compagnie susceptibles de s'introduire dans un élevage (Snow et al., 2010).

D'après un avis de l'Anses portant sur des enquêtes épidémiologiques réalisées dans des foyers de contamination salmonellique en 2020, « l'infestation du bâtiment et/ou du parcours par des rongeurs est l'hypothèse la plus fréquemment relevée dans les enquêtes » (Anses 2022). Les insectes (mouches, ténébrions, poux) peuvent également être responsables de l'introduction et du maintien de la présence de *Salmonella* dans les bâtiments d'élevage (Chousalkar et al., 2018). D'ailleurs, une étude a démontré, en conditions expérimentales, la capacité du pou rouge à transmettre *S. Gallinarum*, l'agent de la typhose aviaire, à un groupe de poules (Cocciolo et al. 2020). Des études montrent également que le personnel (éleveurs, vétérinaires, techniciens) ainsi que les visiteurs, sont susceptibles d'introduire des salmonelles dans un élevage de poules pondeuses. Il en est de même pour le matériel amovible (brouette, échelle, tracteur, etc.) et les véhicules circulant autour du bâtiment (Chousalkar et al., 2018 ; Snow et al., 2010). La contamination d'un élevage peut également se produire par l'intermédiaire des aliments destinés aux animaux ou par l'eau d'abreuvement. Si les différentes études n'ont jusqu'à présent pas permis de mettre en évidence l'importance prépondérante de l'une ou l'autre de ces sources d'introduction, aucune ne peut cependant être exclue comme point de départ d'une contamination.

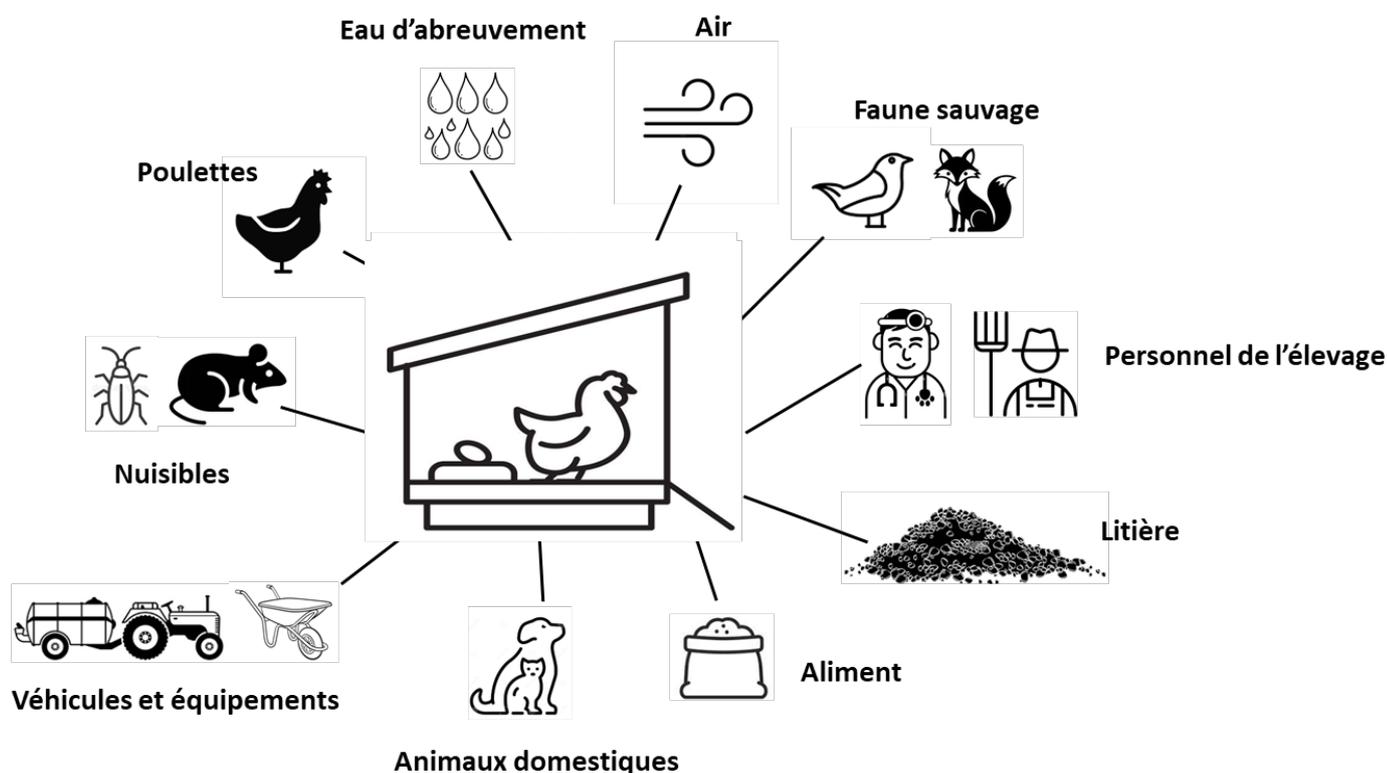


Figure 5 : Sources d'introduction et de persistance de *Salmonella* dans un élevage des poules pondeuses

Plusieurs études ont été menées pour déterminer l'influence du mode d'élevage (en cage ou hors cage) sur l'incidence de *Salmonella* chez les volailles, mais elles ont donné des résultats divergents (Van Hoorebeke et al. 2010 ; De Vylder et al. 2011 ; Jones et al. 2015). L'EFSA a relevé l'existence d'éléments contradictoires sur ce sujet après l'analyse des résultats de surveillance et d'une revue de littérature (EFSA, 2019). Une étude belge a montré, en réalisant des prélèvements sur 148 troupeaux, que 30,41 % des échantillons de poussières et 30,41 % des échantillons de fèces prélevés dans des bâtiments de poules pondeuses en cage fournissaient des résultats positifs pour les salmonelles, contre 0,67 % et

1,35 % respectivement ($p < 0,05$), dans le cas de poules pondeuses ayant accès à l'extérieur (Namata et al. 2008).

Il ressort des auditions des professionnels que l'accès au plein air serait un facteur de risque majeur de contamination du troupeau par *Salmonella*, mais il n'existe pas de consensus scientifique sur la question (Whiley et al. 2015).

3.3 Physio-pathogénie de l'infection chez les poules pondeuses

La contamination des poules pondeuses par *Salmonella* se fait très majoritairement par voie orale. La physiopathologie des salmonelles conduit à considérer deux modes de transmission : il s'agira de différencier la grande majorité des sérotypes de *Salmonella* pour lesquels la transmission est dite **horizontale**, de *S. Enteritidis* (et quelques rares souches de *S. Typhimurium*) pour lesquels une transmission dite **verticale** peut, en plus, intervenir. *Stricto sensu*, il s'agit pour cette dernière d'une transmission « **pseudo-verticale** » (Figure 6).

Après ingestion, *Salmonella* colonise fréquemment le jabot, plus rarement le proventricule et le duodénum et principalement et de manière persistante l'iléon, les caeca et le cloaque. Dans les quatre heures suivant l'infection, l'épithélium intestinal est colonisé et il est possible de retrouver des salmonelles dans la sous-muqueuse (Shah et al., 2016). Les salmonelles ont la capacité d'adhérer aux cellules épithéliales (en particulier celles du tractus digestif), de s'y introduire (épithéliocytes et cellules M de la plaque de Peyer), puis de s'y répliquer dans des vésicules d'internalisation où elles se maintiennent en évitant la constitution de lysosomes secondaires. Les bactéries se multiplient dans ces vésicules positionnées près du noyau des cellules puis finissent par être relarguées au niveau basal de la muqueuse où elles interagissent avec les cellules immunitaires. Cette infiltration entraîne une inflammation et l'afflux de cellules immunitaires dont des macrophages. *Salmonella* est également capable de survivre dans ces macrophages (Quinn et al., 2011). L'infection par *Salmonella* reste très majoritairement asymptomatique chez les poules pondeuses et dans la grande majorité des cas, elle est sous le contrôle de l'immunité, les bactéries étant circonscrites à la lumière du tube digestif. Si ces premières étapes sont communes aux deux modes de transmission (horizontale et verticale), la différenciation se fait après le franchissement de la barrière que constitue la muqueuse intestinale.

La transmission horizontale se fait par l'ingestion de bactéries (litière, aliment ou eau contaminés par les salmonelles), mais également à travers la poussière et les aérosols, ce qui permet la colonisation du tractus digestif. La transmission horizontale concerne l'ensemble des sérotypes (incluant *S. Enteritidis*) et correspond à l'excrétion des bactéries dans les fientes, initiant ainsi un nouveau cycle de contamination féco-orale au sein du troupeau. La réceptivité des individus à la colonisation par les salmonelles est variable selon leur âge : quelques centaines de bactéries suffisent à coloniser des poussins d'un jour, mais à l'âge de trois semaines c'est déjà plus d'un million de bactéries qui sont nécessaires pour entraîner l'infection. Chez les poules pondeuses, la réceptivité est plus importante à l'entrée en ponte, et diminue progressivement jusqu'au pic de production. La plupart des poules n'excrètent que pendant trois semaines après infection, mais l'excrétion peut être massive (jusqu'à environ 10^6 salmonelles par gramme de fientes) sans signes cliniques et sans affecter la ponte. Une partie du troupeau peut maintenir une excrétion active ou rester porteuse latente, avec une réactivation possible de l'excrétion pendant la durée de production (Martelli et al., 2017) sous l'effet de différents facteurs intercurrents (exemple : stress, mue). Au sein d'un troupeau infecté, en l'absence d'épisode clinique, la prévalence d'infection est généralement assez faible (inférieure à 5 %), mais peut atteindre 14 %, voire 67 % des individus hébergeant des salmonelles (Arnold et al 2010 ; Van Hoorebeke 2009).

Dans la **transmission verticale (*in ovo*)**, la poule reproductrice infectée transmet *Salmonella* à l'œuf au cours de sa formation, du fait de la contamination de l'ovaire et du tractus génital de l'animal (Cox et al. 2000). La capacité d'embryogenèse d'un œuf contaminé verticalement reste en débat (Baron et al. 2016 ; Cox et al. 2000), mais au-delà de cette question, la capacité de transmission au lot de poussins lors de l'éclosion au couvoir est largement avérée (Racicot et al. 2020 ; Cox et al. 2000) : on parle alors de transmission « pseudo verticale » (voir plus loin).

Pour *S. Enteritidis* et quelques isolats d'autres sérotypes comme *S. Typhimurium* (Isah et al. 2024), il peut en effet y avoir contamination des organes reproducteurs et particulièrement de la grappe ovarienne. Les ovaires et les oviductes des poules pondeuses sont les principaux sites de colonisation de *S. Enteritidis* à partir desquels se produit la transmission verticale aux œufs (Gantois et al. 2009). Cette particularité de *S. Enteritidis* explique pourquoi la contamination interne de l'œuf avant la ponte est possible pour ce sérotype. Dans un élevage infecté, environ 1 % des œufs sont contaminés au niveau de la surface de la coquille alors que dans le cas d'une contamination verticale, cette proportion est d'environ un œuf pour 10 000 pondus (Chemaly et al. 2009 ; Arnold et al. 2014). Ce mécanisme explique pourquoi la transmission de *S. Enteritidis* peut intervenir depuis l'étage de reproduction et jusqu'à un élevage de poulettes futures pondeuses, malgré l'application de mesures très strictes d'hygiène, voire de décontamination de la surface des œufs, au couvoir.

Comme rappelé dans un avis de l'Anses (Anses 2012), la **transmission « pseudo-verticale » (*ab ovo*)** fait aussi intervenir la contamination de la coquille des œufs par une salmonelle de l'environnement (contamination de l'œuf lors de son passage dans le cloaque, contamination fécale des nids, des tapis de convoyage, de l'équipement utilisé pour manipuler les œufs, etc.). Si la contamination est importante et survient à un moment proche de la ponte, et en fonction de l'humidité relative et la température (Messens et al 2005), les salmonelles présentes sur la surface de la coquille peuvent être aspirées à l'intérieur de l'œuf, intact ou fêlé, à mesure que l'œuf refroidit après avoir été pondus. Différents paramètres d'environnement ou de qualité de la coquille peuvent affecter l'efficacité de ce passage. Par ailleurs, un certain nombre de bactéries superficielles peuvent rester piégées au fur et à mesure que la cuticule se solidifie. Les bactéries ayant pénétré ou étant présentes dans l'œuf peuvent se multiplier ensuite au cours de l'incubation, puis être disséminées lors de l'éclosion des œufs voisins.

L'inter contamination des poussins au couvoir (il s'agit alors d'une transmission horizontale) peut ensuite être particulièrement efficace : une étude expérimentale a montré que 44 % des poussins éclos à partir d'œufs non contaminés, mais dans le même éclosoir que des œufs inoculés, étaient retrouvés contaminés par la salmonelle étudiée (Cason et al. 1994).

De nombreuses études ont révélé l'importance de l'hétérogénéité des niveaux d'excrétion dans le contexte des maladies zoonotiques. Certains individus infectés hébergent et excrètent *Salmonella* à des concentrations beaucoup plus élevées que d'autres animaux : ces individus, appelés « super-excréteurs », peuvent fonctionner comme une source permanente et disséminer continuellement *Salmonella* (Menanteau et al., 2018 ; Kempf et al. 2020). Si le microbiote intestinal des volailles semble jouer un rôle dans la régulation de la colonisation par *Salmonella*, son influence sur la super-excrétion de *Salmonella* est un domaine de recherche encore relativement récent. Il a été mis en évidence l'influence des modifications du microbiote intestinal des poulets (qu'elles soient dues à des facteurs environnementaux, à l'alimentation ou à l'utilisation de probiotiques), sur l'excrétion de *Salmonella* (Kempf et al. 2020).

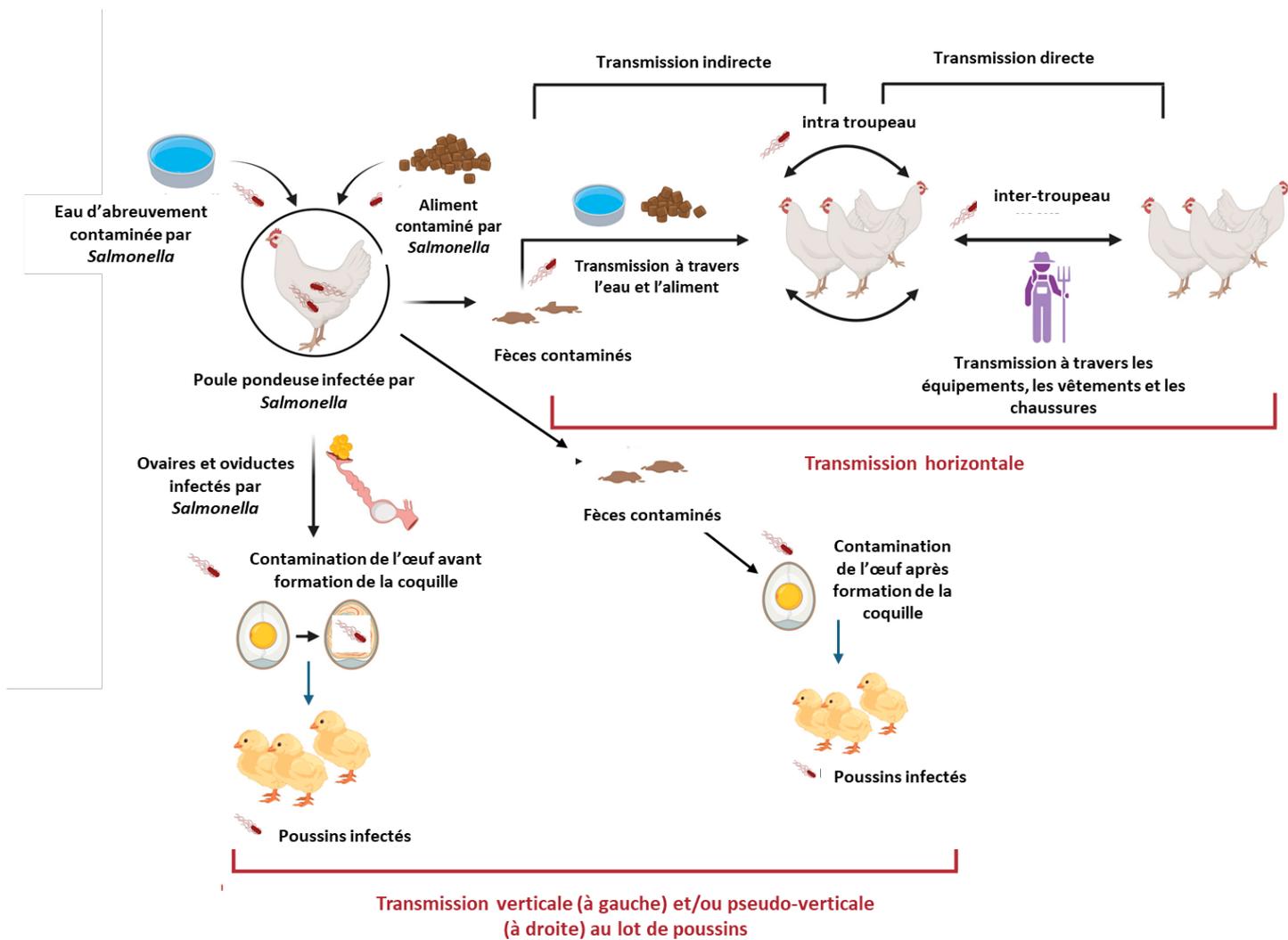


Figure 6 : Voies de transmission de *Salmonella* chez les poules pondeuses (extrait et adapté de Neelawala *et al.* 2024)

4 Organisation de la lutte contre *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses

4.1 Dispositifs de surveillance de *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses

4.1.1 Aspects réglementaires

Le règlement (CE) n° 2160/2003 visant le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques de la chaîne alimentaire dans l'UE décrit les exigences minimales de surveillance des salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et son variant monophasique 1,4,[5],12:i:-). Il est complété par le règlement (UE) n° 2019/268 modifiant le règlement (UE) n° 517/2011, qui détaille le programme de dépistage, notamment en termes de fréquence et de protocoles d'échantillonnage et d'analyse. Le règlement (UE) n° 2018/1882 sur la prévention et la lutte contre les maladies animales dans l'UE intègre les sérotypes de *Salmonella* qui induisent couramment des manifestations cliniques chez les volailles. C'est le cas par exemple de *S. Gallinarum*, *S. Pullorum* et *S. Arizonae*. Les infections à *S. enterica* subsp. *enterica* n'affectant pas cliniquement les volailles, mais qui sont responsables de TIAC chez l'être humain, ont été intégrées à la liste définitive des maladies d'intérêt national en France par l'arrêté ministériel du 03 mai 2022. Cet arrêté distingue :

- les salmonelloses aviaires du groupe 1 : infection à *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* (et ses variants monophasiques) et *S. Kentucky* pour tous les oiseaux des espèces *Gallus gallus* (poules) et *Meleagris gallopavo* (dindes) ainsi que *S. Hadar*, *S. Infantis* et *S. Virchow* pour les oiseaux reproducteurs de l'espèce *Gallus gallus*. Ces sérotypes sont systématiquement recherchés chez les espèces concernées lors des dépistages et des mesures de lutte sont mises en place en cas d'infection des troupeaux ;
- les salmonelloses aviaires du groupe 2 : infection par un autre sérotype que ceux du groupe 1. Ces infections font l'objet d'un dépistage avant les transferts d'oiseaux des espèces *Gallus gallus* et *Meleagris gallopavo* vers un autre élevage ou avant leur transport à l'abattoir. L'infection d'un troupeau par une salmonelle du groupe 2 n'entraîne pas de mesures de lutte. L'objectif de la surveillance est de détecter l'émergence ou l'augmentation d'incidence de salmonelles du groupe 2 dans les filières avicoles pouvant avoir un impact en santé humaine.

L'arrêté ministériel du 27 février 2023 relatif à la lutte contre les infections à *Salmonella* en filière œufs de consommation décline l'organisation de la surveillance des salmonelles des groupes 1 et 2 dans les troupeaux en France, intégrant des exigences spécifiques nationales. Le Tableau 2 présente les différences entre les dispositions communautaires et nationales pour le dépistage obligatoire réalisé par le vétérinaire sanitaire ou son délégué.

Tableau 2 : Dispositions prévues par le règlement (UE) n° 517/2011 modifié par le règlement (UE) n° 2019/268 et dispositions complémentaires de l'arrêté ministériel du 27 février 2023 pour le dépistage obligatoire de *Salmonella*, réalisé par le vétérinaire sanitaire ou son délégataire dans les troupeaux de poules pondeuses d'œufs de consommation

	Règlement (UE) n° 517/2011 modifié par le règlement (UE) n° 2019/268	Arrêté ministériel du 27 février 2023
Population sous surveillance	Troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses	Troupeaux de plus de 250 poules pondeuses ou livrant à un centre d'emballage
Sérotypes surveillés en cours de production	S. Enteritidis S. Typhimurium et son variant monophasique 1,4,[5],12:i:-	S. Enteritidis S. Typhimurium et les variants ⁹ 1,4,[5],12,i:- et 1,4,[5],12,-:1,2 et 1,4,[5],12,-:- S. Kentucky
Sérotypes surveillés avant abattage	Tous sérotypes	Tous sérotypes
Prélèvements	<p><u>Troupeaux élevés en cage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - deux pots de 150 g chacun de matières fécales analysés sous forme d'un seul échantillon composite ou, - au moins quatre chiffonnettes de matières fécales analysées sous forme d'un seul échantillon composite. <p><u>Troupeaux élevés au sol ou en plein-air :</u></p> <p>Deux paires de pédichiffonnettes et au moins deux chiffonnettes de matières fécales. Les quatre prélèvements sont analysés sous forme d'un seul échantillon composite.</p>	<p><u>Troupeaux élevés en cage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - deux pots de 150 g chacun de matières fécales, analysés sous forme d'un seul échantillon composite ou, - quatre chiffonnettes de matières fécales passées à l'extrémité de tous les tapis accessibles après qu'ils aient fonctionné et analysées sous forme d'un seul échantillon composite. <p><u>Troupeaux élevés au sol ou en plein-air :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - deux paires de pédichiffonnettes analysées sous forme d'un seul échantillon composite ou, - une paire de pédichiffonnettes et deux chiffonnettes de matières fécales analysées sous forme d'un seul échantillon composite. <p>À ces prélèvements de fientes se rajoutent <u>pour tous les modes d'élevage :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - une chiffonnette de poussière pour les troupeaux de 1 000 à 20 000 animaux ; - deux chiffonnettes de poussière pour les troupeaux de 20 001 à 50 000 animaux ; - trois chiffonnettes de poussière pour les troupeaux de 50 001 à 80 000 animaux ; - quatre chiffonnettes de poussière pour les troupeaux de plus de 80 000 animaux. <p>Ces chiffonnettes sont soumises séparément à analyse.</p>

⁹ Les formules antigéniques sont décrites dans le schéma de Kauffmann-White-Le Minor.

4.1.2 Organisation de la surveillance en France

La population soumise à la surveillance de *Salmonella* dans les élevages de poules pondeuses est constituée de tous les troupeaux de pondeuses hébergés dans un établissement détenant plus de 250 pondeuses ou livrant des œufs à un centre d'emballage. Le dépistage est réalisé, d'une part, par le vétérinaire sanitaire ou son délégataire dans le cas des prélèvements obligatoires et d'autre part, par l'autorité sanitaire (agent de la DD(ETS)PP) dans le cas des prélèvements officiels. Le vétérinaire sanitaire est responsable de la formation technique des personnes délégataires chargées de réaliser les prélèvements obligatoires. Les personnes délégataires peuvent être des techniciens avicoles, l'éleveur détenteur du troupeau ou ses employés. Les prélèvements doivent être faits à l'intérieur du lieu d'hébergement des volailles.

4.1.2.1 Modalités des dépistages obligatoires

Le protocole de prélèvement pour le dépistage obligatoire de *Salmonella* défini dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023, est repris dans le Figure 7 ci-dessous. Les prélèvements doivent être effectués quatre semaines après la mise en place des poulettes futures pondeuses dans le bâtiment et au plus tard lorsque les poules pondeuses ont vingt-quatre semaines d'âge. Les prélèvements sont ensuite espacés de 15 semaines pendant toute la durée de production. Une tolérance de plus ou moins deux semaines est accordée pour la réalisation du premier prélèvement. Le dernier prélèvement est réalisé dans les 10 semaines précédant la réforme dans les bâtiments en cage ou en volière, ou dans les six semaines précédant la réforme pour les autres modes d'élevage.

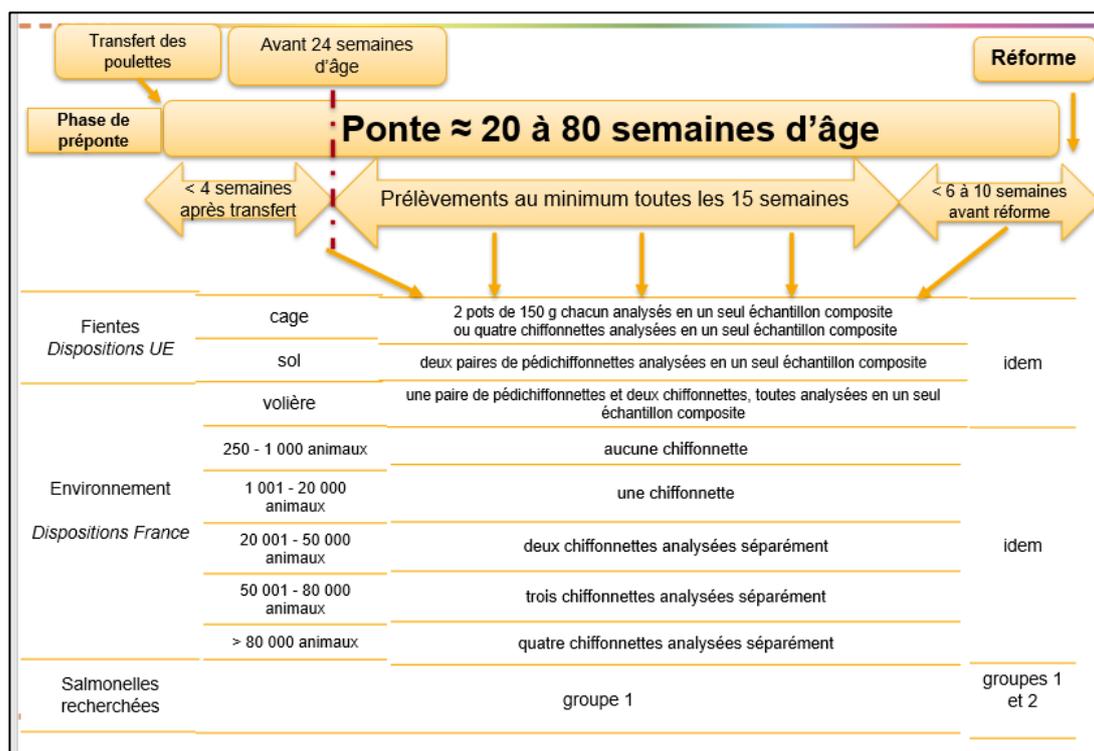


Figure 7 : Protocole de prélèvement pour le dépistage obligatoire de *Salmonella* dans les troupeaux de poules pondeuses en France

4.1.2.2 Modalités de dépistages officiels

Tout comme les prélèvements obligatoires, les prélèvements officiels relèvent d'obligations communautaires. Comme rappelé dans l'instruction technique du 16 avril 2024, « la bonne réalisation

des prélèvements officiels dans les élevages au stade ponte conditionne le versement du cofinancement européen. Leur réalisation est une priorité des services ».

Les prélèvements officiels sont réalisés une fois par an et par élevage, dans les troupeaux de plus de 1 000 pondeuses et à la mise en place de poules pondeuses dans un bâtiment ayant hébergé un troupeau précédemment infecté par une salmonelle du groupe 1. Il s'agit d'une obligation communautaire.

D'après l'arrêté ministériel du 27 février 2023, ces prélèvements officiels comprennent, en plus d'un prélèvement de fientes, un prélèvement de poussière de 250 mL¹⁰ collectées dans tout le bâtiment ou deux chiffonnettes de poussière réunies, analysées sous forme d'un échantillon composite. À la discrétion du préleveur, ces prélèvements peuvent être complétés par des chiffonnettes de poussière en fonction de la capacité du lieu d'hébergement.

La traçabilité des dépistages obligatoires et officiels sur un troupeau est assurée par l'édition automatique d'un document d'accompagnement des prélèvements (DAP) transmis par le préleveur, au laboratoire, comprenant les principales informations commémoratives des prélèvements à l'élevage.

4.1.2.3 Analyses des prélèvements au laboratoire

Les prélèvements obligatoires réalisés par l'exploitant sont analysés dans des laboratoires reconnus ou agréés par l'autorité compétente. Quant aux prélèvements officiels, ils sont analysés uniquement par des laboratoires agréés à cette fin par le ministère chargé de l'agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA)¹¹, conformément aux dispositions prévues à l'article R. 202-8 du code rural et de la pêche maritime. La liste des laboratoires agréés et reconnus pour la détection de *Salmonella* est disponible sur le site internet du MASA.

Afin de réaliser les analyses, le laboratoire doit disposer d'une accréditation garantissant qu'il fonctionne dans le respect de la norme NF EN ISO/IEC 17025 (2017). Cette accréditation est délivrée par un organisme national d'accréditation exerçant son activité conformément au règlement (CE) n° 765/2008. Les analyses sont également réalisées sous accréditation, excepté (au moment de la rédaction du rapport) pour l'étape de différenciation des souches de *Salmonella* vaccinales des souches de *Salmonella* dites sauvages (Tableau 3). La recherche des salmonelles est effectuée selon les textes de référence correspondant à la norme NF U 47-100 ou à la norme NF U 47-101.

¹⁰ le règlement (UE) n°517/2011 évoque un échantillon de 100 g de poussière prélevée en plusieurs endroits du poulailler sur des surfaces visiblement poussiéreuses.

¹¹ <https://agriculture.gouv.fr/laboratoires-officiels-et-reconnus-en-alimentation>, consulté le 16 mai 2025

Tableau 3 : Liste des méthodes d'analyse et qualifications nécessaires des laboratoires pour la recherche des salmonelles dans différents prélèvements réalisés dans les élevages de reproducteurs, de futures pondeuses et de pondeuses d'œufs de consommation.

Nature et lieux du prélèvement	Méthodes	Agrément	Reconnaissance
Chiffonnettes d'environnement, poussière, pédichiffonnettes ou fientes	NF U 47-100	1	1
Garnitures de fonds de boîtes des poussins	NF U 47-100	1	1
Aliment pour animaux prélevé à l'élevage	NF U 47-100	1	1
Œufs bêchés ¹² non éclos	NF U 47-101	1	2
Foies, ovaires, caeca	NF U 47-101	1	2

Agrément 1 : dépistage bactériologique de Salmonella enterica subsp. enterica et sérotypage des souches isolées dans les prélèvements d'élevage et de couvoir, les organes de volailles.

Reconnaissance 1 : méthodes d'analyse en santé animale - Recherche par l'isolement et identification de tout sérovar ou de sérovar(s) spécifié(s) de salmonelles dans l'environnement des productions animales

Reconnaissance 2 : méthodes d'analyse en santé animale - Recherche par l'isolement et identification de tout sérovar ou de sérovar(s) spécifié(s) de salmonelles chez les oiseaux

Les prélèvements doivent parvenir au laboratoire au plus tard dans les deux jours ouvrés (samedi, dimanche et jours fériés exclus) après la réalisation du prélèvement. Ils doivent être en quantité suffisante, c'est-à-dire un minimum de 25 g pour les fientes et 10 g pour les poussières ou litières (soit environ deux pots de 180 mL pleins). Les prélèvements sont analysés dès leur arrivée au laboratoire ou réfrigérés jusqu'à leur mise en analyse qui doit se faire au plus tard 96 heures après le prélèvement des échantillons. Cette analyse passe par une étape de pré-enrichissement des échantillons puis par des phases d'enrichissement, d'isolement et d'identification (méthodes NF U 47-100 et NF U 47-101).

Les résultats des dépistages obligatoires et officiels réalisés par les laboratoires agréés sont directement transmis par ceux-ci dans la base de données SIGAL du MASA.

4.1.2.4 Prélèvements de confirmation

En cas de dépistage fournissant un résultat positif, c'est-à-dire d'isolement d'une salmonelle de groupe 1 dans au moins un des échantillons prélevés, le règlement (CE) n° 2160/2003 ouvre la possibilité de réaliser une nouvelle série de prélèvements, dits de confirmation, pour « exclure les faux résultats positifs initiaux ». La confirmation est limitée aux situations où il existe « un doute sérieux » de contamination des prélèvements initiaux lors de leur réalisation, transport ou analyse (arrêté ministériel du 27 février 2023). Une à deux séries de prélèvements de confirmation, comprenant *a minima* cinq prélèvements composites de fientes, deux prélèvements de poussière et un prélèvement d'aliment, sont réalisés dans le troupeau suspecté d'infection par la DD(ETS)PP. La suspicion d'infection est confirmée en cas d'isolement de salmonelle ou levée en cas de résultats négatifs sur l'ensemble des échantillons analysés. Avant 2018, des prélèvements de confirmation étaient systématiquement réalisés en France suite à un premier dépistage obligatoire positif dans un troupeau de poules pondeuses, menant à la confirmation de la suspicion dans environ deux tiers des cas (Collineau et al. 2021). Depuis 2018, le recours à la confirmation est strictement limité aux cas de doute sérieux sur les résultats initiaux, en cohérence avec la réglementation européenne.

Lors de son audition, le CNPO a fourni au GT des données de recontrôles volontaires menés par les éleveurs et obtenus sur des troupeaux de poules pondeuses mis sous APDI, suite à un premier contrôle positif en *Salmonella* (Annexe 5). L'analyse de ces résultats par le GT a montré que 90 % des troupeaux qui avaient été identifiés initialement positifs en un sérotype *Salmonella* du groupe 1, à partir d'un prélèvement d'environnement et de fientes, étaient également retrouvés positifs lors de prélèvements de

¹² œufs fécondés contenant des poussins non éclos.

recontrôle¹³. En revanche quand l'un des deux prélèvements était retrouvé initialement positif, seuls un tiers des résultats obtenus lors des prélèvements de recontrôles étaient également positifs en *Salmonella* du groupe 1. Ces résultats confirment l'intérêt d'associer des prélèvements d'environnement à des prélèvements de fientes pour identifier le statut sanitaire en *Salmonella* des troupeaux de poules pondeuses.

Les professionnels auditionnés ont fait part au GT de leur impression que, lorsque la souche identifiée suite au premier dépistage était *S. Enteritidis*, la probabilité d'obtenir un résultat positif lors des prélèvements de recontrôle était plus élevée. L'analyse de ces données par le GT n'a toutefois pas montré une corrélation entre le sérotype *Salmonella* initialement identifié et un résultat positif de recontrôle (n = 64, test de Khi², p > 0,05).

4.2 Mesures de police sanitaire

L'isolement d'une *Salmonella* du groupe 1 dans un troupeau de poules pondeuses entraîne l'application de mesures de police sanitaire. Le troupeau reconnu infecté est réformé de façon anticipée par abattage et les œufs sont détruits. Par dérogation, le troupeau peut être maintenu en production, les œufs étant alors exclusivement destinés à la fabrication d'ovoproduits, selon un process comprenant un traitement thermique garantissant la destruction des salmonelles. Après élimination du troupeau infecté, l'éleveur doit procéder à un nettoyage et à une désinfection du site d'élevage, suivis d'un vide sanitaire. La remise en place d'un troupeau de pondeuses n'est possible qu'après un contrôle du nettoyage-désinfection (ND) réalisé par la DD(ETS)PP. Ce contrôle repose sur une vérification visuelle de la qualité du nettoyage et un contrôle bactériologique ciblant tous les sérotypes de salmonelles¹⁴. Le test bactériologique permet de s'assurer de l'efficacité du ND, c'est-à-dire d'une absence de *Salmonella*.

Les propriétaires de troupeaux de volailles de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation ainsi que d'établissements d'accouaison peuvent adhérer à une charte sanitaire. Il s'agit d'une reconnaissance délivrée par le préfet aux propriétaires de troupeaux de volailles que ceux-ci respectent les conditions d'aménagement et de fonctionnement visant à prévenir l'apparition et la propagation des infections salmonelliques (arrêté ministériel du 26 février 2008). Les élevages adhérents à la charte sanitaire peuvent prétendre en cas de troupeau infecté, à une indemnisation des animaux abattus et à une participation de l'État aux coûts de ND. En 2023, 1 361 316 poules pondeuses d'œufs de consommation ont été éliminées dans 153 foyers dans le cadre des mesures de gestion des troupeaux infectés par les salmonelles en France (Huneau - Salaün et al. 2024).

4.3 Moyens de lutte mis en œuvre

4.3.1 Mesures de biosécurité

D'après le code sanitaire des animaux terrestres de l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA¹⁵), la biosécurité désigne « un ensemble de mesures de gestion et d'agencements physiques destinés à réduire le risque d'introduction, d'établissement et de propagation de maladies, d'infections ou d'infestations animales en direction, en provenance ou au sein d'une population animale ». L'application des mesures de biosécurité en élevages a pour objectifs¹⁶ :

¹³ Le type de prélèvement utilisé dans le cadre des recontrôles n'est pas précisé.

¹⁴ Dans le cas d'un résultat bactériologique non satisfaisant, les opérations de ND sont répétées jusqu'à l'obtention de résultats négatifs.

¹⁵ <https://www.woah.org/en/what-we-do/standards/codes-and-manuals/terrestrial-code-online-access/>, consulté le 16 mai

¹⁶ <https://www.fmv-biosecurite.ulg.ac.be/generale/definitions.php>, consulté le 16 mai

- de prévenir ou de limiter l'introduction de contaminants : on parle aussi de biosécurité « externe », voire de « bioexclusion » ;
- de prévenir ou de limiter la circulation et la diffusion de contaminants : il s'agit de mesures de biosécurité « interne » ou « biocompartimentation » ;
- de prévenir la diffusion de contaminants en dehors de l'élevage, vers d'autres troupeaux (« bioconfinement »).

Des mesures de biosécurité dans les élevages de volailles notamment de poules pondeuses, apparaissent donc indispensables pour réduire l'exposition des animaux à *Salmonella* (Sylejmani et al. 2016). Ces mesures consistent à isoler les différents compartiments et à assurer une procédure de ND appropriée (cf. partie 4.3.2). Pour garantir cet isolement, un zonage de l'exploitation qui sépare zone publique, zone professionnelle et zone d'élevage, doit être mis en œuvre (Figure 8). Les abords des bâtiments doivent être entretenus et dégagés. Les unités de production doivent être séparées physiquement et fonctionner en bande unique tout plein-tout vide (arrêté ministériel du 29 septembre 2021). Les bâtiments doivent être étanches vis à vis des nuisibles, des oiseaux, ainsi que des animaux de compagnie (chiens, chats). Ceci s'applique également aux silos d'aliments. Les bâtiments et les silos doivent être facilement nettoyables et désinfectables. Les personnes intervenant sur site doivent être formées à la biosécurité et appliquer les mesures *ad hoc*, à savoir le passage par un sas sanitaire où elles doivent se laver les mains et se changer. Dans le cas de la présence d'un parcour, des mesures spécifiques peuvent être proposées comme la délimitation par une clôture, le fauchage régulier, etc. La gestion des cadavres et des effluents complète le dispositif, qui doit faire l'objet d'une traçabilité au travers notamment d'un registre d'élevage complet et à jour, d'un plan de circulation et d'un plan de gestion des flux.

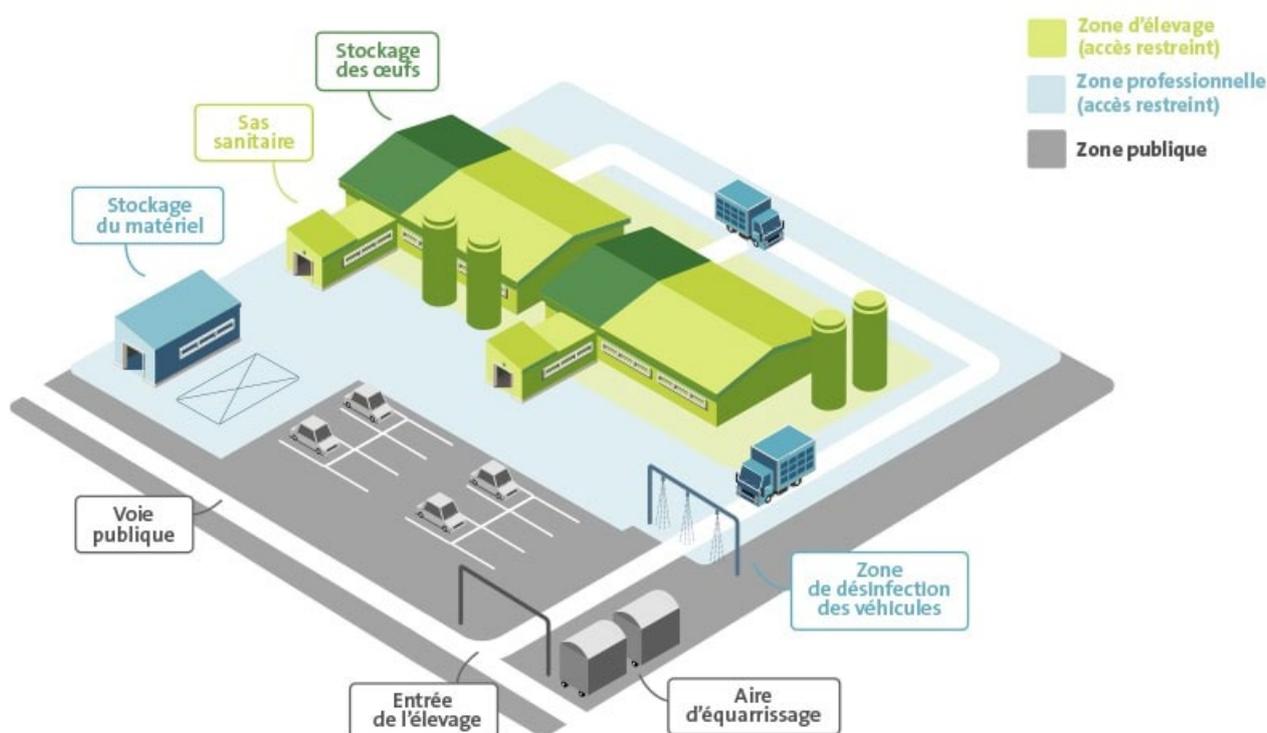


Figure 8 : Zonage d'un élevage de poules pondeuses (source : Theseo¹⁷)

Afin d'aider les éleveurs à évaluer la conformité de leurs dispositifs et pratiques d'élevage, plusieurs outils d'auto-évaluation de la biosécurité ont été mis en place. C'est le cas par exemple de l'application

¹⁷<https://www.theseo-biosecurity.com/nos-expertises/poules-pondeuses/>, consulté le 16 mai 2025

PULSE¹⁸ proposée par l'Institut technique des filières avicole, cunicole et piscicole (ITAVI) ou bien de l'outil Biocheck.UGent¹⁹ développé par l'Université de Gand en Belgique. Ces outils d'auto-évaluation, fondés sur des systèmes de notation et d'enquêtes en ligne, permettent d'identifier les axes d'amélioration à mettre en place mais aussi de comparer les notations avec celles des autres élevages disponibles et de mesurer les progrès réalisés pour un même élevage.

4.3.2 Nettoyage-désinfection

Les opérations de ND des bâtiments d'élevages sont essentielles pour rompre les cycles de contamination voire de persistance des agents pathogènes, en particulier des salmonelles, dans les élevages. La mise en œuvre correcte et rigoureuse de ces procédures permet également d'éviter la recontamination des troupeaux. Pour les élevages avicoles, le ND est généralement combiné à un vide sanitaire dont la durée est inscrite dans les guides de bonnes pratiques d'hygiène selon les modes de production. Après le départ des poules pondeuses du bâtiment, le fumier et les déjections doivent être retirés et les tracteurs et autres matériels de manipulation du fumier doivent être décontaminés. Le ND des locaux d'élevage ainsi que des équipements est effectué selon un protocole écrit, en utilisant des produits de nettoyage et de désinfection autorisés par la réglementation. Ce protocole doit également prendre en compte la lutte contre les animaux nuisibles et notamment les rongeurs, les insectes et les acariens indésirables ainsi que la décontamination des abords. Les bâtiments d'élevage et les silos doivent être facilement nettoyables et désinfectables. Toutefois, en fonction des équipements des bâtiments, les procédures peuvent être plus ou moins aisées à mettre en œuvre, car certains équipements peuvent se révéler plus difficiles à démonter et, par conséquent, à nettoyer (exemple des cages, Huneau-Salaün et al. 2010). En outre, les équipements métalliques sont sensibles à la corrosion, ce qui peut amener à privilégier un nettoyage à sec plutôt qu'à l'eau, limitant ainsi l'efficacité du dispositif.

Le ND fait partie des mesures de gestion appliquées en cas de contamination d'un troupeau de pondeuses par une salmonelle réglementée du groupe 1. Les opérations de ND sont généralement supervisées par le vétérinaire sanitaire de l'élevage. Elles comprennent l'élimination de toute substance potentiellement infectieuse sur le site d'élevage, comme les effluents issus du troupeau infecté ou l'élimination de l'aliment distribué à ces animaux. Des contrôles des opérations de ND des bâtiments d'élevage sont réalisés par les agents des DD(ETS)PP au cours des vides sanitaires. Ces contrôles se font toujours à travers une appréciation visuelle de la qualité du nettoyage ainsi que par le biais d'un contrôle bactériologique de la qualité de désinfection. Un résultat attestant d'une absence de *Salmonella* permet de valider l'efficacité de celui-ci (instruction technique du 16 avril 2024).

4.3.3 Vaccination

L'objectif de la vaccination des poules pondeuses est de réduire ou de prévenir :

- la colonisation intestinale par les salmonelles, ce qui réduit l'excrétion fécale et la contamination de la coquille d'œuf ;
- l'infection systémique, ce qui réduit la localisation dans les tissus reproducteurs et, par conséquent, la contamination du contenu de l'œuf.

Au moment de la rédaction du rapport, les données renseignées dans la base de données SIGAL en lien avec le statut vaccinal du troupeau, ne sont pas consolidées et ne permettent pas de fournir des informations précises sur la couverture vaccinale en France.

¹⁸<https://www.itavi.asso.fr/publications/pulse-l-outil-d-evaluation-de-la-biosecurite-en-elevage-de-volailles-de-chair-poules-pondeuses-et-palmipedes>, consulté le 16 mai 2025

¹⁹<https://biocheckgent.com/fr/>, consulté le 16 mai 2025

Deux types de vaccins sont actuellement disponibles sur le marché : les vaccins à bactéries inactivées, administrés par voie parentérale et les vaccins à bactéries vivantes atténués, administrés par voie orale (eau de boisson). Ces vaccins contribuent à diminuer l'infection et l'excrétion de *Salmonella* mais n'empêchent pas leurs survenues (Obe et al. 2023). De plus, la vaccination ne dispense pas des mesures d'hygiène générale, de biosécurité ni des procédures de ND dans les élevages (de Freitas Neto et al. 2008).

Les vaccins disponibles en France (Annexe 6) peuvent être à bactéries inactivées ou vivantes et contenir une ou plusieurs souches (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* mais aussi *S. Infantis*). Ces vaccins ont montré leur efficacité vis-à-vis de souches du même sérotype voire de mêmes sérogroupes²⁰, en réduisant la contamination et l'excrétion. Dans le cas spécifique des vaccins à bactéries vivantes, une stratégie DIVA (Differentiating Infected from Vaccinated Animals) est obligatoire, permettant ainsi de distinguer la(les) souche(s) vaccinale(s) des souches sauvages lors du dépistage. Selon l'instruction technique du 16 avril 2024, « la vaccination avec des vaccins vivants ne peut être réalisée que dans des troupeaux élevés dans des lieux d'élevage respectant les prescriptions de fonctionnement et d'aménagement de la charte sanitaire ; c'est-à-dire dans un lieu d'élevage disposant d'une charte sanitaire valide ou d'une charte sanitaire retirée pour ré-occurrence alors qu'il respecte la réglementation relative à la charte sanitaire ».

4.3.4 Autres stratégies de lutte

Des méthodes alternatives et complémentaires peuvent être envisagées, qui concourent également à lutter contre les infections par les salmonelles. Ainsi, le recours à l'exclusion compétitive est connu depuis les années 1970 : certaines données de la littérature ont montré que des stratégies fondées sur l'alimentation des animaux (exemple : prébiotiques, probiotiques, etc.) pouvaient être efficaces, en empêchant les salmonelles de coloniser le tube digestif ou en les inhibant (Ruvalcaba-Gomez et al. 2022, Hoepers et al. 2024). L'acidification de l'eau de boisson avec des acides organiques contribue également à réduire la colonisation du tube digestif des animaux par des salmonelles (Mantzios et al. 2023).

L'exclusion compétitive peut être également utilisée dans l'environnement de production, à l'aide de cocktails de bactéries pulvérisées sur la litière et les surfaces ouvertes, le but étant d'empêcher l'implantation des salmonelles en cas d'introduction dans le bâtiment (Bucher et al. 2020).

Les traitements thermiques des aliments destinés aux volailles peuvent contribuer à obtenir un niveau de contamination très faible en salmonelles, à condition que les barèmes du traitement appliqué soient parfaitement maîtrisés et adaptés. Les acides organiques peuvent aussi être utilisés en complément d'un traitement thermique (Anses 2018).

D'autres méthodes plus anecdotiques comme le recours aux phages spécifiques des salmonelles ou phagothérapie (Loponte et al. 2021) ont été également décrites dans la littérature scientifique.

²⁰ Ensemble de sérotypes qui ont en commun un facteur O majeur. Par exemple le sérotype B auquel appartient le sérotype *S. Typhimurium* a en commun le facteur O4

5 Réponses aux questions de la saisine

5.1 Réponse à la question 1 : les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ?

5.1.1 Les prélèvements de fientes : un indicateur direct mais peu sensible de la contamination du troupeau

Le GT rappelle que, dans le cas d'une transmission horizontale (cf. partie 3.3), les salmonelles sont excrétées dans les fientes. Ainsi, dans le cadre du dépistage de *Salmonella* chez les poules pondeuses, la recherche de ces bactéries dans cette matrice s'est rapidement imposée par rapport à d'autres options, comme l'isolement des salmonelles à partir du contenu digestif ou d'écouvillonnage cloacal (Davies et al. 2011). D'une part, le prélèvement de fientes ne nécessite aucune manipulation des poules, ce qui rend cette méthode compatible avec un dépistage de routine régulier. D'autre part, la sensibilité du dépistage à partir d'un prélèvement composite de fientes est supérieure à celle estimée pour des analyses de caeca ou d'ovaires. Ainsi, selon l'article d'Arnold et al. (2010), l'analyse de 300 prélèvements de caeca ou d'ovaires a montré une sensibilité inférieure à celle des prélèvements de fientes.

5.1.1.1 L'excrétion intermittente : une notion à considérer

Les poussins sont plus susceptibles d'être contaminés par *Salmonella* quand ils sont jeunes. Une étude expérimentale a montré que six mois après administration orale de *S. Enteritidis* chez des poussins d'un jour, près de la moitié d'entre eux continuent d'excréter la bactérie (Gast et Holt 1998). Certaines souches de *S. Enteritidis* peuvent persister dans l'intestin jusqu'à 22 semaines après une exposition orale, même chez des adultes (Gast et Beard 1990). Les animaux excrètent alors la bactérie de façon continue ou intermittente, avec une réactivation possible de l'excrétion (Martelli et al. 2017). L'excrétion intermittente ne préjuge pas de la quantité de *Salmonella* excrétées ni de la durée de cette phase d'excrétion (Davies et Carrique-Mas 2011).

Dans une étude menée par Van Immerseel *et al.* en 2004, deux groupes composés chacun de 54 poussins ont été infectés par voie orale avec une souche de *S. Enteritidis* : le premier groupe a reçu une dose faible (10^2 Unité formant colonie - UFC - après un jour d'éclosion) et le deuxième groupe une dose élevée (10^9 UFC une semaine après l'éclosion). Le schéma et la durée de l'excrétion fécale ont été étudiés pendant 18 semaines. Tous les poulets ont excrété des salmonelles peu après l'infection, de manière intermittente, pendant toute la période de l'étude. Dans ce contexte, les périodes d'excrétion/non excrétion des animaux étaient souvent asynchrones. Il y avait par ailleurs plus d'oiseaux avec des résultats positifs dans le groupe ayant reçu la dose élevée que dans le groupe ayant reçu la dose faible, au cours des premières semaines suivant l'exposition à *Salmonella*. Toutefois, 10 semaines après l'infection, les oiseaux infectés par voie orale avec la faible dose de *S. Enteritidis* étaient plus fréquemment excréteurs de salmonelles que les oiseaux ayant reçu la forte dose, ce qui est probablement à mettre en lien avec l'âge à l'inoculation et éventuellement une exclusion compétitive assurée par le microbiote des poussins âgés d'une semaine lors de l'inoculation de la dose élevée. À l'âge de 18 semaines, il n'y avait pas de différence dans la colonisation des caeca entre les deux groupes, avec 25 % à 28 % des animaux concernés. Toutefois, dans les deux groupes, des discordances pouvaient être observées entre l'excrétion fécale au dernier prélèvement et la présence ou l'absence de *Salmonella* dans le contenu cæcal des mêmes animaux. L'infection expérimentale des poussins

nouvellement éclos avec une faible dose de *S. Enteritidis* peut conduire à une infection persistante jusqu'au début de la ponte, ainsi qu'à une excrétion intermittente des salmonelles.

5.1.1.2 Sensibilité de détection du dépistage à partir de prélèvements de fientes

Sur des troupeaux de poules pondeuses, Schulz et al. (2011) ont observé à travers un suivi longitudinal, une excrétion intermittente de *Salmonella*, généralement à un faible niveau, jusqu'à l'abattage des animaux. L'excrétion intermittente des salmonelles dans les fientes explique qu'il peut être difficile de confirmer l'infection d'un troupeau à partir des seuls prélèvements de fientes, et en particulier au sein d'un troupeau vacciné (Davies et Breslin 2004). Dans ce contexte, il apparaît nécessaire d'augmenter le nombre de prélèvements afin d'améliorer la probabilité de détection. Une étude menée par Arnold et al. en 2011, sur des troupeaux de poules pondeuses, a révélé que la sensibilité de détection à partir d'échantillons groupés était plus élevée que celle des échantillons considérés individuellement. En effet, la prévalence au sein des troupeaux de volailles infectés par *Salmonella* étant souvent faible (Van Hoorebeke et al. 2009 ; Van Hoorebeke et al. 2010 ; Arnold et al. 2010) et les niveaux d'excrétion variables d'un individu à un autre, la probabilité de détecter la présence de *Salmonella* est augmentée par le regroupement de prélèvement de fientes issus d'un grand nombre d'individus et par le nombre de prises d'essais analysées (c'est à dire la quantité de fientes effectivement mise en analyse au laboratoire). Cependant, un effet de dilution était observé pour les analyses groupées, dû au mélange d'échantillons contenant des salmonelles et d'échantillons n'en contenant pas (Davies et Carrique-Mas 2011 ; Arnold et al. 2011).

Les travaux de Mahé et al. (2008) ont montré que la probabilité de détection de *Salmonella* dans un troupeau augmentait avec le nombre d'échantillons de fientes analysés. Dans les élevages en cage, un plan d'échantillonnage fondé sur cinq prélèvements composites de fientes (cinq pots de fientes de 200 g à 300 g, chacun analysés séparément avec une prise d'essai de 25 g par pot) conduirait à une sensibilité du dispositif de dépistage proche de 50 % alors que celle-ci serait d'environ 20 % à partir d'un seul prélèvement de fientes. Pour les élevages au sol, la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir de cinq paires de pédichiffonnettes analysées séparément était estimée à environ 60 % alors que cette sensibilité n'était que de 25 % pour une seule paire de pédichiffonnettes. Tout plan de prélèvements de moins de cinq pots de fientes implique d'accepter une moindre sensibilité de dépistage de *Salmonella* dans un troupeau. Selon les résultats de l'étude de Mahé et al. (2008), la sensibilité du dispositif de dépistage fondée sur un seul prélèvement composite de matières fécales tel que prévu par la réglementation européenne, serait inférieure à 40 % dans tous les types d'élevages. Dans le cadre du dépistage obligatoire dans un élevage en cage ou au sol, et sous l'hypothèse d'une sensibilité de 40 % pour un prélèvement composite de fientes, le GT estime qu'il faudrait réaliser au moins cinq prélèvements composites de fientes pour atteindre une sensibilité supérieure à 90 % dans un troupeau infecté.

Pour résumer, le GT rappelle que la présence de *Salmonella* dans des prélèvements de fientes est une preuve directe de la contamination des poules pondeuses. Le prélèvement d'un seul échantillon composite de fientes, tel que prévu par la réglementation européenne, ne permet pas de dépasser une sensibilité de dépistage de 40 % d'un troupeau contaminé, car l'excrétion des animaux peut être de faible intensité et intermittente. Le recours à un plus grand nombre de prélèvements de fientes permet d'augmenter la sensibilité du dispositif de dépistage, cette sensibilité pouvant atteindre 90 % pour cinq prélèvements composites. Néanmoins, et en raison de l'excrétion intermittente d'un nombre souvent limité d'animaux contaminés dans les troupeaux, un autre type de prélèvements paraît intéressant à combiner avec celui des fientes pour améliorer l'évaluation du statut sanitaire du troupeau : il s'agit des prélèvements d'environnement.

5.1.2 Apport des prélèvements d'environnement

Comme précisé dans la partie 1.3.2.1 du rapport, il est entendu par prélèvement d'environnement, le recueil de poussière sédimentée sur les surfaces d'un bâtiment d'élevage autres que celles au contact des fèces (exemple : murs, systèmes d'aération, etc.). Ce recueil est réalisé i) soit en collectant manuellement une certaine quantité de poussière (g) ou un certain volume (mL) dans un contenant stérile, ii) soit en récupérant de la poussière à l'aide d'une chiffonnette passée sur des surfaces.

5.1.2.1 Intérêt microbiologique des prélèvements d'environnement

Un prélèvement d'environnement permet d'évaluer la contamination par *Salmonella* d'un bâtiment d'élevage à travers la détection de cette bactérie sur une ou plusieurs surface(s). Plusieurs études ont montré que, dès que des volailles infectées commençaient à excréter des salmonelles, l'environnement du bâtiment d'élevage (en particulier les couloirs de circulation du personnel, les mangeoires, les abreuvoirs, les tapis à œufs, etc.) devenait rapidement contaminé (Arnold et al. 2010, Davies et Carrique-Mas 2011). Ainsi, dans le cas où *Salmonella* est isolée à partir d'un prélèvement d'environnement réalisé dans le milieu de vie des animaux, il existe une forte probabilité que l'origine de cette contamination soit le troupeau. En effet, plusieurs études ont montré qu'il existe un lien entre des résultats positifs en salmonelles obtenues à partir des prélèvements d'environnement et la contamination d'un troupeau. Les premières études montrant cette relation datent des années 1990 (Altekruse et al. 1993, Henzler et al. 1994). En 1998, Henzler et al. ont montré que, pour un troupeau infecté par *S. Enteritidis*, le risque que ce troupeau produise des œufs contaminés augmentait avec le niveau de contamination des surfaces du poulailler. L'isolement de différents sérotypes de *Salmonella*, notamment *S. Enteritidis* et *S. Typhimurium*, à la fois dans les poussières et dans les fientes dans un même bâtiment est décrit dans plusieurs articles (Kingsbury et al. 2019 ; Much et al. 2007). De plus, Kingsbury et al. (2019) ont démontré qu'un lien phylogénétique existait entre des souches de *Salmonella* isolées à partir de prélèvements de fientes et de poussière. Plusieurs études décrites dans la bibliographie ont également montré qu'il existe une corrélation entre la contamination de l'environnement et celle des coquilles d'œufs destinés à la consommation (Henzler 1998 ; Camba et al. 2020), ce qui pose un risque majeur en termes de santé publique.

Comme souligné dans la partie 5.1.1.1, des résultats négatifs obtenus à partir de prélèvements de fientes ne signifient pas forcément que les animaux sont indemnes de salmonelles, étant donné que les volailles excrètent ces bactéries de façon intermittente. En effet comme mentionné plus haut, l'étude de Van Immerseel et al. (2004) révèle que des animaux non excréteurs peuvent être porteurs dans les caeca. En partant de ce constat et à la lumière des données bibliographiques développées ci-dessus, **le GT considère que les prélèvements d'environnement constituent une preuve indirecte de la contamination du cheptel.**

Le GT note également que la présence de salmonelles dans l'environnement de l'élevage augmente *de facto* le risque d'exposition et d'infection des volailles, ainsi que le risque de contamination des œufs destinés à la consommation. Ceci concerne également les nouveaux lots d'animaux introduits dans le bâtiment, étant donné que la poussière est une matrice où les salmonelles peuvent persister après les opérations de ND (Münster et al 2023 ; Dewaele et al. 2012) et y être isolées jusqu'à plusieurs années après la contamination initiale (Carrique Mas et al. 2008 ; McWhorter et al. 2019). En effet, les salmonelles peuvent survivre pendant des années dans la poussière et être remises en suspension lors de travaux (par exemple : pose de panneaux solaires, Martelli et al. 2017). La contamination par *Salmonella* de l'air ambiant d'élevages de poules pondeuses par le biais de poussière en suspension a été mise en évidence dans plusieurs études dont une menée au Japon sur 203 élevages (Iwabuchi et al. 2010). Par conséquent, **les experts considèrent que les prélèvements d'environnement constituent un indicateur du risque d'infection d'un troupeau au contact d'un environnement hébergeant des salmonelles. Ces prélèvements apportent donc une information supplémentaire par rapport au prélèvement de fientes, en termes de risque pour la santé publique.**

5.1.2.2 Sensibilité des prélèvements d'environnement

Plusieurs études bibliographiques ont montré que la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir des prélèvements de fientes n'était pas forcément meilleure que celle des prélèvements d'environnement. Ainsi, une revue systématique avec méta-analyse (Pacholewicz et al. 2023) a montré que dans des élevages en cage, la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir de prélèvements de poussière était plus élevée que celle des prélèvements de fientes (Odds ratio OR = 1,3 ; p = 0,002). Selon les auteurs, il n'y aurait pas une explication claire à cette différence. Une hypothèse avancée par le GT serait en lien avec la survie des salmonelles dans les poussières qui s'accumulent dans le bâtiment, dont le ND est difficile en raison de la présence des cages. Les publications analysées dans la revue de Pacholewicz et al. (2023) ont fait ressortir une grande hétérogénéité dans les modalités de réalisation des prélèvements d'environnement (type et nombre d'échantillons, lieux de prélèvement). Selon ces auteurs, les données issues de la littérature n'ont pas permis de recommander un protocole d'échantillonnage qui serait à appliquer. Par ailleurs, une étude européenne menée en 2004 - 2005 sur 5 310 troupeaux (European Commission DG SANCO 2004) à partir de deux échantillons de poussières et de cinq échantillons composites de fientes, a permis d'évaluer la prévalence de l'infection à *Salmonella* dans des troupeaux de poules pondeuses. L'analyse des résultats de cette étude européenne par Arnold et al. (2010) a montré que la sensibilité de dépistage de *S. Enteritidis* à partir des prélèvements d'environnement était supérieure à celle obtenue à partir des prélèvements de fientes. La proposition de combiner la réalisation de prélèvements de fientes et d'environnement, a été reprise dans le règlement (UE) n° 517/2011 pour les dépistages officiels réalisés par l'autorité compétente. Les travaux d'Arnold et de ses collaborateurs publiés en 2010 (Arnold et al. 2010) ont été répétés plusieurs années après (Arnold et al. 2014). Ces auteurs ont souligné une baisse de la prévalence intra-troupeau dans les troupeaux infectés suite à la mise en place du programme de lutte. Dans cette nouvelle évaluation, la modification de la prévalence intra-troupeau serait à l'origine d'une forte diminution de la sensibilité de dépistage à partir du prélèvement d'environnement pour les troupeaux élevés au sol. Cependant, la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir des prélèvements d'environnement demeure significativement supérieure à celle obtenue à partir des prélèvements de fientes pour les troupeaux élevés en cage. Ces résultats ont été également observés en France dans l'étude de Mahé et al. (2008). Ainsi, pour les troupeaux élevés en cage, la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir d'un prélèvement d'environnement était supérieure à celle obtenue à partir d'un prélèvement de fientes. En revanche, pour les troupeaux élevés au sol, cette sensibilité de dépistage était équivalente pour les deux types de prélèvements. Dans l'étude d'Arnold et al. (2011), des résultats convergents ont été obtenus, à savoir que la détection des salmonelles à partir des prélèvements de poussière était au moins aussi sensible qu'à partir des prélèvements de fientes. De même, Carrique-Mas et al. (2008) ont montré que la sensibilité de dépistage à partir de prélèvements de poussière était systématiquement supérieure à celle obtenue à partir du (des) prélèvement(s) de fientes. La quantité de poussière prélevée variait entre 15 g et 100 g et la quantité analysée (prise d'essai) variait entre 15 g et 25 g.

Pour résumer, au vu de la physiopathogénie de l'infection des poules pondeuses, seuls des prélèvements de fientes positifs en *Salmonella* permettent de détecter l'excrétion de cette bactérie par les volailles. Les prélèvements d'environnement permettent d'évaluer la contamination des surfaces d'un bâtiment d'élevage par *Salmonella*. Plusieurs études ont montré que dès que des volailles infectées commençaient à excréter des salmonelles, l'environnement du bâtiment d'élevage devenait rapidement contaminé. Ainsi, dans le cas où *Salmonella* est isolée à partir d'un prélèvement d'environnement réalisé dans le milieu de vie des animaux, il existe une forte probabilité que l'origine de cette contamination soit le troupeau. Bien qu'un prélèvement d'environnement ayant fourni un résultat positif pour *Salmonella* ne prouve pas à lui seul que les volailles sont excrétrices, le GT considère qu'il s'agit d'un indicateur indirect de la contamination du cheptel.

La sensibilité du dispositif de dépistage fondé sur un seul échantillon composite de fientes, tel que prévu par la réglementation européenne, est faible (inférieure à 40 % dans tous les modes d'élevages). De plus, l'analyse des données de la littérature par le GT a montré que la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir des prélèvements d'environnement était équivalente voire supérieure à celle obtenue à partir des prélèvements de fientes. Afin d'améliorer l'évaluation du statut sanitaire du troupeau, deux approches sont proposées par le GT :

- augmenter le nombre de prélèvements de fientes pour améliorer la sensibilité du dispositif de dépistage. L'étude de Mahé et al. (2008) a révélé que le recours à au moins cinq prélèvements composites de fientes permet d'augmenter la sensibilité du dispositif de dépistage, cette sensibilité pouvant atteindre 90 %. Cette approche, fondée sur des travaux de modélisation, a été expertisée par le GT dans la partie qui suit ;

- maintenir l'association des prélèvements d'environnement à des prélèvements de fientes telle que proposée dans l'arrêté du 27 février 2023, pour compenser en partie la faible sensibilité du dépistage fondé uniquement sur un prélèvement composite de fientes. Le GT est en faveur de cette approche car les prélèvements d'environnement apportent une information supplémentaire par rapport au prélèvement de fientes, en termes de risque pour la santé publique : la présence de *Salmonella* dans l'environnement de l'élevage augmente *de facto* le risque d'exposition et d'infection des volailles, donc le risque de contamination des œufs destinés à la consommation. Les salmonelles peuvent survivre pendant des années dans la poussière et être remises en suspension. Par conséquent, les experts considèrent que les prélèvements d'environnement constituent un indicateur du risque d'infection d'un troupeau au contact d'un environnement hébergeant des salmonelles.

5.2 Réponse à la question 2 : la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ? Et si non, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place

Afin de répondre à cette question, le GT a mis au point une étude de modélisation afin de comparer la sensibilité de protocoles de prélèvements comprenant ou pas des prélèvements d'environnement pour le dépistage des salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses. L'étude s'est appuyée sur une méthodologie précédemment développée par Mahé et al. (2008) pour comparer la sensibilité de plusieurs protocoles de prélèvement en l'absence d'un *gold standard*, c'est-à-dire en l'absence d'un protocole qui serait considéré comme la référence avec la sensibilité maximale. Les données utilisées

pour les estimations de sensibilité sont les résultats de dépistage dans les troupeaux de poules pondeuses en France pour la période 2013-2023. Les détails méthodologiques du modèle figurent dans l'Annexe 7 du rapport.

Comme rappelé dans le Tableau 2, dans le cadre de la réglementation européenne, les modalités de prélèvements obligatoires distinguent les troupeaux élevés en cage et au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières).

5.2.1 Données descriptives

Les résultats de dépistages réalisés dans le cadre du programme national de lutte contre les salmonelles dans les filières avicoles ont été transmis au GT par la DGAL sous forme non agrégée, pour les années 2013 à 2023. Les étapes de nettoyage et de sélection des données pour l'analyse de sensibilité sont détaillées dans la partie 1.3.3.1 du rapport.

Étant donné que les protocoles de prélèvements définis dans l'Arrêté ministériel du 27 février 2023 sont différents pour les élevages en cage et les élevages au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières), l'analyse de sensibilité a été réalisée séparément pour ces deux populations. De plus, étant donné que le nombre de prélèvements d'environnement varie en fonction du nombre d'animaux par troupeau, (une chiffonnette de poussière pour les troupeaux de 1 000 à 20 000 poules pondeuses à quatre chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 80 000 poules pondeuses), l'analyse de sensibilité a donc été réalisée par strates mode d'élevage/taille de troupeau. Les résultats de dépistages retenus par le GT pour l'analyse de sensibilité sont présentés dans le Tableau 4. Les sérotypes du groupe 2 n'étant pas systématiquement recherchés lors du dépistage, la positivité d'un échantillon est donc définie par l'isolement d'un sérotype du groupe 1, à savoir *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* ou ses variants monophasiques pour la filière poules pondeuses. Les échantillons positifs à *S. Kentucky* n'ont pas été pris en compte pour l'analyse de sensibilité étant donné que ce sérotype a été réglementé à partir de 2015 d'une part, et qu'il est rarement isolé en France dans la filière poules pondeuses d'autre part.

Un dépistage est déclaré positif si au moins un prélèvement permet l'isolement de *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* ou ses variants monophasiques. La comparaison du taux de dépistages positifs de salmonelles n'a pas montré de différence significative entre les élevages en cage (0,55 %) et les élevages au sol/plein-air (0,52 %) (tests de chi-2, $p = 0,52$). Le sérotype le plus fréquemment isolé est *S. Enteritidis* (63 % des dépistages ayant fourni des résultats positifs), suivi de *S. Typhimurium* et ses variants monophasiques (37 %).

Tableau 4 : Nombre et pourcentages d'actes de dépistages avec isolement de *Salmonella* en fonction des strates mode d'élevage/taille de troupeau (N = 88 498 interventions)

Mode d'élevage	Nombre et type de prélèvements	Nombre d'actes de dépistage	Nombre de poulaillers	Nombre d'actes de dépistage avec isolement de <i>Salmonella</i>	Pourcentages (%) d'actes de dépistage avec isolement de <i>Salmonella</i>
Cage	1 F + 1 E	2 066	217	12	0,58
	1 F + 2 E	7 756	447	44	0,57
	1 F + 3 E	4 396	292	24	0,55
	1 F + 4 E	2 402	151	11	0,46
Sol	1 F + 1 E	63 866	3 381	330	0,52
	1 F + 2 E	6 804	860	32	0,47
	1 F + 3 E	1 005	158	6	0,60
	1 F + 4 E	203	60	0	0

F : un prélèvement composite de fientes ; E : un prélèvement d'environnement

5.2.2 Estimation de la sensibilité des protocoles réduits

L'estimation de la sensibilité a été réalisée pour différents protocoles d'échantillonnage, avec ou sans prélèvements d'environnement, simulés à partir des données transmises au GT. Une approche bayésienne de modèles à « classes latentes » a été appliquée pour estimer leur sensibilité selon la méthode précédemment utilisée par Mahé et al. (2008). La sensibilité estimée du protocole ne comprenant qu'un prélèvement composite de fientes a été comparée à celle de protocoles incluant, en plus d'un prélèvement composite de fientes, un à quatre prélèvements d'environnement, en fonction du type d'élevage (cage vs. sol) et la taille de troupeau (quatre strates de taille de troupeau). Pour chaque strate type d'élevage/taille du troupeau, le protocole complet comprenant tous les prélèvements d'environnement (un à quatre) a été considéré comme un test et le protocole réduit avec moins de prélèvements d'environnement comme un autre test, mais dépendant du premier car résultant d'un rééchantillonnage des mêmes prélèvements. Par exemple, pour la strate des troupeaux en cage de 1 000 à 20 000 poules pondeuses, un protocole composé d'un prélèvement composite de fientes et d'un prélèvement d'environnement correspond au protocole complet. En revanche, un protocole composé d'un prélèvement composite de fientes uniquement (donc suppression du prélèvement d'environnement), correspond au protocole réduit.

Le modèle décrit par Branscum et al. (2005) a été appliqué pour estimer la sensibilité de ces deux tests corrélés à partir d'une population unique et sans test de référence. Pour la modélisation, la spécificité des tests a été fixée à 0,99 en raison de la très faible probabilité de résultats faussement positifs à partir du moment où l'identification bactériologique et la caractérisation biochimique concluent à la présence de *Salmonella*.

5.2.3 Stratégie de modélisation

Les choix méthodologiques pour l'estimation de la sensibilité de protocoles réduits d'échantillonnage ont été soumis à des membres du GAM (cf. partie 1.3.1 du rapport). Les discussions ont porté sur la prise en compte des dépistages répétés au cours du temps sur un même troupeau de poules pondeuses. L'absence d'un identifiant de troupeau ne permet pas de tenir compte directement de l'effet de la répétition des dépistages sur un même troupeau dans l'analyse de sensibilité. Cela mène à une non-indépendance statistique des résultats de dépistage réalisés successivement dans un même troupeau. Mais l'absence d'un identifiant troupeau ne permet pas d'intégrer cet effet dans le modèle développé. Cependant, l'identifiant du poulailler étant disponible, il est possible de prendre en compte la répétition des dépistages réalisés dans un même poulailler au cours du temps. Trois stratégies ont été testées :

- conserver un dépistage par poulailler sur la période d'étude, tiré au sort parmi l'ensemble des dépistages réalisés dans ce poulailler. Cette stratégie permet de s'affranchir de la non-indépendance statistique entre les résultats de dépistage réalisés successivement sur les troupeaux hébergés dans un même poulailler ;
- conserver un dépistage par poulailler et par an, tiré au sort parmi l'ensemble des dépistages réalisés dans ce poulailler. Cette stratégie permet de sélectionner environ un seul dépistage pour chaque troupeau qui a été hébergé dans le poulailler au cours de la période d'étude, la durée approximative de production d'un troupeau de poule étant d'un an ;
- conserver la totalité des actes de dépistage réalisés par poulailler sur la période d'étude (10 ans). Cette stratégie ne permet pas de tenir compte de la non-indépendance statistique entre les dépistages réalisés dans un même poulailler mais permet de conserver l'ensemble des données éligibles pour l'étude et d'en augmenter la puissance statistique.

Les trois stratégies ont été testées en parallèle ainsi que leurs impacts respectifs sur les estimations de sensibilité.

5.2.4 Impact des trois stratégies de modélisation sur l'estimation de la sensibilité de protocoles réduits

La Figure 9 présente l'impact des trois stratégies de modélisation testées sur l'estimation *a posteriori* de la sensibilité d'un protocole avec uniquement un prélèvement de fientes dans la strate des élevages en cage pour les troupeaux de moins de 20 000 poules pondeuses, choisie à titre d'exemple. La stratégie de modélisation a très peu d'impact sur l'évaluation de la sensibilité du protocole complet, l'information apportée par les dépistages étant limitée par rapport à celle apportée par les connaissances *a priori* issues de la bibliographie. Au contraire, la précision de l'estimation du protocole réduit à un prélèvement de fientes diminue lorsque l'on diminue le nombre de dépistages conservés pour la modélisation (tous les dépistages > un dépistage par poulailler par an > un dépistage par poulailler). Au contraire, la stratégie d'un dépistage par poulailler garantit l'indépendance statistique de tous dépistages retenus pour la modélisation. Un compromis a été adopté en choisissant la stratégie médiane avec un dépistage par poulailler et par an, ce qui permet d'assurer une quasi-indépendance des observations tout en limitant la perte de précision dans l'estimation de la sensibilité.

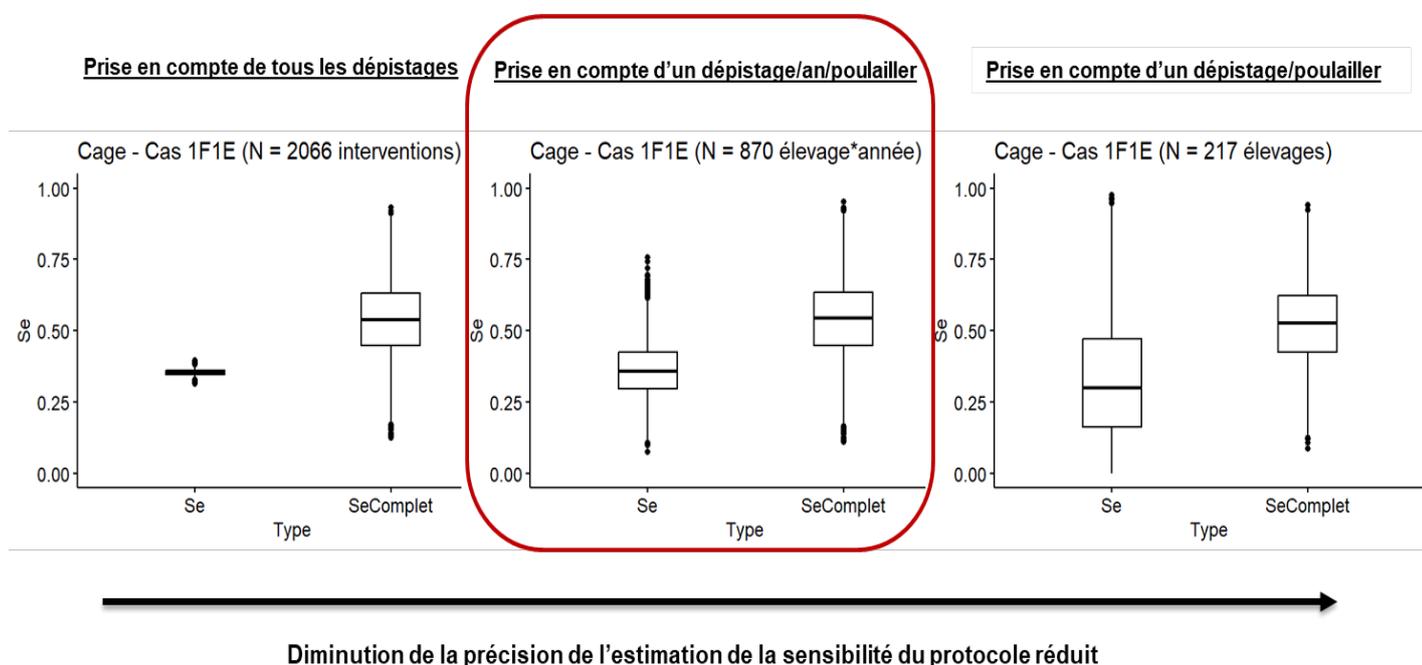


Figure 9 : Impact des trois stratégies de modélisation sur l'estimation de la sensibilité du protocole réduit²¹ à un prélèvement composite de fientes dans les poulaillers en cage de 1 000 à 20 000 poules pondeuses

²¹ Par exemple, pour la strate des troupeaux en cage de 1 000 à 20 000 poules pondeuses, un protocole composé d'un prélèvement composite de fientes et d'un prélèvement d'environnement correspond au protocole complet. En revanche, un protocole composé d'un prélèvement composite de fientes uniquement (donc suppression du prélèvement d'environnement), correspond au protocole réduit.

5.2.5 Impact de la suppression des prélèvements d'environnement sur la sensibilité du protocole de dépistage

La comparaison des sensibilités estimées *a posteriori* des protocoles avec et sans prélèvements d'environnement sont présentés dans la Figure 10 (poulailler en cage) et la Figure 11 (poulailler au sol) pour la stratégie d'un dépistage par poulailler et par an. La sensibilité estimée du protocole avec prélèvements d'environnement augmente avec les strates de taille de troupeau (en cage et au sol) car le nombre de prélèvements d'environnement à réaliser augmente aussi avec la taille de troupeau (un prélèvement pour la strate 1 000 - 20 000 pondeuses à quatre prélèvements pour la strate au-dessus de 80 000 pondeuses). Il est à noter que la sensibilité du protocole complet incluant quatre prélèvements d'environnement est d'environ 80 % pour les troupeaux en cage et celle incluant trois prélèvements d'environnement est d'environ 70 % pour les troupeaux au sol. Les protocoles les plus complets ne garantissent donc pas un niveau de sensibilité comparable à celui qui aurait été obtenu avec au moins cinq prélèvements composites de fientes (90 % selon les travaux de Mahé et al. 2008). De plus, la sensibilité des protocoles avec prélèvements d'environnement tend à être supérieure pour les troupeaux en cage par rapport aux troupeaux élevés au sol, pour une même strate de taille de troupeau. Ce résultat est à mettre en relation avec les observations de Mahé et al. (2008) montrant une sensibilité plus élevée des prélèvements d'environnement en cage par rapport au sol.

La suppression des prélèvements d'environnement entraîne une diminution de la sensibilité du protocole de dépistage dans toutes les strates de taille de troupeau concernées, aussi bien en cage qu'au sol. Cette diminution est d'autant plus marquée que la taille de troupeau et le nombre de prélèvements d'environnement du protocole complet, augmentent. La sensibilité du protocole réduit à un prélèvement composite de fientes, sans prélèvement d'environnement, est estimée entre 0,20 et 0,50 selon le type de poulailler et la strate. Ceci signifie que la probabilité de détecter un troupeau infecté est d'au mieux une chance sur deux et plus généralement d'une chance sur quatre ou cinq lorsque le dépistage est établi sur un seul prélèvement composite de fientes.

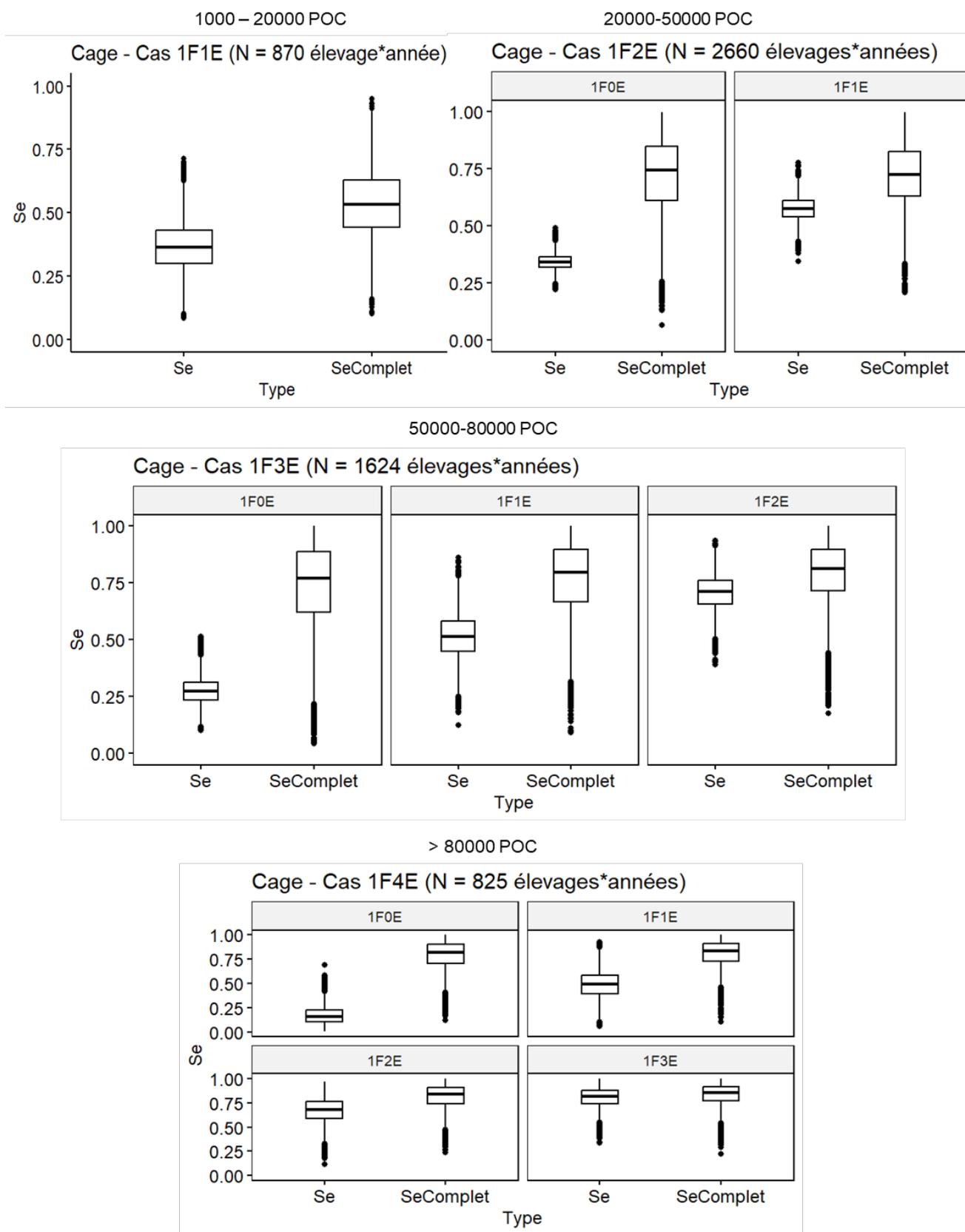


Figure 10: Estimations de la sensibilité des protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement pour la détection de salmonelles du groupe 1 dans les poulaillers de poules pondeuses en cage, en fonction de la taille du troupeau, sur la période 2013-2023. F : fientes, E : environnement

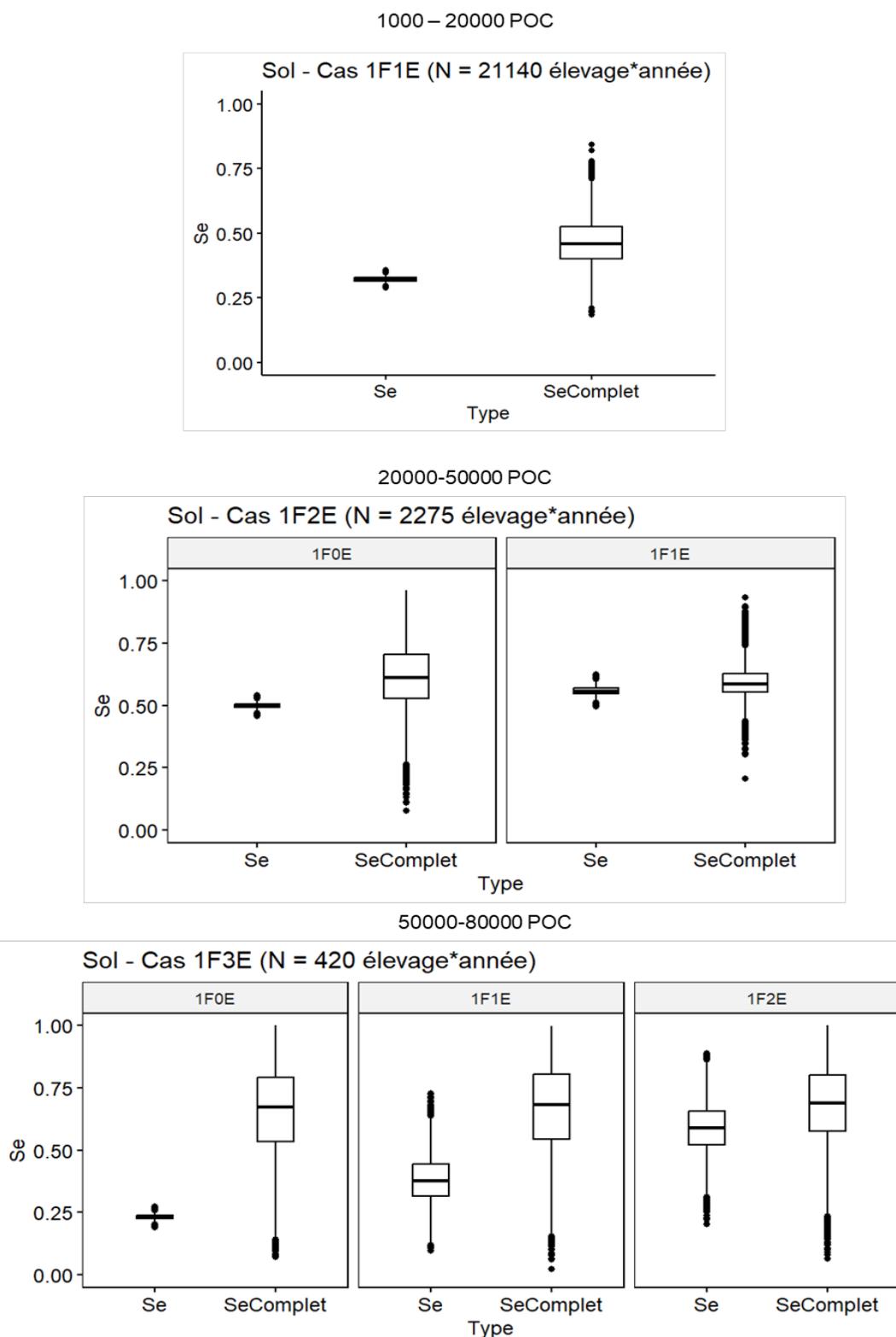


Figure 11: Estimations de la sensibilité des protocoles de dépistage avec et sans prélèvements d'environnement pour la détection de salmonelles du groupe 1 dans les poulaillers de poules pondeuses au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières), en fonction de la taille du troupeau, sur la période 2013-2023. F : fientes ; E : environnement

5.2.6 Compenser la diminution de sensibilité du protocole de dépistage liée à la suppression des prélèvements d'environnement

Il est possible de compenser la diminution de la sensibilité du protocole de dépistage liée à la suppression des prélèvements d'environnement en augmentant le nombre de prélèvements composites de fientes. En utilisant l'estimation *a posteriori* de sensibilité du protocole avec un prélèvement de fientes, une simulation de la sensibilité de protocoles avec ajouts successifs de prélèvements de fientes (deux, trois, etc.) a été menée par le GT, jusqu'à atteindre une sensibilité au moins égale à celle du protocole complet comprenant des prélèvements d'environnement²².

Le Tableau 5 présente le nombre de prélèvements composites de fientes à réaliser pour atteindre la sensibilité estimée *a posteriori* du protocole complet comprenant des prélèvements d'environnement pour chaque type d'élevage et strate de taille de troupeau. Ces calculs ne tiennent pas compte des incertitudes associées aux estimations *a posteriori* des sensibilités du protocole complet et du protocole avec un seul prélèvement composite de fientes. Ils sont présentés à titre indicatif pour apprécier l'effort de prélèvement à consentir pour revenir à un niveau de sensibilité de dépistage équivalent à celui du protocole complet comprenant des prélèvements d'environnement. Dans le cas des élevages en cage, le nombre de prélèvements composites de fientes à prélever en plus est au moins équivalent au nombre de prélèvements d'environnement supprimés. Dans les plus grandes strates de taille d'élevage, il faut même ajouter plus de prélèvements de fientes que de prélèvements d'environnement supprimés car la sensibilité estimée d'un prélèvement composite de fientes (0,23 à 0,31 en moyenne selon les strates) est inférieure à celle d'un prélèvement d'environnement (0,39 [0,32-0,45] d'après Mahé et al. 2008). Pour les élevages au sol, la sensibilité estimée d'un prélèvement de fientes (0,23 à 0,50 en moyenne selon les strates) est plus élevée que pour les élevages en cage. Le nombre de prélèvements à ajouter est donc d'un prélèvement de fientes pour un prélèvement d'environnement supprimé. Dans la strate 20 000 à 50 000 pondeuses, deux prélèvements de fientes seraient même suffisants pour remplacer un prélèvement de fientes et deux prélèvements d'environnement. Les prélèvements d'environnement, dont la sensibilité individuelle est d'environ 0,27 (Mahé et al. 2008), pourraient donc être remplacés par des prélèvements de fientes dans les élevages au sol, sans dégradation de la sensibilité du protocole.

Tableau 5 : Nombre de prélèvements composites de fientes à prélever pour compenser l'impact de la suppression des prélèvements d'environnement sur la sensibilité du protocole de dépistage

Type d'élevage	Nombre de prélèvements du protocole complet	Moyenne des estimations <i>a posteriori</i> de la sensibilité du protocole complet*	Moyenne des estimations <i>a posteriori</i> de la sensibilité d'un prélèvement composite de fientes*	Nombre de prélèvements composites de fientes à réaliser pour obtenir une sensibilité égale ou supérieure à celle du protocole complet (sensibilité combinée ²²)
Cage	1 F + 1 E	0,52	0,37	2 (0,60)
	1 F + 2 E	0,71	0,31	4 (0,73)
	1 F + 3 E	0,79	0,28	5 (0,81)
	1 F + 4 E	0,86	0,23	7 (0,84)
Sol	1 F + 1 E	0,46	0,32	2 (0,54)
	1 F + 2 E	0,62	0,50	2 (0,75)
	1 F + 3 E	0,67	0,23	4 (0,65)

Une autre possibilité pour compenser la perte de sensibilité du protocole de dépistage liée à la suppression des prélèvements d'environnement est d'augmenter la fréquence de réalisation des dépistages fondés sur un seul prélèvement composite de fientes. La réglementation actuelle prévoit un

²² La sensibilité (Se_{tot}) d'un protocole de dépistage fondé sur la répétition en parallèle d'un même test de dépistage unitaire est calculée selon la formule : $Se_{tot} = 1 - (1 - Se_{ind})^n$, où Se_{ind} représente la sensibilité du test unitaire et n le nombre de répétitions du test unitaire.

dépistage avec le protocole complet de prélèvement toutes les 15 semaines durant la période de production du troupeau. Cette fréquence pourrait être augmentée pour compenser la perte de sensibilité du protocole réduit à un seul prélèvement composite de fientes. Il n'est pas possible avec le modèle développé précédemment, de déterminer la fréquence de dépistage du protocole réduit nécessaire pour atteindre la sensibilité du protocole complet appliqué toutes les 15 semaines. Ceci nécessiterait le développement d'un modèle tenant compte de la cinétique d'infection des troupeaux par *Salmonella* au cours de la période de production et de l'effet répété des dépistages sur la sensibilité du dispositif de surveillance. Les données issues du programme national de lutte, en l'absence d'un identifiant de troupeau, ne permettent pas d'avoir un suivi longitudinal du statut sanitaire des troupeaux.

Pour résumer, la suppression des prélèvements d'environnement entraîne une diminution de la sensibilité du protocole de dépistage d'autant plus importante :

- que le protocole initial de dépistage comprend un nombre élevé de prélèvements d'environnement, ce qui correspond aux tailles de troupeaux les plus élevées ;
- que le troupeau est hébergé en cage plutôt qu'au sol (avec ou sans accès à l'extérieur et volières). En effet, la sensibilité du prélèvement d'environnement est plus élevée dans les poulaillers en cage qu'au sol.

Deux approches peuvent être proposées pour compenser cette diminution de la sensibilité de dépistage :

- remplacer les prélèvements d'environnement par des prélèvements de fientes : dans les élevages au sol et en cage de 1 000 à 20 000 pondeuses, il s'agirait de remplacer un prélèvement d'environnement par un prélèvement composite de fientes. Dans les élevages au sol de 20 000 à 50 000 pondeuses, il serait possible de prendre deux prélèvements de fientes, (au lieu d'un prélèvement de fientes et deux prélèvements d'environnement), sans diminuer la sensibilité du dépistage. Au contraire, il conviendrait de prendre plus de prélèvements de fientes que de prélèvements d'environnement supprimés dans les élevages en cage de plus de 20 000 pondeuses, pour maintenir le niveau actuel de sensibilité du protocole de dépistage ;
- réaliser des dépistages avec un seul prélèvement composite de fientes mais à une fréquence plus élevée que celle actuellement appliquée (un dépistage toutes les quinze semaines). Cette option ne peut pas être étudiée avec le modèle proposé. Il faudrait dans ce cas développer un modèle intégrant l'effet répété des dépistages sur un troupeau, ce que les données issues du programme de lutte ne permettent pas actuellement.

5.3 Réponse à la question 3 : par ailleurs, si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ?

Comme évoqué dans la partie 5.1.2.1 du rapport, l'analyse de la poussière sédimentée sur des surfaces est un reflet de la contamination en salmonelles d'un bâtiment. Le recueil de la poussière est réalisé à l'aide d'une chiffonnette passée sur les surfaces situées à l'intérieur d'un bâtiment d'élevage, autres que celles directement au contact des fèces (exemple : murs, systèmes d'aération, surfaces des systèmes d'abreuvement et d'alimentation, etc.). Une autre modalité consiste à collecter manuellement (à l'aide d'un gant stérile) une certaine quantité (en g) ou un certain volume (en mL) de poussière dans un contenant stérile.

D'après Carrique-Mas et al. (2008), la quantité de poussière analysée va conditionner la sensibilité du prélèvement pour révéler la présence de *Salmonella*. Ces auteurs ont montré également une sensibilité équivalente entre un prélèvement composite de 150 g de poussière recueillies sur l'ensemble du

bâtiment (ventilateur, sol, rebord) et 10 à 20 prélèvements composés chacun de 15 g de poussières, collectées sur les mêmes surfaces, mais analysées séparément.

Dans la suite de cette partie, l'analyse du GT a porté sur la collecte de la poussière par chiffonnage des surfaces. En effet, cette technique de prélèvement est plus facile à mettre en œuvre par rapport au recueil d'un volume ou d'une quantité de poussière. De plus, elle est préconisée dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023 dans le cadre des dépistages obligatoires.

5.3.1 Aspects réglementaires

L'Annexe I de l'instruction technique du 16 avril 2024 mentionne que le « prélèvement d'environnement/poussières doit être le plus représentatif possible de l'ensemble du bâtiment. Pour le réaliser correctement, il est donc nécessaire de parcourir la totalité de la longueur du bâtiment, aller et retour en prélevant (« en chiffonnant ») de temps à autre différentes surfaces ». De plus, l'arrêté ministériel du 27 février 2023 précise que les chiffonnettes de poussières doivent être « frottées sur le maximum de surfaces ». Ces formulations n'apportent pas suffisamment de précisions quant au(x) type(s) de surface à échantillonner et la superficie ciblée, ce qui peut entraîner une hétérogénéité dans la réalisation des prélèvements par les opérateurs.

Selon l'instruction technique du 16 avril 2024, « les prélèvements sont réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des animaux » et « le prélèvement de surfaces poussiéreuses doit représenter l'environnement global des animaux ». En effet, tout résultat d'analyse mettant en évidence des salmonelles du groupe 1 sur un prélèvement réalisé dans le milieu de vie des animaux permet d'établir que le troupeau hébergé est infecté. L'établissement sera placé sous APDI. La détection de *Salmonella* du groupe 1 sur des prélèvements effectués en dehors du milieu de vie des animaux constitue une suspicion d'infection et le troupeau sera mis sous Arrêté Préfectoral de Mise sous Surveillance (APMS). Cette suspicion fera l'objet d'une confirmation par une ou deux séries de prélèvements de dépistage sur le troupeau dans son lieu d'hébergement.

L'instruction technique mentionne quelques types de surfaces qui peuvent faire l'objet de prélèvements lors du dépistage. Cependant, il s'agit uniquement d'exemples de surfaces qui sont proposées et qui ne font l'objet d'aucune obligation réglementaire. Plus généralement, selon cette instruction, « toutes les surfaces situées à l'intérieur de l'élevage peuvent faire l'objet d'un chiffonnage ».

5.3.2 Types de surfaces à échantillonner

Le GT s'est fondé sur les données de la littérature scientifique afin de recenser, au sein de chaque type d'élevage, les surfaces qui étaient les plus fréquemment contaminées par *Salmonella*.

Les experts soulignent qu'il est sous-entendu par le terme « niveau de détection équivalent entre les élevages », la capacité d'avoir un niveau de détection de *Salmonella* qui soit similaire entre les différents modes d'élevages, quelle que soit la surface échantillonnée. Cependant, l'analyse des types de surfaces à échantillonner menée par le GT a été faite de manière séparée pour chaque type de logement, en raison des caractéristiques propres à chaque mode d'élevage,

Le GT a également relevé une imprécision dans l'instruction technique du 16 avril 2024 : celle-ci mentionne que « les prélèvements sont réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des animaux » mais que plus généralement, « toutes les surfaces situées à l'intérieur de l'élevage peuvent faire l'objet d'un chiffonnage ». Cette imprécision expliquerait l'absence d'harmonisation des prélèvements d'environnement réalisés par les autorités compétentes et les professionnels, ces derniers reprochant aux agents de la DD(EST)PP d'échantillonner des surfaces qui seraient éloignées du milieu de vie des animaux (informations communiquées au GT par les auditionnés).

Le GT ne s'est pas limité aux surfaces faisant partie des zones d'hébergement des animaux, mais a élargi son analyse à tous les types de surfaces présents dans un bâtiment d'élevage ainsi qu'aux alentours de celui-ci (par exemple, le sas d'entrée du bâtiment).

5.3.2.1 Élevages en cage

Les données issues de la littérature qui recensent le pourcentage d'échantillons de poussières testés positifs en *Salmonella* en fonction de différents types de surfaces dans des élevages en cage sont présentées dans l'Annexe 8. Une étude australienne réalisée dans des élevages en cage (Mc Whorter et Chousalkar, 2020) a mis en évidence des niveaux élevés de contamination par des salmonelles (10^4 à 10^6 Nombre le plus probable NPP/m²) dans des échantillons de poussière prélevés au sol, dans les fissures et interstices, ainsi que sur les bandes à œufs. Toutefois, le GT souligne que cette étude concerne seulement deux élevages.

Des travaux menés en Belgique par Dewaele et al. (2012) sur sept élevages présentant une contamination persistante par *S. Enteritidis*, ont montré que les surfaces les plus souvent contaminées étaient le sol, les tapis de désinfection des bottes (équivalent aux pédiluves), les bandes à œufs, les murs ainsi que le circuit d'air. Par ailleurs, des travaux menés par Jones et al. (2015) dans des élevages en cage conventionnelle et aménagée ont montré que les nids et les grillages étaient contaminés dans plus de 15 % des cas : toutefois, cette étude ne comprenait qu'un élevage de chaque type de production. Une étude française menée dans 14 élevages en cage conventionnelles contaminées par *S. Enteritidis* a révélé une contamination importante (plus de 50 % de prélèvements ayant donné un résultat positif pour les salmonelles) du circuit de ventilation (ventilateur, lanterneau, trappe d'admission) et du sol de la salle d'élevage (Valancony et al. 2001). Néanmoins, cette étude, la seule réalisée en France, a été publiée avant le développement des cages aménagées mises en place au début des années 2010.

En 2019, Crabb et ses collaborateurs ont montré que dans des élevages en cages aménagées, en Australie, les prélèvements de poussières réalisés par chiffonnette au niveau des nids d'une batterie ou par pédichiffonnets dans les couloirs entre les batteries, étaient plus fréquemment retrouvés contaminés par comparaison à des prélèvements réalisés par chiffonnette sur les bandes à œufs. Par ailleurs, dans l'étude de Crabb et al. 2019, la répétition des prélèvements au niveau des différents étages, a révélé une forte hétérogénéité de la contamination des surfaces au sein d'un bâtiment. Ce résultat, appuyé par les travaux de Davies et Carrique-Mas (2011), montre l'intérêt de répartir les prélèvements de poussières sur plusieurs surfaces, pour augmenter la représentativité de l'échantillon et la probabilité de détection. Cette dernière étude révèle aussi que pour les élevages en cage, les zones à privilégier étaient le sol situé sous les cages, les poteaux de support des cages ainsi que les bandes à œufs.

5.3.2.2 Élevages hors cage

L'Annexe 8 recense à partir de données issues de la littérature, le pourcentage d'échantillons de poussières testés positifs en *Salmonella* en fonction de différents types de surfaces prélevées dans des élevages au sol (dont volières) et en plein air. Les travaux de McWhorter et Chousalkar (2019) menés dans deux élevages australiens avec parcours extérieurs ont montré que les échantillons les plus fréquemment retrouvés positifs en salmonelles étaient les nids et les bandes à œufs. Contrairement à leur étude menée en 2020, la fréquence de contamination de ces deux élevages était très faible, bien que de nombreux prélèvements aient été effectués de façon régulière, sur au moins 1 m², dans l'ensemble du bâtiment.

Dans l'étude de Jones et al. (2015), les nids et les grillages étaient des prélèvements assez fréquemment contaminés. Là encore, un seul élevage en volières a été étudié.

5.3.3 Superficie d'échantillonnage et technique de prélèvement

Plusieurs superficies de surfaces de bâtiments à échantillonner sont évoquées dans la littérature scientifique. Ainsi, d'après les travaux de Mc Whorter et Chousalkar (2019) pour deux élevages en cage, les surfaces échantillonnées étaient de 1 m² à chaque fois (sol, bandes à œufs, nids). De plus, Crabb et al. (2019) soulignent que les prélèvements de poussières réalisés par pédichiffonnettes dans les couloirs des élevages en cage, permettent d'échantillonner une plus grande superficie (30 m²) par comparaison à l'échantillonnage des bandes à œufs ou des nids réalisé par chiffonnettes (5 m²).

L'arrêté ministériel du 27 février 2023 définit les chiffonnettes comme étant « constituées d'une pièce de matériau de type non tissé, d'une surface totale d'au minimum 900 centimètres carrés, imbibé de liquide stérile et humide au moment de l'emploi ». La norme française NF EN ISO 13 307 spécifie les techniques de prélèvement relatives à l'étape de production primaire, en vue de rechercher ou de dénombrer des microorganismes viables, en particulier des agents pathogènes. Cette norme préconise que le prélèvement porte sur « une surface minimale de 1 m² » et que « chaque chiffonnette soit frottée vigoureusement sur les surfaces de sorte que chaque surface soit prélevée et que la chiffonnette soit visiblement sale ». De préférence, il convient « d'utiliser les deux cotés afin d'échantillonner une plus grande surface ». Il convient également de « passer la chiffonnette sur plusieurs parties distinctes de la surface à prélever ».

Finalement, le GT rappelle que les modalités de réalisation des prélèvements de fientes et d'environnement sont décrites dans l'instruction technique du 16 avril 2024 et la norme NF EN ISO 13 307. Les prélèvements d'environnement présentent l'avantage d'être faciles à réaliser, cependant, ils restent difficiles à standardiser car ils peuvent varier en fonction de la gestuelle du préleveur (De Oliveira Mota et al. 2021).

Les articles analysés par le GT ont fait ressortir une grande hétérogénéité au niveau des protocoles d'études, des surfaces échantillonnées mais aussi des méthodes de prélèvement utilisées. En conséquence, il n'a pas été possible pour le GT de comparer les résultats de détection des salmonelles entre les différentes publications. Au vu de ces éléments, les experts n'ont donc pas été en mesure de proposer des types de surface à échantillonner en priorité. De plus, les superficies mentionnées dans la littérature scientifique qui ont fait l'objet d'échantillonnage étaient très variables (de 1 m² jusqu'à 30 m²), ce qui n'a pas permis aux experts de recommander une superficie précise à échantillonner.

Le GT précise qu'en raison de l'hétérogénéité de la contamination des surfaces par les salmonelles, les prélèvements d'environnement doivent être réalisés à différents endroits du bâtiment afin d'améliorer la détection. Ils doivent cibler des zones visiblement poussiéreuses, facilement accessibles au préleveur et représentatives du milieu de vie des animaux. Les chiffonnettes doivent être frottées sur de grandes superficies, jamais inférieures à 1 m² par chiffonnette.

Au vu des données bibliographiques, le GT recommande d'introduire la possibilité de réaliser des pédichiffonnettes pour prélever la poussière déposée au sol dans les élevages en cage. Le prélèvement peut être réalisé en parcourant la plus grande superficie possible des couloirs entre les cages.

Finalement, le GT rappelle que la détection de *Salmonella* à partir d'un prélèvement d'environnement (voire d'un prélèvement de fientes) est dépendante de la gestuelle du préleveur afin d'obtenir un échantillon le plus représentatif possible de la poussière sédimentée dans le bâtiment. L'application stricte et rigoureuse du mode opératoire pour la manipulation des chiffonnettes telle que décrite dans l'instruction technique du 16 avril 2024 et la norme NF EN ISO 13 307, est de nature à améliorer la standardisation des prélèvements.

6 Incertitudes

Les experts du GT ont listé les principales sources d'incertitudes dans le tableau ci-dessous en suivant les recommandations du rapport du GT « Méthodologie d'Évaluation des Risques » (GT MER) de l'Anses (Anses 2016) :

Tableau 6 : Principales sources d'incertitudes et prise en compte dans l'expertise

Volet de l'expertise	Partie concernée	Sur quel élément porte la source d'incertitude ?	Prise en compte de l'incertitude par le GT	Impact de l'incertitude sur le résultat de l'expertise	
				Direction (sous-estimation, surestimation, non qualifiable)	Amplitude (faible, forte, non qualifiable)
Contexte de la saisine	Réglementation	Mise en œuvre / application de la réglementation européenne dans les autres pays de l'UE	Sollicitation des points focaux	non qualifiable	non qualifiable
Réponse à la question 1 : « les prélèvements par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ? »	Données bibliographiques	Excrétion intermittente des salmonelles	Mention du critère « excrétion intermittente » dans la réponse à la question 1	sous-estimation	forte
		Influence du mode d'élevage sur l'incidence des salmonelles	Divergence des résultats à partir des études bibliographiques	non qualifiable	non qualifiable
	Données du CNPO	Biais de sélection des élevages soumis à la reconfirmation	L'analyse statistique s'est limitée aux 67 données transmises par le CNPO	non qualifiable	non qualifiable

Volet de l'expertise	Partie concernée	Sur quel élément porte la source d'incertitude ?	Prise en compte de l'incertitude par le GT	Impact de l'incertitude sur le résultat de l'expertise	
				Direction (sous-estimation, surestimation, non qualifiable)	Amplitude (faible, forte, non qualifiable)
<p>Réponse à la question 2 : « la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ? Et si oui, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place »</p>	Base de données	Absence d'identification du préleveur (vétérinaire sanitaire, de l'éleveur ou du technicien) pour les prélèvements obligatoires	Analyse des données telle que disponibles dans la base SIGAL	non qualifiable	non qualifiable
		Base de données	Problème d'identification des prélèvements pour les élevages en cage : les prélèvements d'environnement ou de fientes ne sont pas toujours bien caractérisés	<p>Analyse des données disponibles dans la base SIGAL</p> <p>Suppression des données en lien avec des prélèvements insuffisamment caractérisés</p>	non qualifiable
	Modélisation		Non prise en compte du paramètre de temporalité en l'absence d'un identifiant troupeau	Il n'a pas été possible de répondre à l'aspect « fréquence des prélèvements » pour la question 2	non qualifiable
		Modélisation	Estimation des <i>a priori</i> fondés sur des références bibliographiques datant de plus de 15 ans	Ajout des données actualisées du programme de lutte sur la période 2013-2023	surestimation
	Calcul probabiliste pour compenser l'impact de la suppression des prélèvements d'environnement sur la sensibilité du protocole de dépistage		Non concerné	non qualifiable	forte

Volet de l'expertise	Partie concernée	Sur quel élément porte la source d'incertitude ?	Prise en compte de l'incertitude par le GT	Impact de l'incertitude sur le résultat de l'expertise	
				Direction (sous-estimation, surestimation, non qualifiable)	Amplitude (faible, forte, non qualifiable)
<p>Réponse à la question 3 : « Par ailleurs, si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ? »</p>	Données bibliographiques	Faible nombre d'articles et études relativement anciennes	Ajout d'articles récents	non qualifiable	forte
		Faible nombre de troupeaux étudiés / manque de puissance statistique et systèmes d'élevages différents pour les études menées hors UE	Prise en compte des données telle que présentées dans les articles	non qualifiable	forte
		Méthodologies des prélèvements d'environnement insuffisamment décrites	Écarter les articles dont l'information était considérée comme de qualité insuffisante	non qualifiable	non qualifiable
		Grande variabilité des superficies échantillonnées	Le GT n'a pas pu recommander une superficie exacte à échantillonner	sous-estimation	forte
		Grande hétérogénéité au niveau des protocoles d'études, des surfaces échantillonnées mais aussi des méthodes de prélèvement utilisées	Le GT n'a pas pu recommander des types de surfaces à échantillonner	non qualifiable	forte
		Imprécision dans l'Instruction technique du 16 avril 2024 en lien avec les prélèvements réalisés sur les surfaces situés « dans les lieux d'hébergement des animaux » et celles situées « à l'intérieur de l'élevage »	Le GT a élargi son analyse bibliographique à tous les types de surfaces présents dans un bâtiment d'élevage (dont le sas d'entrée du bâtiment) ainsi qu'aux alentours de celui-ci.	non qualifiable	faible

7 Conclusions et recommandations du GT

7.1 Conclusions du GT

La salmonellose est la deuxième zoonose bactérienne d'origine alimentaire recensée dans l'UE, avec plus de 77 000 cas signalés en 2023, soit une hausse de 16,9 % par rapport à 2022. L'EFSA a estimé que le coût global pour l'UE de la salmonellose humaine pourrait atteindre jusqu'à 3 milliards d'euros par an.

Au niveau européen, conformément à la directive 2003/99/CE et au règlement (CE) n° 2160/2003, les salmonelles en filière avicole font l'objet d'un programme de surveillance et de lutte. Ce programme s'appuie sur un dépistage systématique des salmonelles du groupe 1²³ au maillon élevage des espèces *Gallus gallus* et *Meleagris gallopavo* (étages sélection, multiplication et production), dans le but de mettre en place des mesures de lutte appropriées.

Conformément à l'arrêté ministériel du 27 février 2023, la France applique un programme national de lutte contre les infections à salmonelles chez les volailles de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation, afin de prévenir les cas humains de salmonelloses. Ainsi, un dépistage obligatoire de sérotypes du groupe 1 (*S. Enteritidis*, *S. Typhimurium* et ses variants monophasiques ainsi que *S. Kentucky* depuis 2015) est réalisé par l'exploitant toutes les 15 semaines pendant toute la durée de production. Ce dépistage est constitué d'un prélèvement composite de fientes, auxquels s'ajoutent un à quatre prélèvement(s) d'environnement qui consistent à récupérer la poussière issue de l'environnement d'élevage, en employant généralement une ou plusieurs chiffonnette(s) passée(s) sur les surfaces du bâtiment. Or le plan d'échantillonnage, tel que proposé dans la réglementation européenne, prévoit uniquement la réalisation d'un prélèvement composite de fientes. De plus, le recours à des prélèvements d'environnement supplémentaires tel que défini dans l'arrêté ministériel du 27 février 2023, est régulièrement remis en cause par les professionnels de la filière avicole en France, au motif que ces prélèvements ne refléteraient pas l'état sanitaire du troupeau d'une part, et qu'ils induiraient une distorsion de concurrence vis-à-vis des professionnels des autres États-membres d'autre part.

L'Anses a été saisie en mars 2023 par la Direction générale de l'alimentation (DGAI), afin d'apporter les éléments scientifiques, en appui de la décision du gestionnaire, quant aux modalités de dépistage des salmonelles dans la filière poules pondeuses d'œufs de consommation.

Question 1 : les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1 000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage, permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ?

Le GT rappelle qu'au vu de la physiopathogénie de l'infection des poules pondeuses, les prélèvements de fientes permettent de détecter une excrétion de salmonelles par les volailles. La présence de *Salmonella* dans des prélèvements de fientes constitue donc une preuve directe de l'infection des poules pondeuses.

Plusieurs études ont montré que dès que des volailles infectées commencent à excréter des salmonelles, l'environnement du bâtiment d'élevage devenait rapidement contaminé. Ainsi, dans le cas où *Salmonella* est isolée à partir d'un prélèvement d'environnement réalisé dans le milieu de vie des animaux, il existe une forte probabilité que l'origine de cette contamination soit le troupeau. Bien qu'un prélèvement d'environnement positif à *Salmonella* réalisé ne confirme pas à lui seul que les volailles sont excrétrices, le GT considère cependant qu'il s'agit d'un indicateur indirect de la contamination du cheptel.

²³ *S. Enteritidis*, *S. Typhimurium*, *S. Hadar*, *S. Infantis* et *S. Virchow*

L'extrapolation des résultats d'une étude de modélisation menée par Mahé et al. (2008) au nombre de prélèvements de fientes actuellement préconisé dans la réglementation européenne, a montré que la sensibilité de dépistage de *Salmonella* serait inférieure à 40 % dans tous les modes d'élevage. Ainsi, le recours à un nombre restreint de prélèvements de fientes limite la capacité de confirmer l'infection d'un troupeau, en raison de l'excrétion intermittente des salmonelles dans les fientes, et des niveaux d'excrétion qui peuvent être variables en intensité d'un individu à un autre. Dans ce contexte, les experts estiment nécessaire d'augmenter le nombre de prélèvements afin d'améliorer la sensibilité de dépistage.

L'analyse des données de la littérature par le GT a montré que la sensibilité de dépistage de *Salmonella* à partir des prélèvements d'environnement était équivalente voire supérieure à celle obtenue à partir des prélèvements de fientes. L'association des prélèvements d'environnement à des prélèvements de fientes tel que proposé dans l'arrêté du 27 février 2023 permet de compenser en partie la faible sensibilité du dépistage fondé uniquement sur un prélèvement composite de fientes. Le GT recommande cette approche car le recours à des prélèvements d'environnement apporte une information supplémentaire par rapport au prélèvement de fientes, en termes de risque pour la santé publique : la présence de *Salmonella* dans l'environnement de l'élevage augmente *de facto* le risque d'exposition et d'infection des volailles, donc le risque de contamination des œufs destinés à la consommation. En effet, les salmonelles peuvent survivre pendant des années dans la poussière et être remises en suspension. Par conséquent, les experts considèrent que les prélèvements d'environnement constituent un indicateur du risque d'infection d'un troupeau au contact d'un environnement hébergeant des salmonelles.

Question 2 : la sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ? Et si non, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place.

Afin de répondre à cette question, le GT a développé une étude de modélisation afin de comparer la sensibilité de protocoles de prélèvements comprenant ou non des prélèvements d'environnement (chiffonnettes de poussières) pour le dépistage des salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses. Les résultats de cette étude ont montré que la suppression des prélèvements d'environnement par chiffonnette diminuait la sensibilité du protocole de dépistage, quel(le) que soit le mode d'élevage ou la taille du troupeau. Cette étude s'est appuyée sur les résultats de dépistages de sérotypes de *Salmonella* du groupe 1 dans les élevages en France pour la période 2013 à 2023. La diminution de sensibilité est plus importante pour les élevages en cage que pour ceux au sol. De plus, il faudrait prélever au moins autant d'échantillons de fientes que d'échantillons d'environnement retirés, pour retrouver une sensibilité équivalente à celle du protocole de dépistage. L'augmentation de la fréquence de prélèvements de fientes pourrait également compenser la diminution de sensibilité liée à la suppression des prélèvements d'environnement par chiffonnette, et ceci par une augmentation du nombre de dépistages réalisés au cours de la période de production d'un troupeau. Cependant, la modélisation réalisée et les données disponibles ne permettent pas d'intégrer l'effet répété des dépistages sur la sensibilité du dispositif de surveillance. Le GT n'a donc pas été en mesure de proposer une fréquence de prélèvements pour compenser la perte de sensibilité liée à la suppression des prélèvements d'environnement.

Question 3 : par ailleurs, si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ?

Le GT a relevé une imprécision dans l'instruction technique du 16 avril 2024 : celle-ci mentionne que « les prélèvements sont réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des animaux » mais que plus généralement, « toutes les surfaces situées à l'intérieur de l'élevage peuvent faire l'objet d'un

chiffonnage ». Cette imprécision expliquerait l'absence d'harmonisation des prélèvements d'environnement réalisés par les autorités compétentes et les professionnels, ces derniers reprochant aux agents de la DD(EST)PP d'échantillonner des surfaces qui seraient éloignées du milieu de vie des animaux (informations communiquées au GT au cours des auditions).

Le GT s'est fondé sur les données de la littérature scientifique afin de recenser, au sein de chaque mode d'élevage, les surfaces qui étaient les plus fréquemment contaminées par *Salmonella*. En raison des caractéristiques propres à chaque mode d'élevage, l'analyse des types de surfaces à échantillonner a été menée séparément. Bien que l'instruction technique du 16 avril 2024 préconise que les prélèvements d'environnement soient réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des poules pondeuses, le GT n'a pas limité son analyse aux surfaces faisant partie de ces zones, mais l'a élargie à tous les types de surfaces présents dans un bâtiment d'élevage ainsi qu'autour de celui-ci.

Les articles analysés par le GT ont fait ressortir une grande hétérogénéité au niveau des protocoles d'études, des méthodes de prélèvement utilisées ainsi que des surfaces échantillonnées. Par conséquent, il n'a pas été possible pour les experts de comparer la contamination des surfaces en *Salmonella* entre les différentes publications ni de proposer des types de surface à échantillonner en priorité. De plus, les superficies mentionnées dans la littérature scientifique qui ont fait l'objet d'échantillonnage étaient très variables (de 1 m² jusqu'à 30 m²), ce qui n'a pas permis au GT de recommander une superficie précise à échantillonner. Au vu de ces éléments, le GT considère que les prélèvements d'environnement par chiffonnages doivent être le plus représentatifs possible de l'ensemble du bâtiment et que toutes les surfaces susceptibles d'accumuler de la poussière peuvent faire l'objet d'un échantillonnage. Ce constat rejoint les dispositions mentionnées dans l'Instruction technique du 16 avril 2024.

7.2 Recommandations du GT

Historiquement, la collaboration entre la filière avicole et l'État français dans la lutte contre *Salmonella* avait pour objectif de coordonner une réponse face à une problématique qui initialement concernait la santé animale. Cette collaboration a été renforcée lors de l'émergence de *S. Enteritidis* dans la filière avicole et a été fondée sur un consensus de toujours rechercher la meilleure détectabilité de la présence de sérotypes de *Salmonella* réglementés, dans les troupeaux reproducteurs et producteurs en filière ponte. Le GT rappelle que de manière générale, les politiques de lutte contre les salmonelles dans les élevages de volailles mises en œuvre successivement par la DGAI depuis les années 1990, ont permis de réduire le nombre de salmonelloses chez l'être humain de façon significative (Poirier et al. 2008).

À l'aune des travaux d'expertise menés par le GT, différentes recommandations ont pu être formulées.

En matière d'amélioration de la surveillance dans les élevages de poules pondeuses :

Le GT a souligné précédemment la faible sensibilité du dispositif de dépistage fondé sur un seul échantillon composite de fientes tel que prévu par la réglementation européenne. Les travaux de modélisation menés dans le cadre de cette expertise ont montré que la suppression des prélèvements de poussières entraînait une diminution de la sensibilité du protocole de dépistage, d'autant plus importante que le troupeau était hébergé en cage. De plus, les prélèvements d'environnement constituent un indicateur pertinent de la circulation de *Salmonella* dans un troupeau de poules pondeuses et par conséquent, du risque de contamination des œufs destinés à la consommation. Dans le cas où les prélèvements d'environnement seraient abandonnés, **le GT recommande de substituer chaque prélèvement supprimé par au moins un prélèvement composite de fientes**. Dans le cas où le plan d'échantillonnage tel que défini dans le règlement (CE) n° 517/2011 devait être appliqué et afin de compenser la diminution de la sensibilité due au prélèvement d'un seul échantillon composite de fientes, **le GT recommande d'augmenter la fréquence actuelle des dépistages, et qui correspond à un dépistage toutes les 15 semaines pendant la durée de production. Le GT n'est pas en mesure de**

recommander une fréquence de prélèvement car cela nécessite de développer un modèle intégrant l'effet répété des dépistages sur un troupeau. Or les données issues du programme de lutte ne permettent pas actuellement le développement d'un tel modèle.

Le GT rappelle que la sensibilité actuelle du dépistage est inférieure à l'objectif fixé dans l'étude européenne menée en 2004-2005, qui était de pouvoir détecter avec 95 % de confiance les troupeaux avec une prévalence intra-cheptel de 1 %. **Le GT recommande de maintenir la sensibilité actuelle du dépistage**, qui varie entre 70 % et 80 % selon les modes d'élevages, tout en laissant la possibilité aux organisations professionnelles d'élaborer leur plan d'échantillonnage et de le faire valider par la DGAI, en tenant compte des résultats de la réponse à la question 2. Le plan d'échantillonnage doit préciser le type de prélèvements (fientes, environnement ou toute combinaison des deux), le nombre de prélèvements ainsi que la fréquence d'échantillonnage qui permettraient de ne pas dégrader la sensibilité actuelle du dispositif. **Le GT recommande une mise à jour régulière de l'évaluation du dispositif de dépistage**, en fonction de l'évolution de la situation épidémiologique.

Le GT a relevé une imprécision dans l'instruction technique du 16 avril 2024 : celle-ci mentionne que « les prélèvements sont réalisés à l'intérieur des lieux d'hébergement des animaux » mais que plus généralement, « toutes les surfaces situées à l'intérieur de l'élevage peuvent faire l'objet d'un chiffonnage ». **Le GT recommande de clarifier cette imprécision pour lever toute ambiguïté.**

Le GT rappelle que l'hétérogénéité de la contamination des surfaces par les salmonelles ainsi que la grande diversité des surfaces rencontrées dans les bâtiments d'élevage, peuvent être à l'origine d'une difficulté de standardisation dans la réalisation des prélèvements d'environnement. **Le GT recommande que les prélèvements d'environnement soient réalisés à différents endroits du bâtiment afin d'augmenter la probabilité de détection des salmonelles.** La superficie à échantillonner doit être aussi grande que possible et ne pas être inférieure à 1 m² par chiffonnette. L'échantillonnage doit cibler des zones visiblement poussiéreuses, accessibles au préleveur et représentatives du milieu de vie des animaux. Au vu des résultats bibliographiques, **le GT recommande d'introduire la possibilité de réaliser des pédichiffonnettes pour prélever la poussière déposée au sol dans les élevages en cage.** Le prélèvement pourra être réalisé en parcourant la plus grande superficie possible des couloirs entre les cages sous réserve qu'il s'agisse d'un sol plein (non ajouré). Le GT rappelle que la détection de *Salmonella* à partir d'un prélèvement environnemental est fortement dépendante de la gestuelle du préleveur. **L'application stricte et rigoureuse du mode opératoire pour la manipulation des chiffonnettes tel que décrit dans la norme NF EN ISO 13 307, est de nature à améliorer la standardisation des prélèvements.**

L'exploitation des données de dépistage des salmonelles issues de la surveillance dans le cadre de ces travaux d'expertise a montré certains défauts au niveau de la qualité de ces données. À titre d'exemple, le GT a relevé l'absence d'un identifiant unique de troupeau qui permettrait de suivre dans le temps les résultats des dépistages salmonelliques réalisés sur un même troupeau. **Le GT recommande la mise en œuvre d'un plan d'amélioration de la qualité des données de dépistage des salmonelles, associant différentes parties prenantes (producteurs d'œufs, laboratoires reconnus et agréés, services de l'État).** Ces travaux pourront s'inscrire dans un cadre plus large d'évaluation du dispositif de surveillance des salmonelles dans les filières volailles réglementées.

En matière de travaux de recherche :

Au cours des dernières années, le nombre de petits élevages et de basse-cours qui commercialisent leurs œufs en circuit-court, a considérablement augmenté. De plus, il n'existe aucun élément scientifique étayant un moindre risque d'infection de ces troupeaux de petite taille (moins de 250 animaux) par *Salmonella*. Or, ces élevages ne sont pas intégrés dans le programme de lutte contre les salmonelles en France. Considérant l'évolution des pratiques d'élevage, et afin d'apprécier la pertinence d'inclure des troupeaux de moins de 250 poules pondeuses dans un dispositif de surveillance, **le GT recommande l'acquisition des connaissances scientifiques sur le risque sanitaire potentiellement posé par les petits élevages commerciaux vis-à-vis des salmonelles.**

Les élevages en volières se développent actuellement en France comme alternative aux élevages en cages. Les élevages en volières constituent un environnement complexe, avec la présence de nombreux matériels et, parfois, l'accès à un jardin d'hiver ou un parcours. **Le GT recommande la réalisation d'études afin d'acquérir des données sur la contamination de ce type d'élevage par les salmonelles et de mettre au point des protocoles de nettoyage-désinfection adaptés en cas de foyer.**

Dans un objectif d'évaluation et d'amélioration de la sensibilité du dispositif de dépistage des salmonelles en élevages de poules pondeuses, **le GT souligne l'intérêt d'acquérir des connaissances scientifiques supplémentaires y compris au niveau génomique, sur le caractère intermittent / persistant de l'infection salmonellique chez les poules pondeuses, ainsi que sur la dynamique de prévalence intra-troupeau et la charge excrétée.**

Concernant les prélèvements d'environnement, de nombreux travaux issus de la littérature scientifique ont montré une hétérogénéité au niveau des protocoles d'échantillonnage, des méthodes de prélèvement utilisées ainsi que des surfaces échantillonnées, ce qui n'a pas permis au GT de comparer la contamination de différentes surfaces en *Salmonella*. Afin de s'affranchir de cette difficulté, **le GT souligne l'intérêt de mener des études avec des protocoles de prélèvement standardisés, en vue de hiérarchiser la contamination des surfaces afin de recommander des zones à échantillonner en priorité.**

Quelques études terrain ont permis de mettre en évidence les similitudes génétiques existant entre des souches de *Salmonella* isolées des animaux, de l'environnement de l'élevage et sur/dans les œufs. Afin de renforcer ces observations, **le GT recommande de promouvoir le séquençage de souches issues de ces différentes matrices, afin d'évaluer l'importance quantitative des liens épidémiologiques entre les souches de *Salmonella* isolées des poules pondeuses, de leur environnement et des produits, ainsi que celles responsables d'infections chez les humains.**

8 Bibliographie

8.1 Publications

- Altekruse, S., J. Koehler, F. Hickman-Brenner, R. V. Tauxe, et K. Ferris. 1993. « A comparison of *Salmonella* Enteritidis phage types from egg-associated outbreaks and implicated laying flocks ». *Epidemiology and Infection* 110 (1) : 17-22. <https://doi.org/10.1017/s0950268800050639>.
- Anses. 2012. « Avis de l'Anses relatif à l'évaluation des risques liés à un projet de modification de la Charte sanitaire dans le cadre de la lutte contre les salmonelles dans les troupeaux de volailles ». Avis 2011-SA-0234. Maisons-Alfort : Anses.
- Anses. 2016. « Prise en compte de l'incertitude en évaluation des risques : revue de la littérature et recommandations pour l'Anses. » Avis 2015-SA-0090. Maisons-Alfort : Anses.
- Anses. 2018a. « Attribution des sources des maladies infectieuses d'origine alimentaire - Partie 2 : Analyse des données épidémiologiques ». Avis 2015-SA-0162. Maisons-Alfort : Anses.
- Anses. 2018b. « *Salmonella* spp. en alimentation animale ». Avis 2016-SA-0029. Maisons-Alfort : Anses.
- Anses. 2021. « Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments : "*Salmonella* spp" - juin 2021 ». Consulté le 13 janvier 2025. <https://www.anses.fr/fr/content/fiche-de-description-de-danger-biologique-transmissible-par-les-aliments-salmonella-spp-juin>.
- Anses. 2022. « Note d'appui scientifique et technique de l'Anses relative aux enquêtes épidémiologiques réalisées suite aux infections à *Salmonella* en 2020 dans les élevages de poulettes et de poules pondeuses d'œufs de consommation ». Avis 2021-AST-0084. Maisons-Alfort.
- Arnold, M. E., J. J. Carrique-Mas, et R. H. Davies. 2010. « Sensitivity of environmental sampling methods for detecting *Salmonella* Enteritidis in commercial laying flocks relative to the within-flock prevalence ». *Epidemiology and Infection* 138 (3): 330-39. <https://doi.org/10.1017/S0950268809990598>.
- Arnold, M. E., J. J. Carrique-Mas, I. McLaren, et R. H. Davies. 2011. « A comparison of pooled and individual bird sampling for detection of *Salmonella* in commercial egg laying flocks. » *Preventive veterinary medicine* 99 (2-4): 176-84. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.12.007>.
- Arnold, M. E., F. Martelli, I. McLaren, et R. H. Davies. 2014a. « Estimation of the Rate of Egg Contamination from *Salmonella* -Infected Chickens ». *Zoonoses and Public Health* 61 (1) : 18-27. <https://doi.org/10.1111/zph.12038>.
- Arnold, M. E., F. Martelli, I. McLaren, et R. H. Davies. 2014b. « Estimation of the sensitivity of environmental sampling for detection of *Salmonella* in commercial layer flocks post-introduction of national sampling programmes ». *Epidemiology and Infection* 142 (5): 1061-69. <https://doi.org/10.1017/S0950268813002173>.
- Baron, Florence, Françoise Nau, Catherine Guérin-Dubiard, Sylvie Bonnassie, Michel Gautier, Simon C. Andrews, et Sophie Jan. 2016. « Egg white versus *Salmonella* Enteritidis! A harsh medium meets a resilient pathogen ». *Food Microbiology* 53 (février): 82-93. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.09.009>.
- Branscum, A.J., I.A. Gardner, et W.O. Johnson. 2005. « Estimation of diagnostic-test sensitivity and specificity through Bayesian modeling ». *Preventive Veterinary Medicine* 68 (2-4): 145-63. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2004.12.005>.
- Bucher, Maite Ghazaleh, Benjamin Zwirzitz, Adelumola Oladeinde, Kimberly Cook, Caroline Plymel, Gregory Zock, Steven Lakin, et al. 2020. « Reused poultry litter microbiome with competitive exclusion potential against *Salmonella* Heidelberg ». *Journal of Environmental Quality* 49 (4): 869-81. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20081>.
- Camba, Sherwin I., Fletcher P. Del Valle, Dennis V. Umali, Takehisa Soma, Kazutoshi Shirota, Hiromitsu Katoh, et Kazumi Sasai. 2019. « The Expanded Role of Roof-Rats (*Rattus rattus*) in *Salmonella* spp. Contamination of a Commercial Layer Farm in East Japan ». *Avian Diseases* 64 (1) : 46. <https://doi.org/10.1637/0005-2086-64.1.46>.

- Carrigue-Mas, J.J., M. Breslin, A.R. Sayers, I. McLaren, M. Arnold, et R. Davies. 2008. « Comparison of environmental sampling methods for detecting *Salmonella* in commercial laying flocks in the UK ». *Letters in Applied Microbiology* 47 (6) : 514-19. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2008.02450.x>.
- Chemaly, Marianne, Adeline Huneau-Salaün, Annie Labbe, Catherine Houdayer, Isabelle Petetin, et Philippe Fravallo. 2009. « Isolation of *Salmonella enterica* in Laying-Hen Flocks and Assessment of Eggshell Contamination in France ». *Journal of Food Protection* 72 (10) : 2071-77. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.10.2071>.
- Chousalkar, Kapil, Richard Gast, Francesca Martelli, et Vivek Pande. 2018. « Review of egg-related salmonellosis and reduction strategies in United States, Australia, United Kingdom and New Zealand. » *Critical reviews in microbiology* 44 (3) : 290-303. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2017.1368998>.
- Cocciolo, Giulio, Elena Circella, Nicola Pugliese, Caterina Lupini, Giulia Mescolini, Elena Catelli, Monika Borchert-Stuhlträger, Hartmut Zoller, Emmanuel Thomas, et Antonio Camarda. 2020. « Evidence of vector borne transmission of *Salmonella enterica enterica* serovar Gallinarum and fowl typhoid disease mediated by the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (De Geer, 1778) ». *Parasites & Vectors* 13 (1) : 513. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04393-8>.
- Collineau, Lucie, François Guillon, Tribéhou Guillaume, Laetitia Bonifait, Céline Dupuy, Tapie Isabelle, Sophie Le Bouquin, et Adeline Huneau-Salaün. 2021. « Bilan d'exécution du programme de lutte contre salmonella dans les troupeaux des espèces *Gallus gallus* et *Meleagris gallopavo* en 2015-2018 ». *Bulletin Épidémiologique* 94 (SPÉCIAL MALADIES ANIMALES RÉGLEMENTÉES ET EMERGENTES (MRE)) : Article 1.
- Cox, N.A., M.E. Berrang, et J.A. Cason. 2000. « *Salmonella* penetration of egg shells and proliferation in broiler hatching eggs—a review ». *Poultry Science* 79 (11) : 1571-74. <https://doi.org/10.1093/ps/79.11.1571>.
- Crabb, Helen K., Joanne Lee Allen, Joanne Maree Devlin, Colin Reginald Wilks, et James Rudkin Gilkerson. 2019. « Spatial Distribution of *Salmonella enterica* in Poultry Shed Environments Observed by Intensive Longitudinal Environmental Sampling ». Sous la direction de Christopher A. Elkins. *Applied and Environmental Microbiology* 85 (14) : e00333-19. <https://doi.org/10.1128/AEM.00333-19>.
- Davies, R., et J.J. Carrigue-Mas. 2011. « Detection and monitoring of *Salmonella* in laying hen flocks ». Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857093929.2.83>.
- Davies, Robert, et Mark Breslin. 2004. « Observations on *Salmonella* contamination of eggs from infected commercial laying flocks where vaccination for *Salmonella enterica* serovar Enteritidis had been used ». *Avian Pathology* 33 (2) : 133-44. <https://doi.org/10.1080/03079450310001652040>.
- De Oliveira Mota, Juliana, Géraldine Boué, Hervé Prévost, Aurélien Mailliet, Emmanuel Jaffres, Thomas Maignien, Nathalie Arnich, Moez Sanaa, et Michel Federighi. 2021. « Environmental monitoring program to support food microbiological safety and quality in food industries: A scoping review of the research and guidelines ». *Food Control* 130 (décembre) : 108283. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108283>.
- De Vylder, J., J. Dewulf, S. Van Hoorebeke, F. Pasmans, F. Haesebrouck, R. Ducatelle, et F. Van Immerseel. 2011. « Horizontal transmission of *Salmonella* Enteritidis in groups of experimentally infected laying hens housed in different housing systems ». *Poultry Science* 90 (7) : 1391-96. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00944>.
- Dewaele, I., H. Van Meirhaeghe, G. Rasschaert, M. Vanrobaeys, E. De Graef, L. Herman, R. Ducatelle, M. Heyndrickx, et K. De Reu. 2012. « Persistent *Salmonella* Enteritidis environmental contamination on layer farms in the context of an implemented national control program with obligatory vaccination ». *Poultry Science* 91 (2) : 282-91. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01673>.
- EFSA. 2012. « EFSA@10: La science pour protéger la sécurité des aliments en Europe ». 11 juillet 2012. <https://www.efsa.europa.eu/fr/corporate/pub/efsa10thanniversary>.
- EFSA Panel on Biological Hazards (EFSA BIOHAZ Panel), Kostas Koutsoumanis, Ana Allende, Avelino Alvarez-Ordóñez, Declan Bolton, Sara Bover-Cid, Marianne Chemaly, et al. 2019. « *Salmonella* control in poultry flocks and its public health impact ». *EFSA Journal* 17 (2). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5596>.

- European Centre for Disease Prevention and Control, European Food Safety Authority. 2022. « Multi-country outbreak of *Salmonella* Enteritidis sequence type (ST)11 infections linked to eggs and egg products – 8 February 2022 ». *EFSA Supporting Publications* 19 (2). <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7180>.
- European Commission DG SANCO. 2004. « Baseline study on the prevalence of *Salmonella* in laying flocks of *Gallus gallus* in the EU: Technical specifications ». *SANCO/34/2004 Rev3* 16 (juillet).
- European Food Safety Authority (EFSA) et European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). 2024. « The European Union One Health 2023 Zoonoses report ». *EFSA Journal* 22 (12). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.9106>.
- Freitas Neto, Oliveira Caetano de, Aline Lopes Mesquita, Jaqueline Boldrin de Paiva, Fábio Zotesso, et Angelo Berchieri Júnior. 2008. « Control of *Salmonella* Enterica serovar Enteritidis in laying hens by inactivated *Salmonella* Enteritidis vaccines. » *Brazilian journal of microbiology : [publication of the Brazilian Society for Microbiology]* 39 (2) : 390-96. <https://doi.org/10.1590/S1517-838220080002000034>.
- Gantois, Inne, Richard Ducatelle, Frank Pasmans, Freddy Haesebrouck, Richard Gast, Tom J. Humphrey, et Filip Van Immerseel. 2009. « Mechanisms of egg contamination by *Salmonella* Enteritidis ». *FEMS Microbiology Reviews* 33 (4) : 718-38. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2008.00161.x>.
- Gast, R. K., et C. W. Beard. 1990. « Isolation of *Salmonella* Enteritidis from internal organs of experimentally infected hens ». *Avian Diseases* 34 (4) : 991-93.
- Gast, R. K., et P. S. Holt. 1998. « Persistence of *Salmonella* Enteritidis from one day of age until maturity in experimentally infected layer chickens ». *Poultry Science* 77 (12) : 1759-62. <https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1759>.
- Hald, Tine, Willy Aspinall, Brecht Devleeschauwer, Roger Cooke, Tim Corrigan, Arie H. Havelaar, Herman J. Gibb, et al. 2016. « World Health Organization Estimates of the Relative Contributions of Food to the Burden of Disease Due to Selected Foodborne Hazards: A Structured Expert Elicitation ». Sous la direction de Srinand Sreevatsan. *PLOS ONE* 11 (1) : e0145839. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145839>.
- Henzler, D. J., E. Ebel, J. Sanders, D. Kradel, et J. Mason. 1994. « *Salmonella* Enteritidis in Eggs from Commercial Chicken Layer Flocks Implicated in Human Outbreaks ». *Avian Diseases* 38 (1) : 37. <https://doi.org/10.2307/1591834>.
- Henzler, D. J., D. C. Kradel, et W. M. Sischo. 1998. « Management and environmental risk factors for *Salmonella* Enteritidis contamination of eggs ». *American Journal of Veterinary Research* 59 (7) : 824-29.
- Hoepers, Patrícia Giovana, Pedro Lucas Figueiredo Nunes, Hebreia Oliveira Almeida-Souza, Mario Machado Martins, Rodrigo Dias De Oliveira Carvalho, Caroline Teixeira Dreyer, Flávia Figueira Aburjaile, Simone Sommerfeld, Vasco Azevedo, et Belchiolina Beatriz Fonseca. 2024. « Harnessing probiotics capability to combat *Salmonella* Heidelberg and improve intestinal health in broilers ». *Poultry Science* 103 (7) : 103739. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103739>.
- Huneau-Salaün, A., V. Michel, L. Balaine, I. Petetin, F. Eono, F. Ecobichon, et S. Le Bouquin. 2010. « Evaluation of common cleaning and disinfection programmes in battery cage and on-floor layer houses in France. » *British poultry science* 51 (2) : 204-12. <https://doi.org/10.1080/00071661003745794>.
- Huneau-Salaün, Adeline, Guillaume Tribehou, Jérémy Jachacz, Laetitia Bonifait, Sophie Carles, Isabelle Tapie, et Sophie Le Bouquin. 2024. « Bilan du programme de lutte contre *Salmonella* dans les troupeaux des espèces de *Gallus gallus* et *Meleagris gallopavo* en 2022 en France ». *Bulletin épidémiologique*, 12 avril 2024. <https://be.anses.fr/fr/node/2106>.
- Isah, Abubakar Shitu, Reshma Ramachandran, Anuraj Theradiyil Sukumaran, Aaron S. Kiess, Claudia D. Castañeda, Tim Boltz, Kenneth Macklin, Hossam Abdelhamed, et Li Zhang. 2024. « Research Note: Evaluating the vertical transmission potential of *Salmonella* Reading in broiler breeders ». *Poultry Science* 103 (12) : 104351. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104351>.
- Iwabuchi, Eriko, Noriko Maruyama, Ayumi Hara, Masaaki Nishimura, Masatake Muramatsu, Tameichi Ochiai, et Katsuya Hirai. 2010. « Nationwide survey of *Salmonella* prevalence in environmental

- dust from layer farms in Japan ». *Journal of Food Protection* 73 (11): 1993-2000. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-73.11.1993>.
- Kempf, Florent, Pierrette Menanteau, Ivan Rychlik, Tereza Kubasová, Jérôme Trotereau, Isabelle Virlogeux-Payant, Samantha Schaeffer, et al. 2020. « Gut microbiota composition before infection determines the *Salmonella* super- and low-shedder phenotypes in chicken ». *Microbial Biotechnology* 13 (5): 1611-30. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13621>.
- Kingsbury, Joanne M., Kirstin Thom, Hayley Erskine, Lisa Olsen, et Tanya Soboleva. 2019. « Prevalence and Genetic Analysis of *Salmonella enterica* from a Cross-sectional Survey of the New Zealand Egg Production Environment ». *Journal of Food Protection* 82 (12): 2201-14. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-159>.
- Loponte, Rosa, Ugo Pagnini, Giuseppe Iovane, et Giuseppe Pisanelli. 2021. « Phage Therapy in Veterinary Medicine ». *Antibiotics* 10 (4) : 421. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040421>.
- Mahé, A., S. Bougeard, A. Huneau-Salaün, S. Le Bouquin, I. Petetin, S. Rouxel, F. Lalande, P.A. Beloeil, et N. Rose. 2008. « Bayesian estimation of flock-level sensitivity of detection of *Salmonella* spp., Enteritidis and Typhimurium according to the sampling procedure in French laying-hen houses ». *Preventive Veterinary Medicine* 84 (1-2): 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.10.003>.
- Mantzios, Tilemachos, Vasilios Tsiouris, Konstantinos Kiskinis, Vangelis Economou, Evanthia Petridou, Anestis Tsitsos, Apostolos Patsias, et al. 2023. « In Vitro Investigation of the Antibacterial Activity of Nine Commercial Water Disinfectants, Acidifiers, and Glyceride Blends against the Most Important Poultry Zoonotic Bacteria ». *Pathogens* 12 (3) : 381. <https://doi.org/10.3390/pathogens12030381>.
- Martelli, Francesca, Andrew Wales, et Rob Davies. 2017. « Of Mice and Hens - Tackling *Salmonella* in Table Egg Production in the United Kingdom and Europe ». Dans *Producing Safe Eggs.*, 3-23. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802582-6.00001-X>.
- McWhorter, Andrea R., et Kapil K. Chousalkar. 2019. « From hatch to egg grading: monitoring of *Salmonella* shedding in free-range egg production systems ». *Veterinary Research* 50 (1) : 58. <https://doi.org/10.1186/s13567-019-0677-4>.
- McWhorter, Andrea R., et Kapil K. Chousalkar. 2020. « *Salmonella* on Australian cage egg farms: Observations from hatching to end of lay ». *Food Microbiology* 87 (mai) : 103384. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103384>.
- Menanteau, Pierrette, Florent Kempf, Jérôme Trotereau, Isabelle Virlogeux-Payant, Edouard Gitton, Julie Dalifard, Irene Gabriel, Ivan Rychlik, et Philippe Velge. 2018. « Role of systemic infection, cross contaminations and super-shedders in *Salmonella* carrier state in chicken ». *Environmental Microbiology* 20 (9): 3246-60. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14294>.
- Messens, W., K. Grijspeerdt, et L. Herman. 2005. « Eggshell penetration by *Salmonella*: a review ». *World's Poultry Science Journal* 61 (1): 71-86. <https://doi.org/10.1079/WPS200443>.
- Much P, Österreicher E, Lassnig H, Kornschöber C, Köfer J. 2007. « AFL - Results of the EU-wide Baseline Study on the Prevalence of *Salmonella* spp. in Holdings of Laying Hens in Austria ». *Archiv für Lebensmittelhygiene*, n° Archiv für Lebensmittelhygiene 58: 6, 225-229 (2007) (décembre) : 225-29. <https://doi.org/10.2377/0003-925X-58-225>.
- Münster, Pia, Lars Pöppel, Ali Antakli, Doris Müller-Doblies, Dmytro Radko, et Nicole Kemper. 2023. « The Detection of *Salmonella* Enteritidis on German Layer Farms after Cleaning and Disinfection ». *Animals* 13 (16) : 2588. <https://doi.org/10.3390/ani13162588>.
- Namata, Harriet, Estelle Méroc, Marc Aerts, Christel Faes, José Cortiñas Abrahantes, Hein Imberechts, et Koen Mintiens. 2008. « *Salmonella* in Belgian laying hens: An identification of risk factors ». *Preventive Veterinary Medicine* 83 (3-4): 323-36. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2007.09.002>.
- Neelawala, Roshen N., Lekshmi K. Edison, et Subhashinie Kariyawasam. 2024. « Pre-Harvest Non-Typhoidal *Salmonella* Control Strategies in Commercial Layer Chickens ». *Animals* 14 (24) : 3578. <https://doi.org/10.3390/ani14243578>.
- Obe, Tomi, Timothy Boltz, Mike Kogut, Steven C. Ricke, Lasheda A. Brooks, Ken Macklin, et Ashley Peterson. 2023. « Controlling *Salmonella*: strategies for feed, the farm, and the processing plant ». *Poultry Science* 102 (12): 103086. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103086>.

- Pacholewicz, Ewa, Henk J. Wisselink, Miriam G. J. Koene, Marleen van der Most, et Jose L. Gonzales. 2023. « Environmental Sampling Methods for Detection of *Salmonella* Infections in Laying Hens: A Systematic Review and Meta-Analysis ». *Microorganisms* 11 (8): 2100. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11082100>.
- Pijnacker, Roan, Timothy J Dallman, Aloys S L Tijmsa, Gillian Hawkins, Lesley Larkin, Saara M Kotila, Giusi Amore, et al. 2019. « An international outbreak of *Salmonella enterica* serotype Enteritidis linked to eggs from Poland: a microbiological and epidemiological study ». *The Lancet Infectious Diseases* 19 (7): 778-86. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30047-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30047-7).
- Poirier, E., L. Watier, E. Espie, F.-X. Weill, H. De Valk, et J.-C. Desenclos. 2008. « Evaluation of the impact on human salmonellosis of control measures targeted to *Salmonella* Enteritidis and Typhimurium in poultry breeding using time-series analysis and intervention models in France ». *Epidemiology and Infection* 136 (9): 1217-24. <https://doi.org/10.1017/S0950268807009788>.
- Quinn, P. J., B. K. Markey, F. C. Leonard, P. Hartigan, S. Fanning, et E. S. Fitzpatrick. 2011. *Veterinary Microbiology and Microbial Disease*. John Wiley & Sons.
- Racicot, Manon, Geneviève Comeau, Alexandre Leroux, Sylvain Quessy, Sunny Ng, Teresa Cereno, Daniel Venne, et al. 2020. « Expert Elicitation to Estimate the Relative Risk of Food Safety Criteria Included in the Establishment-Based Risk Assessment Model for Canadian Hatcheries ». *Foodborne Pathogens and Disease* 17 (11): 641-65. <https://doi.org/10.1089/fpd.2019.2784>.
- Ruvalcaba-Gómez, José Martín, Zuamí Villagrán, Juan José Valdez-Alarcón, Marcelino Martínez-Núñez, Lorena Jacqueline Gomez-Godínez, Edmundo Ruesga-Gutiérrez, Luis Miguel Anaya-Esparza, Ramón Ignacio Arteaga-Garibay, et Angélica Villarruel-López. 2022. « Non-Antibiotics Strategies to Control Salmonella Infection in Poultry ». *Animals* 12 (1): 102. <https://doi.org/10.3390/ani12010102>.
- Schulz, J., S. Van Hoorebeke, B. Hald, J. Hartung, F. Van Immerseel, I. Radtke, S. Kabell, et J. Dewulf. 2011. « The dynamics of *Salmonella* occurrence in commercial laying hen flocks throughout a laying period. » *Avian pathology: journal of the W.V.P.A* 40 (3): 243-48. <https://doi.org/10.1080/03079457.2010.544290>.
- Shah, Devendra H., Jacob R. Elder, Kim L. Chiok, et Narayan C. Paul. 2017. « Genetic Basis of *Salmonella* Enteritidis Pathogenesis in Chickens ». Dans *Producing Safe Eggs*. Sous la direction de Steven C. Ricke et Richard K. Gast, 187-208. San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802582-6.00010-0>.
- Snow, L. C., R. H. Davies, K. H. Christiansen, J. J. Carrique-Mas, A. J. C. Cook, et S. J. Evans. 2010. « Investigation of risk factors for *Salmonella* on commercial egg-laying farms in Great Britain, 2004-2005 ». *Veterinary Record* 166 (19): 579-86. <https://doi.org/10.1136/vr.b4801>.
- Sylejmani, Driton, Arben Musliu, Naser Ramadani, Olivier Sparagano, et Afrim Hamidi. 2016. « Associations Between the Level of Biosecurity and Occurrence of *Dermanyssus gallinae* and *Salmonella* spp. in Layer Farms ». *Avian Diseases* 60 (2) : 454-59. <https://doi.org/10.1637/11327-111415-Reg>.
- Valancony, H., G. Fournier, P. Drouin, J.-Y. Toux, et P. Colin. 2001. « Disinfection of cage layer houses contaminated with *Salmonella* Enteritidis ». *British Poultry Science* 42 (SUPPL. 1) : S39-40.
- Van Hoorebeke, S., F. Van Immerseel, J. De Vylder, R. Ducatelle, F. Haesebrouck, F. Pasmans, A. De Kruif, et J. Dewulf. 2009. « Faecal Sampling Underestimates the Actual Prevalence of *Salmonella* in Laying Hen Flocks ». *Zoonoses and Public Health* 56 (8): 471-76. <https://doi.org/10.1111/j.1863-2378.2008.01211.x>.
- Van Hoorebeke, S., F. Van Immerseel, J. Schulz, J. Hartung, M. Harisberger, L. Barco, A. Ricci, et al. 2010. « Determination of the within and between flock prevalence and identification of risk factors for *Salmonella* infections in laying hen flocks housed in conventional and alternative systems. » *Preventive veterinary medicine* 94 (1-2): 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.11.022>.
- Van Immerseel, F., J. De Buck, F. Pasmans, L. Bohez, F. Boyen, F. Haesebrouck, et R. Ducatelle. 2004. « Intermittent long-term shedding and induction of carrier birds after infection of chickens early posthatch with a low or high dose of *Salmonella* Enteritidis ». *Poultry Science* 83 (11): 1911-16. <https://doi.org/10.1093/ps/83.11.1911>.

Whiley, Harriet, et Kirstin Ross. 2015. « *Salmonella* and Eggs: From Production to Plate ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12 (3): 2543-56. <https://doi.org/10.3390/ijerph120302543>.

8.2 Normes

AFNOR. 2007. NF U47-100 - *Méthodes d'analyse en santé animale - Recherche par l'isolement et identification de tout sérovar ou de sérovar(s) spécifié(s) de salmonelles dans l'environnement des productions animales*. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-u47100/methodes-danalyse-en-sante-animale-recherche-par-lisolement-et-identificati/fa151800/29569>.

AFNOR. 2007. NF U47-101 - *Méthodes d'analyse en santé animale - Isolement et identification de tout sérovar ou de sérovar(s) spécifié(s) de salmonelles chez les oiseaux*. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-u47101/methodes-danalyse-en-sante-animale-isolement-et-identification-de-tout-sero/fa155329/30106>.

AFNOR. 2017. NF EN ISO/IEC 17025 - *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*. <https://www.boutique.afnor.org/fr-fr/norme/nf-en-iso-iec-17025/exigences-generales-concernant-la-competence-des-laboratoires-detallonages/fa188925/2344>.

8.3 Législation et réglementation

Ministère de l'agriculture et de la pêche. Arrêté du 26 février 2008 relatif aux modalités de la participation financière de l'Etat à la lutte contre les infections à *Salmonella* dans les troupeaux de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation. Journal officiel n°0055 du 5 mars 2008, texte n°16 sur 110

ELI : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/jo/2008/3/5>

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Arrêté du 29 septembre 2021 relatif aux mesures de biosécurité applicables par les opérateurs et les professionnels liés aux animaux dans les établissements détenant des volailles ou des oiseaux captifs dans le cadre de la prévention des maladies animales transmissibles aux animaux ou aux êtres humains. Journal officiel n°0228 du 30 septembre 2021, texte n°55 sur 195

ELI : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2021/9/29/AGRG2129005A/jo/texte>

Ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Arrêté du 3 mai 2022 listant les maladies animales réglementées d'intérêt national en application de l'article L. 221-1 du code rural et de la pêche maritime. Journal officiel n°0104 du 05 mai 2022, texte n°25 sur 110

ELI : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2022/5/3/AGRG2209549A/jo/texte>

Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire. Arrêté du 27 février 2023 relatif à la lutte contre les infections à *Salmonella* dans les troupeaux de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs de consommation et dans les troupeaux de reproducteurs de l'espèce *Gallus gallus* ou *Meleagris gallopavo*. Journal officiel n°0054 du 04 mars 2023, texte n°18 sur 116

ELI : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2023/2/27/AGRG2305545A/jo/texte>

Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire. Instruction technique DGAL/SDSBEA/2024-234 : Mise en œuvre de l'arrêté du 27 février 2023 relatif à la lutte contre les infections à *Salmonella* dans les troupeaux des espèces *Gallus gallus* en filière oeufs de consommation et dans les troupeaux de

reproducteurs de l'espèce *Gallus gallus* ou *Meleagris gallopavo*.
<https://info.agriculture.gouv.fr/boagri/instruction-2024-234>.

Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Directive 2003/99/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur la surveillance des zoonoses et des agents zoonotiques, modifiant la décision 90/424/CEE du Conseil et abrogeant la directive 92/117/CEE du Conseil. JO L 325 du 12.12.2003, p. 31–40

ELI : <http://data.europa.eu/eli/dir/2003/99/oj>

Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Règlement (CE) n° 2160/2003 du Parlement européen et du Conseil du 17 novembre 2003 sur le contrôle des salmonelles et d'autres agents zoonotiques spécifiques présents dans la chaîne alimentaire. JO L 325 du 12.12.2003, p. 1–15

ELI : <http://data.europa.eu/eli/reg/2003/2160/oj>

Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Règlement (CE) n° 765/2008 du Parlement européen et du Conseil du 9 juillet 2008 fixant les prescriptions relatives à l'accréditation et à la surveillance du marché pour la commercialisation des produits et abrogeant le règlement (CEE) n° 339/93 du Conseil (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). JO L 218 du 13.8.2008, p. 30–47

ELI : <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/765/oj>

Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) n° 517/2011 de la Commission du 25 mai 2011 portant application du règlement (CE) n° 2160/2003 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne la fixation de l'objectif de l'Union en matière de réduction de la prévalence de certains sérotypes de salmonelles chez les poules pondeuses de l'espèce *Gallus gallus* et portant modification du règlement (CE) n° 2160/2003 et du règlement (UE) n° 200/2010 de la Commission (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). JO L 138 du 26.5.2011, p. 45–51

ELI : <http://data.europa.eu/eli/reg/2011/517/oj>

Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Règlement d'exécution (UE) n° 2018/1882 de la Commission du 3 décembre 2018 sur l'application de certaines dispositions en matière de prévention et de lutte contre les maladies à des catégories de maladies répertoriées et établissant une liste des espèces et des groupes d'espèces qui présentent un risque considérable du point de vue de la propagation de ces maladies répertoriées (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). JO L 308 du 4.12.2018, p. 21–29

ELI : http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2018/1882/oj

Parlement européen, Conseil de l'Union européenne. Règlement (UE) n° 2019/268 de la Commission du 15 février 2019 portant modification des règlements (UE) n° 200/2010, (UE) n° 517/2011, (UE) n° 200/2012 et (UE) n° 1190/2012 en ce qui concerne certaines méthodes de test et d'échantillonnage pour la détection de la présence de *Salmonella* dans les volailles (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). JO L 46 du 18.2.2019, p. 11–16

ELI : <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/268/oj>

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine



2023-SA-0053

Direction générale
de l'alimentation

Paris, le 3 mars 2023

La Directrice générale de l'alimentation

à

Monsieur le Directeur général de l'ANSES

Objet : Saisine de l'Anses relative aux modalités de surveillance des salmonelles zoonotiques en filière avicole

Conformément aux articles L. 1313-1 et 1313-3 du Code de la santé publique, j'ai l'honneur de solliciter l'avis de l'Anses sur le sujet en objet.

Contexte :

Depuis plusieurs années, la situation sanitaire des élevages de poules pondeuses vis-à-vis des salmonelles zoonotiques s'est dégradée. En 2020 et 2021, la prévalence des troupeaux de poules pondeuses infectés par un sérotype de salmonelles réglementées était respectivement de 2,56% et 2,34% et dépassait l'objectif de 2% établi par la Commission européenne¹.

Pour redresser la situation, des travaux ont été engagés avec l'ensemble des représentants de la filière avicole pour identifier les évolutions nécessaires afin d'améliorer le plan de lutte. De ces échanges ressort un consensus fort sur la nécessité de faire évoluer différents points du plan de lutte :

- Les méthodes analytiques utilisées pour mettre en évidence les salmonelles ;
- Les modalités de dépistage dans les élevages de poules pondeuses ;
- Le maintien ou non de certains variants de *Salmonella* Typhimurium et de *Salmonella* Kentucky dans les sérotypes soumis aux mesures de lutte.

Les questions sur lesquelles je souhaite saisir l'Anses sont détaillées ci-dessous.

Questions :

1- Méthodes alternatives à la mise en culture pour le dépistage des salmonelles

Conformément à la réglementation de l'Union européenne, la détection des salmonelles dans les prélèvements de fientes et de poussières est réalisée selon la norme EN ISO 6579-1 (préconisation du règlement 200/2010 pour les reproducteurs Gallus, règlement 517/2011 pour les poules pondeuses, règlement 200/2012 pour les poulets de chair, règlement 1190/2012 pour les reproducteurs dindes et dindes de chair). Le dépistage est complété par

¹ Les résultats de la surveillance en 2022 ne sont pas encore disponibles.

un sérotypage selon la classification du schéma de Kaufmann-White-Le Minor sur au moins un isolat de chaque échantillon positif. La France impose l'utilisation pour les prélèvements de fientes et de poussières, des méthodes prévues par la norme NF U 47 100. La réglementation prévoit également la mise en œuvre de deux méthodes d'enrichissement (sauf pour les prélèvements réalisés en élevage de volailles de chair).

Depuis février 2019, la réglementation européenne prévoit que des méthodes alternatives peuvent être utilisées pour la détection et le sérotypage dès lors qu'elles sont validées conformément à la norme EN ISO 16140-2.

La technique par polymérase chain reaction (PCR) pourrait donc être utilisée pour le dépistage et le sérotypage des salmonelles dans les prélèvements de fientes et de poussières réalisés en élevage.

Ainsi, je sollicite l'avis de l'Anses pour disposer d'un état des lieux des méthodes d'analyses alternatives existantes, validées conformément à la norme EN ISO 16140-2, pour les différents prélèvements réalisés dans les élevages de volailles. Cet état des lieux devra préciser si ces méthodes permettent de détecter les variants de *S. Typhimurium*.

Concernant la technique par PCR, les différents avantages et inconvénients de cette méthode par rapport aux techniques d'analyses utilisées pour la détection et le sérotypage des salmonelles dans les prélèvements de fientes et de poussières seront précisés. Les points suivants seront en particulier documentés :

- Impact de l'utilisation de la PCR sur les délais d'acheminement et de mise en analyse des prélèvements ;
- Impact de l'utilisation de la PCR sur la mise en évidence des absences de pousse sur milieu sélectif ;
- Conséquence de l'utilisation de la PCR sur la mise en œuvre du séquençage et la mise en évidence des « sérotypes » ne pouvant pas être déterminés par PCR ;
- Différenciation des souches vaccinales et sauvages de salmonelles.

2- Modification du plan d'échantillonnage dans les élevages de pondeuses

La réglementation relative à la surveillance et à la lutte contre les infections à *Salmonella* dans les troupeaux de l'espèce *Gallus gallus* en filière ponte d'œufs prévoit, dans les élevages de pondeuses, un dépistage des salmonelles réglementées par l'exploitant (contrôle obligatoire) toutes les 15 semaines, avec un premier dépistage dans les 4 semaines suivant l'arrivée des volailles (et au plus tard lorsque les animaux sont âgés de 24 semaines).

Le dépistage est réalisé à partir de prélèvements de type fientes, auxquels peuvent se rajouter des prélèvements de surface.

La pertinence des prélèvements par chiffonnettes de surface faites dans le bâtiment est régulièrement remise en cause par la profession avicole au motif que ces prélèvements d'environnement pourraient ne pas refléter l'état sanitaire du troupeau.

Dans ce contexte, l'avis de l'Anses est sollicité sur les questions suivantes :

- Les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage permettent-ils de mettre en évidence la contamination du troupeau par une salmonelle ?
- La sensibilité du dépistage peut-elle être maintenue en supprimant les prélèvements d'environnement par chiffonnettes pour les troupeaux de plus de 1000 poules pondeuses en fonction du mode d'élevage ?
- Et si oui, définir en modifiant les fréquences de prélèvements et le nombre

d'échantillons à prélever, un protocole de prélèvement basé uniquement sur des prélèvements de fientes permettant de garantir la même sensibilité du dépistage mis en place.

- Si les prélèvements par chiffonnettes doivent être maintenus, quelles sont les surfaces qui doivent être échantillonnées afin de garantir un niveau de détection équivalent entre les élevages ?

3- Modalités de surveillance et de lutte pour les variants de *Salmonella* Typhimurium et de *Salmonella* Kentucky

- Variants de *Salmonella* Typhimurium

La réglementation française inclut dans le plan de lutte les trois variants de *Salmonella* Typhimurium, de formules antigéniques :

- 1,4,[5], 12 :i :-
- 1,4,[5],12 :- :1,2
- 1,4,[5],12 :- :-

Le variant 1,4,[5], 12 :i :- est le seul réglementé au niveau européen. La note de service DGAL/SDSSA/N2010-8026 impose que les souches des variants de *S. Typhimurium* soient envoyées au LNR de Maisons-Alfort pour confirmation du sérotype. Les mesures de gestion portant sur le troupeau et ses issues sont pour autant prises sans attendre le résultat de cette confirmation.

Afin de réévaluer la nécessité de maintenir cette confirmation par le LNR, il est demandé à l'Anses un bilan des résultats des confirmations réalisées sur les souches collectées par l'Anses depuis 2011.

- *Salmonella* Kentucky

L'introduction en 2015 dans le plan de lutte de *S. Kentucky* comme sérotype soumis à surveillance et mesures de lutte dans les élevages de *Gallus gallus* et *Meleagris Gallopavo* a été motivée par sa résistance fréquente aux antibiotiques d'intérêt critique en médecine humaine. En raison des difficultés à obtenir un antibiogramme rapidement, il avait été décidé que les mesures de lutte seraient prises indépendamment du profil d'antibiorésistance de *S. Kentucky*. Ces dispositions sont très pénalisantes pour certains départements d'Outre-Mer pour lesquelles *S. Kentucky* est très présente sans que les souches ne présentent un profil d'antibiorésistance à risque.

L'évolution des méthodes analytiques pourrait permettre de caractériser rapidement le profil d'antibiorésistance de ces salmonelles.

En conséquence, il est envisagé de modifier la réglementation en n'imposant des mesures de lutte qu'aux seuls élevages où une *S. Kentucky* présentant un profil d'antibiorésistance à risque est détectée.

Dans ce contexte, l'avis de l'Anses est sollicité pour définir :

- les profils d'antibiorésistance de *Salmonella* Kentucky considérés comme dangereux pour la santé publique et devant faire l'objet de mesures de lutte ;
- les méthodes analytiques qui permettent de mettre en évidence en routine ces profils d'antibiorésistance et la liste des laboratoires disposant de ces capacités analytiques.

Je souhaite pouvoir disposer des résultats de votre expertise dans les délais suivants :

- 6 mois pour la question relative à *S. Typhimurium* (premier point de la question 3) ;
- 15 mois pour les autres questions.

MAUD FAIPOUX
ID

Signature numérique
de MAUD FAIPOUX ID

Annexe 2 : Recherche bibliographique

PARTIE 1 - CADRAGE ET DÉFINITION DU PROFIL

1.1 DÉFINITION DES BESOINS DE RECHERCHE

Ce formulaire permet de tracer l'orientation de la recherche bibliographique, en application de la procédure [ANSES/PR1/9/01] « Organisation de la réalisation d'une expertise en réponse à une saisine ou une auto-saisine » (voir le paragraphe « Collecte des données nécessaires à l'expertise »)

▪ Cadrage

Bases de données (ex : Scopus, PubMed, CAB Abstracts...)	Scopus, CAB Abstracts	Périmètre	Europe – Amérique du nord (USA et Canada) et Australie
Mots-clés principaux	<i>Salmonella</i> , "laying hens", broiler*, poultry, layer*, egg, sampl*, environment*, surface*, swab*, tissue, dust, "boot swab", feces, faeces, dropping*, sensitivity, detect*, prevalence, monitor*, surveillance		
Organismes référents identifiés sur le sujet	LNR « salmonelloses aviaires » Efsa		
Rapports et publications identifiés en amont de la saisine	Bilans des programmes de lutte Rapports de l'Efsa		
Projets de Recherche (PNR EST et CRD Anses, ANR, UE etc.)	Projet ADONIS		
Logiciel bibliographique utilisé (ex : EndNote, Zotero)	Zotero		
Mise en surveillance de sources d'information (veille)	OUI		

▪ Analyse détaillée des besoins grâce à la structure PICO/PECO

Dans le cadre d'une revue systématique de littérature vous utiliserez la structure PICO/PECO proposée par l'EFSA (cf. formulaire), qui peut également être utilisée comme une aide à la formalisation du sujet dans les autres cas.

Thématique	Mots-clés issus de thésaurus ²⁴
Population* (ou sujets étudiés)	"laying hens" OR flocks OR "egg laying" OR poultry OR broiler* OR layer* OR egg
Intervention* ciblée (peut désigner une technologie, un médicament, un mode d'intervention ou un programme) / Exposition	Exposition: Salmonella Intervention: environment* OR sampl* OR surface* OR dust OR feces OR faeces OR swab* OR "boot swab" OR t issue OR dropping* Intervention bis: monitor* OR surveillance OR survey
Comparateur* scénario de référence contre lequel la population exposée est comparée	
Outcome* (résultat d'intérêt événement mesuré, critère de jugement. Ex : mortalité; effets sur la santé, effets psychosociaux, perceptions, résultats économiques)	sensitivity OR prevalence OR detection OR excretion
Temporalité (Périodes de recherche)	Non spécifiée

*renseignements des champs obligatoires

Pour le détail de la méthode : EFSA (2010). Application of systematic review methodology to food and feed safety assessments to support decision making. *Efsa Journal* 8(6):1637
[doi:10.2903/j.efsa.2010.1637](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1637)

²⁴ Vous trouverez plusieurs liens vers des Thésaurii à cette adresse : <https://bit.ly/3nD6L9M>

1.2 STRATÉGIE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

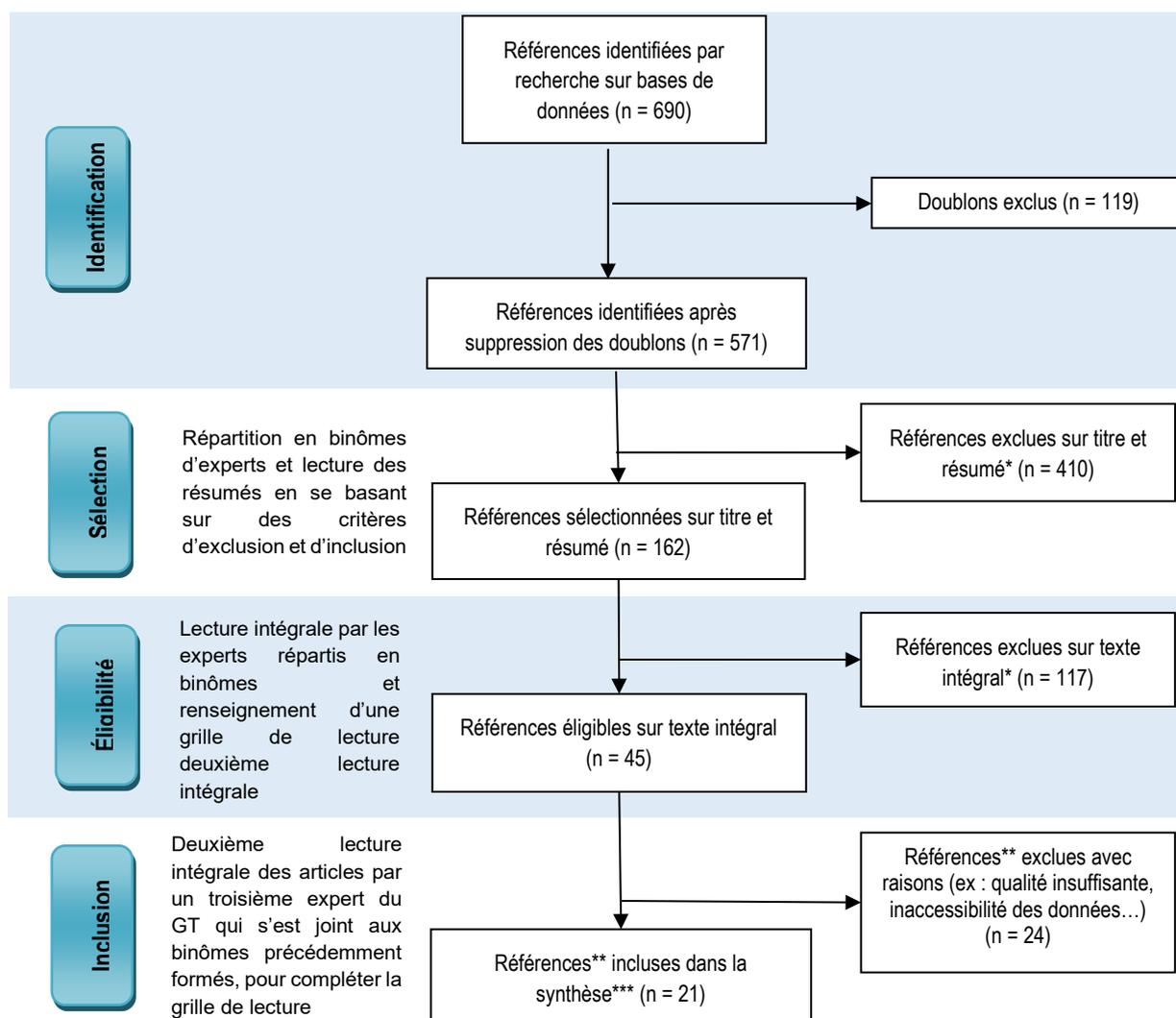
Toutes les requêtes doivent être tracées, justifiant et traçant ainsi les raisons d'ajout ou de suppression de mots clés. Ces informations seront précieuses si l'expertise devait être mise à jour, impliquant ainsi la mise à jour de la bibliographie. L'équation de recherche finale peut être citée dans l'avis ou le rapport.

Base de données	Date	Requête	Nombre de références	Commentaires
Scopus	14/02/2024	TITLE-ABS-KEY (salmonella)) AND (TITLE-ABS-KEY (sensitivity OR prevalence OR detection)) AND (TITLE-ABS-KEY (monitor* OR surveillance)) AND (TITLE-ABS-KEY ("laying hens" OR flocks OR "egg laying" OR poultry OR broiler* OR layer* OR egg)) AND (TITLE-ABS-KEY (environment* OR sampl* OR surface* OR dust OR feces OR faeces OR swab* OR "boot swab" OR tissue OR dropping*))	444	Périmètre géographique : USA, Europe, Canada et Australie Pas de sélection au niveau de type d'études
CAB Abstracts	14/02/2024	TITLE-ABS-KEY (salmonella)) AND (TITLE-ABS-KEY (sensitivity OR prevalence OR detection)) AND (TITLE-ABS-KEY (monitor* OR surveillance)) AND (TITLE-ABS-KEY ("laying hens" OR flocks OR "egg laying" OR poultry OR broiler* OR layer* OR egg)) AND (TITLE-ABS-KEY (environment* OR sampl* OR surface* OR dust OR feces OR faeces OR swab* OR "boot swab" OR tissue OR dropping*))	246	Périmètre géographique : USA, Europe, Canada et Australie Pas de sélection au niveau de type d'études

PARTIE 2 – RECOMMANDATIONS POUR LA RESTITUTION DE LA STRATÉGIE DE RECHERCHE

Les éléments ci-dessous, avec deux options possibles, guident les modalités d'explicitation de la stratégie de recherche au niveau du produit d'expertise ou d'appui scientifique et technique.

2.1 DIAGRAMME PRISMA



* si utile, préciser les raisons d'exclusions ou encore le nombre de références exclues par raison d'exclusion

** si pertinent selon les besoins de la méthode d'expertise, rapporter le nombre d'études à la place du nombre de références

*** expliciter s'il s'agit d'une synthèse qualitative ou quantitative ou éventuellement deux synthèses séparées.

Figure 12: Diagramme de flux PRISMA²⁵

²⁵ D'après Gedda M. (2015). Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie* 15(157):39-44. doi:10.1016/j.kine.2014.11.004

Annexe 4 : Réponses des points focaux

Question 1 : Pourriez-vous nous décrire le plan d'échantillonnage (type et nombre de prélèvements, fréquence d'échantillonnage, etc.) mis en place dans vos élevages de poules pondeuses dans le cadre du dépistage obligatoire des salmonelles en filière avicole ? b) Le champ d'application de votre plan d'échantillonnage est-il conforme à la réglementation européenne ou bien a-t-il subi des modifications ?

État-membre	Champ d'application du plan d'échantillonnage	Fréquence et protocole d'échantillonnage
Chypre	Conforme à l'annexe II, partie B, du règlement (CE) n° 2160/2003 et au règlement (CE) n° 517/2011	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Pendant la période de ponte :</u> prélèvements réalisés toutes les 15 semaines.</p> <p><u>Élevages en cage :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de tapis de fientes ou de raclours, les prélèvements sont effectués après leur mise en fonctionnement. Pour les installations non équipées de tapis à fientes, les deux échantillons fécaux sont prélevés en collectant les fèces à 60 endroits différents sous les cages dans les fosses de déjection.</p> <p><u>Élevages au sol ou en plein air :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux paires de pédichifionnettes. Toute l'humidité doit pouvoir être absorbée par les pédichifionnettes utilisés. La surface doit être humidifiée à l'aide de diluants appropriés. Il convient de prélever les échantillons en se déplaçant dans le poulailler selon une trajectoire permettant de recueillir des échantillons représentatifs de toutes les parties du poulailler ou du secteur concerné, y compris des zones couvertes de litière et des zones à claire-voie lorsqu'il est possible de marcher sans danger sur les lattes. Tous les parquets de chaque poulailler font l'objet de l'échantillonnage. Une fois l'échantillonnage terminé dans le secteur choisi, les pédichifionnettes sont enlevées avec précaution, de manière que les matières adhérentes ne tombent pas.</p>

<p>Croatie</p>	<p>Tous les cheptels dont les produits sont destinés à la consommation humaine, sont inclus dans le programme de surveillance des salmonelles. Les œufs destinés à la consommation humaine (œufs de catégorie « A ») ne peuvent être mis sur le marché que s'ils proviennent de cheptels indemnes de salmonelles (<i>S. Enteritidis</i> ou <i>S. Typhimurium</i> autres que les souches vaccinales), ou si les détenteurs de cheptels possèdent des certificats sanitaires pour le cheptel, délivrés par un laboratoire officiel. Le certificat est délivré sur la base d'échantillons soumis au laboratoire officiel par un vétérinaire sanitaire. Le programme d'échantillonnage est plus fréquent que ne le prévoit la législation. Les échantillons de routine sont prélevés non pas par les opérateurs (FBO), mais par les organisations vétérinaires agréées (OVA).</p>	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur</u></p> <p><u>Pour les poussins d'un jour</u> : mise en analyse des doubles de fonds de boîtes de livraison (1 fond de boîte / 500 poussins, maximum 10 fonds de boîtes) et de poussins (1 poussin / 500 oiseaux ou maximum 60 poussins) prélevées lors de la livraison des oiseaux.</p> <p><u>Pour les pondeuses âgées de 12 semaines</u> : deux paires de pédichiffonnettes sont prélevées dans des sites du bâtiment dans lequel les volailles sont détenus.</p> <p><u>Deux semaines avant la date d'entrée en ponte</u> : deux paires de pédichiffonnettes ou des échantillons de fèces sont prélevées sur des sites du bâtiment dans lequel les oiseaux sont détenus.</p> <p><u>Pendant la période de ponte</u> : si les volailles ne sont pas vaccinées, des échantillons sont prélevés toutes les quatre semaines dans les troupeaux de 350 oiseaux et plus, et une fois tous les trois mois dans les troupeaux de moins de 350 oiseaux.</p> <p>Le type d'échantillon soumis à l'analyse en laboratoire dépend du mode d'élevage des oiseaux (cage/plein air/sol). Deux paires de pédichiffonnettes ou au moins deux échantillons de fèces regroupés en un seul échantillon composite, sont prélevés par le vétérinaire sanitaire. Les opérateurs ne sont pas autorisés à prélever des échantillons dans le cadre du programme national de surveillance (aux fins de la surveillance active de routine).</p>
<p>Espagne</p>	<p>Conforme au règlement (CE) n° 517/2011</p>	<p>Non concerné (NC)</p>
<p>Grèce</p>	<p>Conforme au règlement (CE) n° 2160/2003 et au point 2 de l'annexe du règlement (CE) n° 517/2011 et à la législation nationale [décision ministérielle n° 1209/30007/13.03.2012 (Journal officiel n° 930 B')]</p>	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur</u> :</p> <p><u>Troupeaux en période d'élevage</u> : prélèvements réalisés sur les poussins d'un jour et deux semaines avant la date d'entrée en ponte ou de transfert</p> <p><u>Pendant la période de ponte</u> : prélèvements réalisés au moins toutes les 15 semaines. Le premier prélèvement est réalisé quand les poules pondeuses ont vingt-quatre semaines d'âge (+/- 2 semaines).</p>

		<p><u>Élevages en cage :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de tapis de fientes ou de raclours, les prélèvements sont effectués après leur mise en fonctionnement. Pour les installations non équipées de tapis à fientes, les deux échantillons fécaux sont prélevés en collectant les fèces à 60 endroits différents sous les cages dans les fosses de déjection.</p> <p><u>Élevages au sol ou en plein-air :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux paires de pédichiffonnettes. Toute l'humidité doit pouvoir être absorbée par les pédichiffonnettes utilisés. La surface doit être humidifiée à l'aide de diluants appropriés. Il convient de prélever les échantillons en se déplaçant dans le poulailler selon une trajectoire permettant de recueillir des échantillons représentatifs de toutes les parties du poulailler ou du secteur concerné, y compris des zones couvertes de litière et des zones à claire-voie lorsqu'il est possible de marcher sans danger sur les lattes. Tous les parquets de chaque poulailler font l'objet de l'échantillonnage. Une fois l'échantillonnage terminé dans le secteur choisi, les pédichiffonnettes sont enlevés avec précaution, de manière que les matières adhérentes n'en tombent pas.</p> <p>Les prélèvements obligatoires sont réalisés soit par l'éleveur lui-même, soit par un vétérinaire privé de l'exploitation.</p> <p><u>Dépistage officiel par l'autorité compétente :</u></p> <p>Conformément à la législation nationale, l'autorité vétérinaire compétente peut décider :</p> <p>a) d'autoriser le remplacement d'un échantillon de matières fécales ou d'une paire de pédichiffonnette par un échantillon de 100 g de poussière prélevée en plusieurs endroits du poulailler sur des surfaces visiblement poussiéreuses. À défaut, une ou plusieurs chiffonnettes humides d'une surface totale d'au moins 900 cm² peuvent être utilisés pour recueillir de la poussière en plusieurs endroits du poulailler, chaque chiffonnette devant être bien recouverte de poussière sur toute sa surface</p> <p>b) d'augmenter le nombre minimal d'échantillons pour s'assurer de la représentativité de l'échantillonnage, sur la base d'une évaluation au cas par cas des paramètres épidémiologiques, à savoir les conditions de biosécurité, la répartition ou la taille du cheptel ou toutes autres conditions</p>
--	--	--

		pertinentes. Dans ce cas, l'élevage doit en être informé par écrit. Toutefois, aucun échantillonnage supplémentaire dépassant les exigences minimales de l'UE n'est effectué.
Hongrie	Conforme à la réglementation européenne. La participation au programme de surveillance est obligatoire pour les troupeaux d'au moins 50 volailles.	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Poussins d'un jour :</u> les prélèvements sont constitués pour chaque troupeau de cinq garnitures de fonds de boîtes différentes prélevées lors de la livraison des oiseaux, avant leur entrée dans le lieu d'élevage (10 x 15 cm) par unité (25 g, 5 boîtes par chargement), poussins morts (min. 10, max. 60, ou si moins de 10, à compléter par 10 poussins vivants)</p> <p><u>Deux semaines avant la date d'entrée en ponte ou de transfert :</u> conformément au point 2.2.1 de l'Annexe du règlement (UE) n° 517/2011</p> <p><u>Pendant la période de ponte :</u> prélèvements réalisés toutes les 15 semaines. Le premier prélèvement est réalisé quand les poules pondeuses ont vingt-quatre semaines d'âge (+/- 2 semaines), conformément au point 2.2.1 de l'Annexe du règlement (UE) n° 517/2011 de la Commission.</p>
Irlande	En préambule, l'incidence de <i>S. Typhimurium</i> et <i>S. Enteritidis</i> dans les troupeaux de poules pondeuses en Irlande était de 2 cas de <i>Salmonella</i> en 2023, 1 en 2022 et 1 en 2021. Plan d'échantillonnage conforme au règlement (UE) n° 517/2011	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Pendant la période de ponte :</u> prélèvements réalisés au moins toutes les 15 semaines. Le premier prélèvement est réalisé lorsque les pondeuses ont vingt-quatre semaines d'âge, (+/- 2 semaines). Les prélèvements concernent les élevages en cage aménagée, au sol, en plein air et les élevages biologiques. Pour ces trois derniers modes d'élevage, les deux côtés du bâtiment sont échantillonnés à l'aide de pédichifonnettes. Des échantillons de matières fécales sont prélevés pour les troupeaux élevés en cage aménagée.</p> <p><u>Dépistage officiel par l'autorité compétente :</u></p> <p>a) dans un cheptel par an, par exploitation comptant au moins 1 000 oiseaux ;</p> <p>b) lorsque les animaux ont atteint l'âge de 24 semaines (avec une marge positive ou négative de 2 semaines), dans les cheptels de poules pondeuses gardés dans des installations où le cheptel précédent avait été infecté par les salmonelles visées ;</p> <p>c) lorsqu'une infection par des salmonelles est suspectée lors d'une enquête sur des foyers de toxoinfection alimentaire effectuée en application de l'article 8 de la directive 2003/99/CE ou dans tous les cas où l'autorité compétente l'estime approprié, à l'aide du protocole d'échantillonnage établi à l'annexe II, partie D, point 4 b), du règlement (CE) n°2160/2003 ;</p>

		<p>d) dans tous les autres cheptels de poules pondeuses de l'exploitation si la présence de <i>Salmonella</i> Enteritidis ou de <i>Salmonella</i> Typhimurium est détectée dans un des cheptels de poules pondeuses de l'exploitation ;</p> <p>e) dans tous les cas où l'autorité compétente l'estime approprié</p>
Lituanie	Conforme au règlement (UE) n° 517/2011	NC
Luxembourg	Conforme au règlement (UE) n° 517/2011 et au règlement (CE) n° 2160/2003	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Pendant la période de ponte :</u> prélèvements réalisés toutes les 15 semaines pour les troupeaux hébergeant au moins 350 poules pondeuses. Le premier prélèvement est réalisé lorsque les pondeuses ont atteint vingt-quatre semaines d'âge (+/- 2 semaines).</p> <p><u>Élevages au sol ou en plein-air :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux paires de péchiffonnettes. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de tapis de fientes ou de raclours, les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales accumulées sur les raclours ou les tapis de fientes. Ces prélèvements seront analysés en un échantillon composite au laboratoire</p> <p><u>Dépistage officiel par l'autorité compétente :</u></p> <p>a) dans un cheptel par an, par exploitation comptant au moins 1 000 oiseaux ;</p> <p>b) lorsque les animaux ont atteint l'âge de 24 semaines (avec une marge positive ou négative de 2 semaines), dans les cheptels de poules pondeuses gardés dans des installations où le cheptel précédent avait été infecté par les salmonelles visées ;</p> <p>c) lorsqu'une infection par des salmonelles est suspectée lors d'une enquête sur des foyers de toxoinfection alimentaire effectuée en application de l'article 8 de la directive 2003/99/CE ou dans tous les cas où l'autorité compétente l'estime approprié, à l'aide du protocole d'échantillonnage établi à l'annexe II, partie D, point 4 b), du règlement (CE) n°2160/2003;</p> <p>d) dans tous les autres cheptels de poules pondeuses de l'exploitation si la présence de <i>Salmonella</i> Enteritidis ou de <i>Salmonella</i> Typhimurium est détectée dans un des cheptels de poules pondeuses de l'exploitation ;</p> <p>e) dans tous les cas où l'autorité compétente l'estime approprié</p>

		Les prélèvements sont constitués de deux paires de pédichifionnettes et d'un échantillon de 100 g de poussières.
Pays-Bas	Conforme au règlement (UE) n° 517/2011	NC
Pologne	Conforme au règlement (CE) n° 2160/2003 et règlement (CE) n° 517/2011	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Poussins d'un jour</u> : il est permis d'approvisionner le poulailler à des intervalles de plusieurs jours, à condition que chaque lot de poussins introduit soit testé conformément aux exigences du programme :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mise en analyse des doubles de fonds de 10 boîtes de livraison incluant le méconium (25 g / boîte). Ces prélèvements sont réunis avant l'envoi au laboratoire et sont soumis à l'analyse sous la forme d'un échantillon composite <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> - des chiffonnettes frottées sur 10 fonds de boîtes de livraison (1 chiffonnette/boîte). Ces prélèvements sont réunis avant l'envoi au laboratoire et sont soumis à l'analyse sous la forme d'un échantillon composite <p>Ou</p> <ul style="list-style-type: none"> - mise en analyse de poussins morts (maximum 20 poussins prélevés également durant le transport) sous la forme d'un échantillon composite. <p><u>Deux semaines avant la date d'entrée en ponte ou de transfert</u></p> <p><u>Pendant la période de ponte</u> : prélèvements réalisés au moins toutes les 15 semaines. Le premier prélèvement est réalisé quand les poules pondeuses ont vingt-quatre semaines d'âge (+/- 2 semaines),</p> <p><u>Élevages en cage :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales prélevés au niveau des tapis de fientes, des racloirs ou des fosses de déjection. Lorsque qu'une quantité suffisante de matière fécale ne s'accumule pas sur les racloirs ou les nettoyeurs de tapis à leur extrémité, quatre chiffonnettes sont passées à l'extrémité de tous les tapis accessibles après qu'ils aient fonctionné.</p>

Élevages au sol ou en plein-air :

Les prélèvements sont constitués de deux paires de péchiffonnettes. Pour un troupeau élevé dans des installations dans lesquelles la plus grosse partie des déjections est retirée du poulailler au moyens de tapis à fientes ou de racleurs : une paire de péchiffonnettes passées sur les zones de litière et deux chiffonnettes passées à l'extrémité de tous les tapis accessibles après qu'ils aient fonctionné.

Dépistage officiel par l'autorité compétente :

Le dépistage est réalisé une fois par an dans tous les troupeaux des élevages comptant au moins 1 000 oiseaux.

Élevages en cage :

Les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales prélevés au niveau des tapis de fientes, des racloirs ou des fosses de déjection.

Lorsque qu'une quantité suffisante de matière fécale ne s'accumule pas sur les racloirs ou les nettoyeurs de tapis à leur extrémité, quatre chiffonnettes sont passées à l'extrémité de tous les tapis accessibles après qu'ils aient fonctionné.

Élevages au sol ou en plein-air :

Des échantillons de matières fécales d'au moins 1 g chacun, prélevés en un nombre déterminé d'endroits du poulailler, conformément au tableau suivant :

Nombre d'animaux dans le troupeau	Nombre d'échantillons fécaux à prélever dans le troupeau
250-349	200
350-449	220

		<table border="1" data-bbox="1216 169 1816 363"> <tr> <td>450-799</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>800-999</td> <td>260</td> </tr> <tr> <td>1 000 ou plus</td> <td>300</td> </tr> </table> <p>Ou</p> <p>5 paires de pédichiffonnettes regroupées en deux échantillons composites minimum</p> <p>Ou</p> <p>1 paire de pédichiffonnettes et un échantillon de poussière prélevé à l'aide de minimum une chiffonnette (d'une surface totale d'au minimum 900 centimètres carrés, imbibé de liquide stérile et humide au moment de l'emploi)</p> <p>Ou</p> <p>Lorsque le troupeau est en volière au sol dans des installations en libre parcours dans lesquelles la plus grosse partie des déjections est retirée du poulailler au moyens de tapis à déjection : 1 paire de pédichiffonnettes et deux chiffonnettes passées à l'extrémité de tous les tapis de fientes accessibles après qu'ils aient fonctionné.</p>	450-799	250	800-999	260	1 000 ou plus	300
450-799	250							
800-999	260							
1 000 ou plus	300							
République Tchèque	Conforme à l'Annexe II, partie B, du règlement (CE) n° 2160/2003	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Pendant la période de ponte :</u></p> <p><u>Élevages en cage :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de tapis de fientes ou de racloirs, les prélèvements sont effectués après leur mise en fonctionnement. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de cages ne comportant ni tapis ni racloirs, 2 × 150 g de matières fécales fraîches mélangées sont collectés à 60 emplacements différents en dessous des cages, dans les fosses à déjections.</p> <p><u>Élevages au sol (hangars ou logettes) ou en plein-air :</u></p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux paires de pédichiffonnettes conformément aux instructions du LNR. Les pédichiffonnettes doivent avoir des propriétés absorbantes pour recueillir l'humidité.</p>						

<p>Roumanie</p>	<p>Conforme au règlement (CE) n° 2160/2003 et le règlement (UE) n° 517/2011.</p> <p>Le protocole national n'a pas été modifié par rapport à la réglementation européenne. Toutefois, de légères adaptations peuvent exister pour répondre à des exigences nationales spécifiques ou pour améliorer l'efficacité du programme de surveillance. A titre d'exemple, compte tenu du nombre élevé de troupeaux positifs en 2020 et compte tenu du grand nombre de troupeaux de poules pondeuses en Roumanie, les autorités ont pris la décision de tester une fois par an les troupeaux de poules pondeuses adultes. Cette décision a été prise en tenant compte du fait que ces exploitations peuvent livrer des œufs à des « collectivités » (telles que des restaurants, des cantines, des écoles, des hôpitaux et des entreprises de restauration). Un tel échantillonnage permet de garantir la protection de la santé publique.</p>	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Poussins d'un jour</u> : un prélèvement initial est effectué lorsque les poussins sont placés dans le bâtiment d'élevage.</p> <p><u>Avant la période de ponte</u> : prélèvements réalisés chez les poules pondeuses âgées entre 14 et 16 semaines.</p> <p><u>Pendant la période de ponte</u> : les prélèvements sont réalisés toutes les 15 semaines. Les prélèvements sont principalement constitués de deux paires de pédichiffonnettes par troupeau.</p> <p><u>Dépistage officiel par l'autorité compétente :</u></p> <p>En plus des pédichiffonnettes, des échantillons de poussière sont prélevés à différents endroits du bâtiment, uniquement dans le cadre d'un contrôle officiel.</p>
<p>République slovaque</p>	<p>Conforme à la réglementation européenne et n'a pas été modifié</p>	<p>Le nombre d'échantillons est de 3 par troupeau testé. Il n'y a pas de regroupement des échantillons au moment de l'analyse (3 échantillons = 3 analyses différentes).</p>
<p>Suède</p>	<p>Conforme à la réglementation européenne</p> <p>La seule modification porte sur la période d'échantillonnage avant l'abattage. Le protocole suédois actuel stipule que les troupeaux doivent être dépistés dans les deux semaines précédant l'abattage. Toutefois, il est en train d'être modifié pour</p>	<p><u>Dépistage réalisé par l'opérateur :</u></p> <p><u>Pendant la période de ponte</u> : dépistage réalisé toutes les 15 semaines. Le premier prélèvement est réalisé quand les poules pondeuses ont entre 22 et 26 semaines d'âge.</p> <p><u>Élevages en cage</u> :</p> <p>Les prélèvements sont constitués de deux pots de 150 g chacun de matières fécales. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de tapis de fientes ou de racloirs, les prélèvements sont effectués</p>

	<p>passer à un dépistage dans les trois semaines avant l'abattage.</p>	<p>après leur mise en fonctionnement. Lorsque qu'une quantité suffisante de matière fécale ne s'accumule pas sur les racloirs ou les nettoyeurs de tapis à leur extrémité, quatre chiffonnettes passées à l'extrémité de tous les tapis accessibles après qu'ils ont fonctionné peuvent remplacer les deux échantillons de matières fécales. Lorsque le lieu d'hébergement est équipé de cages ne comportant ni tapis ni racloirs, 2 × 150 g de matières fécales fraîches mélangées sont collectés à 60 emplacements différents en dessous des cages, dans les fosses à déjections.</p> <p><u>Élevages en plein-air :</u></p> <p>Pour les élevages en plein air équipés d'installations où la plus grosse partie des déjections est retirée au moyen de tapis à fientes, les prélèvements sont constitués d'une paire de pédichiffonnettes et de deux chiffonnettes passées sur les tapis à fientes et les racleurs. Pour les installations où la plus grosse partie des déjections se dépose sur les litières, les prélèvements sont constitués de deux paires de pédichiffonnettes.</p>
--	--	---

Question 2 : Dans le cas où des prélèvements environnementaux sont réalisés, quelles sont les surfaces et les types de bâtiment d'élevage qui sont échantillonnés ?

Chypre	NC
Croatie	NC
Espagne	NC
Grèce	Conformément à la législation nationale, l'autorité compétente peut décider d'autoriser le remplacement d'un échantillon de matières fécales ou d'une paire de pédichiffonnettes par un échantillon de 100 g de poussière prélevée en plusieurs endroits du poulailler sur des surfaces visiblement poussiéreuses. Ce plan d'échantillonnage n'est pas appliqué systématiquement par les opérateurs.
Hongrie	NC
Irlande	NC
Lituanie	Les prélèvements environnementaux ne sont pas effectués dans le cadre du contrôle de routine
Luxembourg	Des échantillons de poussière de 100 grammes sont prélevés au niveau de plusieurs endroits à l'intérieur du bâtiment, sur des surfaces visiblement poussiéreuses Ces prélèvements sont réalisés dans des élevages au sol et en plein air. Les élevages en cage sont interdits au Luxembourg.
Pays-Bas	Le plan d'échantillonnage est conforme au règlement (CE) n° 517/2011
Pologne	<p>Les prélèvements environnementaux ne sont réalisés qu'après détection d'un troupeau positif.</p> <p>Avant la réintroduction des poules dans le bâtiment, le vétérinaire réalise des prélèvements pour vérifier l'efficacité des opérations de nettoyage – désinfection (ND). Les prélèvements environnementaux doivent être réalisés au plus tôt trois jours après la fin du ND, et les surfaces sur lesquelles les échantillons sont prélevés doivent être sèches. Les prélèvements environnementaux sont constitués de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 chiffonnettes frottées sur le sol, en particulier au niveau des fissures, des cavités ou des joints. Ces chiffonnettes sont regroupées en un seul échantillon composite analysé au laboratoire et, - 4 chiffonnettes frottées dans les coins de la salle d'essai et regroupées en un seul échantillon composite analysé au laboratoire et, - 4 chiffonnettes frottées sur un distributeur d'aliments (mangeoire), chaque chiffonnettes étant passées sur 5 mètres d'une auge ou sur 6 mangeoires sélectionnées au hasard. Ces chiffonnettes sont regroupées en un seul échantillon composite analysé au laboratoire et, - 4 chiffonnettes passées sur un système de ventilation (2 chiffonnettes provenant des entrées et 2 chiffonnettes provenant des sorties de ce système). Ces 4 chiffonnettes sont regroupées en un seul échantillon composite analysé au laboratoire et, - 4 chiffonnettes frottées sur les surfaces la salle de la salle de stockage des œufs (machines de tri, tables) ou sur les 5 derniers mètres du tapis à œufs. Ces 4 chiffonnettes sont regroupées en un seul échantillon composite analysé au laboratoire. <p>Le relogement des volailles ne peut avoir lieu qu'après l'obtention de résultats négatifs.</p>
République Tchèque	NC

Roumanie	<p>Dans le cadre du dépistage obligatoire, des échantillons environnementaux sont réalisés dans différentes zones et différents modes d'élevage.</p> <p><u>Surface échantillonnées :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - lames de ventilation : Les prélèvements sont effectués au niveau des systèmes de ventilation pour détecter la présence de <i>Salmonella</i> dans l'air et sur les surfaces où s'accumulent la poussière et les débris. - poutres : les poutres structurales, tant horizontales que verticales, sont échantillonnées afin de prélever de la poussière et des matières fécales - murs : les murs, en particulier dans les zones où les oiseaux sont fréquemment en contact, sont échantillonnés afin de détecter toute contamination potentielle. <p><u>Types de bâtiment d'élevage :</u></p> <p><u>Élevages en plein-air :</u> Ces exploitations, où les poules pondeuses ont accès à des espaces extérieurs, font l'objet d'un échantillonnage approfondi à l'intérieur et à l'extérieur, en se concentrant sur les zones où les poules se rassemblent, se nourrissent et se reposent :</p> <ul style="list-style-type: none"> - systèmes d'alimentation et d'abreuvement : la poussière est collectée autour des mangeoires et abreuvoirs, où l'activité des poules pondeuses est importante ; - zones intérieures : l'échantillonnage est effectué dans les zones d'habitation intérieures où les oiseaux se perchent et pondent. - nids : des échantillons sont prélevés dans les nids où les œufs sont pondus. - perchoirs : des échantillons sont prélevés autour des perchoirs où les oiseaux se reposent. - zones d'accès à l'extérieur : Les zones où les oiseaux ont accès à l'extérieur sont également échantillonnées, en particulier autour des points d'entrée/sortie et des zones d'alimentation. - points d'accès : les zones où les poules pondeuses entrent et sortent font l'objet d'un échantillonnage afin de surveiller la contamination potentielle provenant de l'extérieur. <p><u>Élevages en cage :</u></p> <p>Pour les troupeaux élevés en cage, les prélèvements se concentrent sur les cages ainsi que sur les zones environnantes telles que les allées, les systèmes d'alimentation et les tapis de fientes. En ciblant ces zones spécifiques, notre plan d'échantillonnage permet une identification des sources potentielles de contamination par les salmonelles, afin de mettre en place des mesures d'intervention efficaces.</p>
République slovaque	Le plan d'échantillonnage est entièrement conforme à la réglementation européenne. Dans le cas des troupeaux élevés en plein air, les prélèvements sont effectués uniquement dans les bâtiments.
Suède	Les prélèvements environnementaux ne sont pas réalisés systématiquement

Question 3 : Procédez-vous à des prélèvements de confirmation suite à un premier résultat positif en salmonelles ? Disposez-vous de ces résultats ? Le cas échéant, serait-il possible de les communiquer à l'Anses ?

Chypre	<p>Non, sauf s'il existe des doutes sur les procédures d'échantillonnage, qu'il s'agisse de prélèvements réalisés dans le cadre de contrôles officiels ou de routine. Des prélèvements de confirmation peuvent à ce moment, être effectués par les autorités compétentes. Un comité évaluera les critères suivants pour décider si un test de confirmation est justifié :</p> <ul style="list-style-type: none"> - preuve indiscutable du non-respect du plan d'échantillonnage, des conditions de transport ou d'une non-conformité dans l'analyse de l'échantillon au laboratoire. Les critères suivants sont vérifiés, conformément aux exigences de la législation : matériel de prélèvement et méthodes d'échantillonnage, formation des préleveurs, nombre et type d'échantillons, utilisation d'antibiotiques et de désinfectants, respect des conditions de transport des échantillons, préparation des échantillons et méthodes d'analyse au laboratoire. - des preuves suggérant fortement une contamination de l'échantillon par des salmonelles (par exemple, le préleveur a visité un élevage positif en salmonelles juste avant d'intervenir dans ladite exploitation ou bien une contamination croisée de l'échantillon au niveau du laboratoire). Les bonnes pratiques d'hygiène pour effectuer les prélèvements doivent être respectées. Tous les laboratoires participant au programme national de contrôle sont accrédités.
Croatie	<p>Dans certains cas, en fonction des résultats de l'enquête épidémiologique, la Croatie effectue des prélèvements supplémentaires pour confirmer un résultat initial positif. Dans ce cas, la Croatie ne communique pas ces données à l'Anses.</p>
Espagne	<p>Les prélèvements de confirmation ne sont effectués que dans des cas exceptionnels et les résultats sont envoyés à la Commission européenne.</p>
Grèce	<p>Des prélèvements de confirmation sont réalisés par les autorités compétentes, en cas de suspicion d'un résultat faux-positif issu d'un prélèvement effectué par l'opérateur (non-respect de la procédure d'échantillonnage ou suspicion d'une contamination croisée des échantillons). Les données épidémiologiques retraçant l'historique de l'exploitation sont également prises en compte.</p> <p>Les œufs issus du cheptel suspecté sont écartés temporairement jusqu'à l'obtention des résultats des prélèvements de confirmation. Ces derniers sont réalisés sous la responsabilité de l'opérateur et sous la supervision du vétérinaire officiel (désigné par les autorités compétentes).</p> <p>La confirmation d'un résultat positif par des prélèvements officiels est une condition préalable à l'obtention d'une compensation/indemnisation financière de l'état.</p>
Hongrie	<p>Les autorités peuvent décider d'effectuer un prélèvement de confirmation si les résultats obtenus lors du premier échantillonnage laissent suspecter que les exigences en matière d'échantillonnage ou d'analyse au laboratoire ont pu influencer sur les résultats d'analyse des échantillons.</p>

	Le protocole des prélèvements de confirmation est fixé par le laboratoire national de référence qui réalise les prélèvements. Il est possible de communiquer ces données à l'Anses.
Irlande	Aucun prélèvement supplémentaire n'est effectué, un troupeau étant considéré comme infecté dès le premier résultat positif.
Lituanie	Non, uniquement dans le cas de résultats faux positifs, tel que décrit dans le règlement (CE) n° 2160/2003
Luxembourg	Afin d'exclure des résultats faux-positifs, les prélèvements de confirmation ne sont réalisés que si : -aucun objectif de réduction n'a été fixé pour le sérotype identifié, conformément au règlement (CE) n° 2160/2003 ; -le résultat positif est pris en compte dans l'estimation de la prévalence dans les cheptels. Le prélèvement de confirmation est constitué de cinq échantillons de matières fécales et deux échantillons de poussière, qui seront analysés individuellement. Cet échantillonnage sera répété 14 jours après. Aucun produit susceptible d'interférer dans le dépistage des salmonelles ne doit être utilisé au moment des prélèvements de confirmation. L'autorité compétente vérifie qu'il n'a pas été fait usage d'antimicrobiens susceptibles d'influer sur le résultat des analyses des échantillons, conformément à la méthode décrite au point 2.2.2.2 b de l'Annexe du règlement (CE) n° 1003/2005. Suite à un premier résultat positif, des restrictions commerciales sont appliquées sur les animaux et les produits qui en sont issus. La levée de ces restrictions est conditionnée suite à l'obtention de deux résultats de laboratoire négatifs consécutifs, à deux semaines d'intervalles au minimum, dans le cadre d'un prélèvement officiel.
Pays-Bas	Les prélèvements de confirmation ne sont réalisés qu'en cas de sérieux doute et dans des circonstances exceptionnelles, lorsqu'il y a des raisons de suspecter un résultat faux positif. Les circonstances spécifiques et l'argumentaire en faveur de la réalisation d'un prélèvement de confirmation seront documentés. Afin de protéger la santé publique tout en limitant les conséquences des résultats faussement positifs (y compris l'abattage inutile d'animaux), les Pays-Bas ont proposé de réaliser une étude sur le terrain pour valider les résultats positifs des prélèvements effectués par les opérateurs, afin de déterminer le statut réel des troupeaux déclarés positifs. Cette proposition a été acceptée par la Commission européenne (CE) et l'essai terrain a démarré en juillet 2023. Actuellement, le nombre d'élevages ayant participé à l'étude n'est pas suffisant pour permettre d'en tirer une conclusion fiable. Le partage des données est confidentiel à ce stade et nécessite une coordination plus poussée entre les deux pays.
Pologne	Les prélèvements de confirmation ne sont réalisés que si le vétérinaire sanitaire a des raisons de remettre en doute les résultats des prélèvements faits par l'opérateur (faux positifs ou faux négatifs), après avoir effectué une analyse des risques, comprenant au moins les éléments suivants : a) l'évaluation de la possibilité d'une contamination croisée lors du prélèvement réalisé par l'opérateur b) l'évaluation de la possibilité d'une contamination croisée de l'échantillon pendant l'analyse au laboratoire, c) le niveau de biosécurité dans l'exploitation,

- d) l'évaluation de la situation épidémiologique dans l'exploitation,
- e) l'évaluation du traitement et de la prophylaxie du cheptel concerné.

Les prélèvements officiels de confirmation portent également sur les poussins d'un jour, dans le cas de la détection d'un sérotype réglementé. Des prélèvements officiels sont également réalisés au cours des enquêtes épidémiologiques dans les autres troupeaux de l'exploitation testés négatif, quel que soit l'âge des oiseaux. Les prélèvements officiels sont effectués comme suit :

a) dans le cas d'un troupeau testé positif par dépistage obligatoire ou dans le cas de la détection d'une inhibition de la croissance bactérienne lors de l'analyse de l'échantillon au laboratoire, le vétérinaire procède à des prélèvements tel qu'indiqué dans le paragraphe 2 du chapitre D de l'Annexe II du règlement (CE) n° 2160/2003. Ces prélèvements comprennent :

- 5 x 200-300 g de matières fécales ainsi que deux échantillons de poussière de 250 mL chacun. Tous les échantillons doivent être analysés séparément, ou
- l'examen bactériologique des cæcums et des oviductes de 300 oiseaux, ou
- l'examen bactériologique de la coquille et du contenu de 4000 œufs de chaque cheptel en lots de 40 œufs au maximum.

b) dans le cas d'un troupeau testé positif par dépistage obligatoire ou dans le cas de la détection d'une inhibition de la croissance bactérienne lors de l'analyse de l'échantillon au laboratoire (à l'exception des troupeaux de poussins d'un jour) le vétérinaire procède à des prélèvements supplémentaires afin d'exclure l'utilisation d'antimicrobiens ou d'inhibiteurs de la croissance bactérienne. Ces prélèvements sont effectués dans chaque bâtiment de l'exploitation comme suit :

- un échantillonnage aléatoire est réalisé sur cinq volailles par bâtiment, à moins que le vétérinaire ne juge nécessaire d'augmenter la taille de l'échantillon,
- l'analyse va porter sur un échantillon composite de 300 g de muscles prélevé sur ces volailles,
- les analyses au laboratoire sont effectuées selon la méthode des 5 plaques dans les laboratoires désignés pour les tests du groupe B1, dont la liste figure dans l'instruction du chef des services vétérinaires en lien avec les modalités de mise en œuvre du programme national de contrôle des substances non autorisées, des résidus chimiques, des résidus biologiques et des médicaments chez les animaux, dans les produits d'origine animale et dans l'eau destinée à l'abreuvement et à l'alimentation des animaux. Les exigences supplémentaires en matière d'emballage et de transport des échantillons sont précisées dans l'instruction du chef des services vétérinaires ;

c) dans tous les autres troupeaux de l'exploitation, le vétérinaire prélève des échantillons officiels dans les troupeaux suspects selon les modalités précisées dans l'Annexe du règlement (UE) n° 517/2011.

De plus, au cours des investigations épidémiologiques, le vétérinaire prélève des échantillons d'aliments et d'eau dans les installations de l'exploitation et procède à une inspection de la mise en œuvre du programme national de contrôle de certains sérotypes de salmonelles dans les troupeaux de poules pondeuses.

République Tchèque	En cas de résultat positif en <i>S. Enteritidis</i> et/ou <i>S. Typhimurium</i> d'un dépistage obligatoire, l'administration vétérinaire nationale procède à des prélèvements de confirmation dans les troupeaux positifs afin d'exclure les résultats faux-positifs. La méthode de confirmation mise en œuvre par Le LNR repose sur l'analyse bactériologique des fèces et de la poussière, conformément à l'Annexe II, partie D, point 4 b) i) du Règlement (CE) n° 2160/2003. Les autres méthodes de confirmation listées dans l'Annexe II du règlement (CE) n° 2160/2003 ne sont pas applicables pour des raisons de faisabilité technique
Roumanie	Les prélèvements de confirmation ne sont réalisés que dans des cas exceptionnels à savoir : - l'enquête épidémiologique menée par le vétérinaire sanitaire a révélé des non conformités au niveau des prélèvements effectués par l'opérateur (par exemple : contamination croisée entre plusieurs échantillons issues d'élevages différents et prélevés par le même opérateur, non-respect des bonnes pratiques d'échantillonnage absence de désinfection du matériel, prélèvements réalisés par des personnes malades, support de prélèvement non conforme, etc.); - le non-respect des procédures d'échantillonnage et de transport des échantillons vers le laboratoire d'analyse ; - le non-respect de la législation en vigueur concernant le nombre et le type d'échantillons, selon le mode d'élevage ; Ces cas exceptionnels sont répertoriés dans des lignes directrices nationales.
République slovaque	Les prélèvements de confirmation ne sont pas systématiques et ne sont autorisés que dans des cas particuliers, lorsque l'inspecteur vétérinaire de l'autorité compétente soupçonne des résultats faussement négatifs ou faussement positifs dans le cadre d'un prélèvement réalisé par l'opérateur. Le prélèvement de confirmation n'est pas autorisé suite à des résultats positifs obtenus dans le cadre d'un dépistage officiel.
Suède	Les prélèvements de confirmation ne sont pas systématiquement réalisés pour confirmer un résultat positif en salmonelles, sauf dans des cas exceptionnels (par exemple en cas de suspicion d'une contamination par le laboratoire).

Question 4 : Dans le cas d'un résultat positif en salmonelles en élevage, procédez-vous à un séquençage moléculaire de la souche identifiée ?

Chypre	Non
Croatie	Oui
Espagne	Pas systématiquement
Grèce	Le LNR effectue un sérotypage de toutes les souches. Toutefois, aucun séquençage moléculaire n'est effectué. Le LNR effectuera également le typage moléculaire des variants monophasiques de <i>Salmonella</i> Typhimurium, une fois que la nouvelle norme ISO 6579-4 sera officiellement publiée (vote final en cours)
Hongrie	En cas de résultat positif, la souche doit être envoyée au laboratoire national de référence à des fins de sérotypage avec le document original accompagnant l'échantillon. Le laboratoire national de référence hongrois pour les salmonelles est l'Office national de sécurité de la chaîne alimentaire, Direction du laboratoire de sécurité de la chaîne alimentaire pour le sérotypage. Si le troupeau a été vacciné avec un vaccin vivant contenant une souche salmonelle appartenant au sérotype isolé, le laboratoire national de référence effectuera également un test pour isoler la souche vaccinale à la demande de l'opérateur
Irlande	Oui, dans la majorité des cas
Lituanie	Non
Luxembourg	Oui
Pays-Bas	Oui
Pologne	Les analyses bactériologiques effectuées par les laboratoires agréés, évaluent l'effet d'agents inhibiteurs sur la croissance bactérienne. Si un sérotype de <i>Salmonella</i> autre que celui couvert par le programme est détecté, ce sérotype est identifié. À la demande des autorités d'inspection vétérinaire, le laboratoire de référence procède au séquençage du génome des isolats de souches de <i>Salmonella</i> et effectue une analyse phylogénétique dans la mesure indiquée par l'autorité d'inspection vétérinaire. Toutefois, ces analyses ne sont pas effectuées de manière systématique.
République Tchèque	Non. Seul un sérotypage est effectué sur au moins un isolat de chaque échantillon positif selon le schéma Kauffmann-White-Le Minor. Pour un typage plus poussé des sérotypes <i>Salmonella</i> Enteritidis et <i>Salmonella</i> Typhimurium, y compris son variant

	monophasique, il convient d'utiliser la méthode MLVA (Multiple Locus Variable-number Tandem Repeat Analysis). Ce typage est effectué conformément à la procédure standard de l'ECDC.
Roumanie	Non
République slovaque	Le séquençage moléculaire n'est pas effectué sur les échantillons positifs en salmonelles. Plusieurs méthodes moléculaires permettant une identification plus précise des souches de salmonelles (ex WGS) ont été mises en place en Slovaquie, mais ces méthodes ne sont pas appliquées dans le cadre d'un dépistage de routine.
Suède	Tous les isolats "index" sont séquencés par WGS afin de pouvoir identifier des clusters et permettre une comparaison génétique entre les souches issues de cas confirmées et celles issues de suspicions.

Annexe 5 : Données de recontrôles transmises par le CNPO dans le cas de mise sous APDI d'un troupeau

POULETTES + PONDEUSES = 67 APDI direct avec recontrôles volontaires															
Type prélèvement positif APDI	SE			ST			STV (variants ST seuls)			ST+STv			SE+ST+STv (ensemble)		
	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS
Environnement seul	12	2	16,7	10	4	40,0	8	2	25,0	18	6	33,3	30	8	26,7
Fientes seules	11	2	18,2	6	3	50,0	10	5	50,0	16	8	50,0	27	10	37,0
Fientes + environnement	7	7	100,0	3	2	66,7	0	0		3	2	66,7	10	9	90,0
Total	30	11	36,7	19	9	47,4	18	7	38,9	37	16	43,2	67	27	40,3
POULETTES seules = 18 APDI direct avec recontrôles volontaires															
Type prélèvement positif APDI	SE			ST			STV (variants ST seuls)			ST+STv			SE+ST+STv (ensemble)		
	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS
Environnement seul	2	0	0,0	5	3	60,0	1	1	100,0	6	4	66,7	8	4	50,0
Fientes seules	2	0	0,0	2	1	50,0	5	4	80,0	7	5	71,4	9	5	55,6
Fientes + environnement	1	1	100,0	0	0		0	0		0	0		1	1	100,0
Total	5	1	20,0	7	4	57,1	6	5	83,3	13	9	69,2	18	10	55,6
PONDEUSES seules = 49 APDI direct avec recontrôles volontaires															
Type prélèvement positif APDI	SE			ST			STV (variants ST seuls)			ST+STv			SE+ST+STv (ensemble)		
	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS	Nbre APDI	Nbre recontrôles volontaires POSITIFS	% recontrôles volontaires POSITIFS
Environnement seul	10	2	20,0	5	1	20,0	7	1	14,3	12	2	16,7	22	4	18,2
Fientes seules	9	2	22,2	4	2	50,0	5	1	20,0	9	3	33,3	18	5	27,8
Fientes + environnement	6	6	100,0	3	2	66,7	0	0		3	2	66,7	9	8	88,9
Total	25	10	40,0	12	5	41,7	12	2	16,7	24	7	29,2	49	17	34,7

Annexe 6 : Vaccins aviaires disponibles en France contre *Salmonella* (Source : www.ircp.anmv.anses.fr)

Vaccin	Laboratoire	Constitution	Tué / vivant	Espèces cibles	Procédure	Administration	Commentaires	N°AMM
AVIPRO SALMONELLA DUO	ELANCO	<i>Salmonella</i> Enteritidis souche Sm24/Rif12/Ssq, + <i>Salmonella</i> Typhimurium souche Nal2/Rif9/Rtt	Vivant atténué	Canard, Dinde, Poule pondeuse, Poule reproductrice	DCP, FR=EMC	Eau de boisson	Les poules vaccinées peuvent excréter la souche vaccinale de <i>Salmonella</i> Enteritidis jusqu'à 21 jours et la souche vaccinale de <i>Salmonella</i> Typhimurium jusqu'à 35 jours suivant la date de vaccination. Ne pas utiliser chez les poules en période de ponte et au cours des 3 semaines précédant le début de la ponte. Souches différenciables sur la base de l'antibiogramme. Immunisation active des poules saines et sensibles afin de réduire les excréments fécaux et la colonisation des organes internes par des souches de terrain de <i>Salmonella</i> Enteritidis et de <i>Salmonella</i> Typhimurium et de réduire la colonisation des oeufs par des souches de terrain de <i>Salmonella</i> Enteritidis.	FR/V/1117434 7/2011
AVIPRO SALMONELLA VAC E	ELANCO	<i>Salmonella</i> Enteritidis souche Sm24/Rif12/Ssq	Vivant atténué	Poule pondeuse, Poule reproductrice	RM, FR=EMC	Eau de boisson	Cf ci-dessus	FR/V/8083355 2/2009
AVIPRO SALMONELLA VAC T	ELANCO	<i>Souche</i> <i>Typhimurium</i>	Vivant atténué	Poulet (futurs reproducteurs et		Eau de boisson		FR/V/1826905 1/2024

				poule pondeuse, poulet de chair).				
CEVAC SALMOVAC LYOPHILISAT POUR ADMINISTRATION DANS L'EAU DE BOISSON POUR POULETS	CEVA SANTE ANIMALE	<i>Salmonella</i> Enteritidis souche 441/014 doublement atténué (auxotrophe adénine-histidine)	Vivant atténué	Poule pondeuse, Poule reproductrice	RM, FR=EMC	Eau de boisson	<p>Les poulets vaccinés peuvent excréter la souche vaccinale jusqu'à six semaines suivant la date de vaccination.</p> <p>En raison de l'auxotrophie de la souche vaccinale à l'adénine-histidine, une différenciation entre les souches vaccinales et les souches de terrain est possible au moyen d'un test de croissance approprié, tel que le kit S-check.</p> <p>Une nette différence entre la souche vaccinale et la souche type sauvage est également possible sur des milieux sélectifs chromogéniques spéciaux (par exemple, milieu ASAPTM, Biomérieux), en raison d'une couleur différente des colonies vaccinales par rapport aux souches <i>Salmonella</i> Enteritidis sauvages.</p>	FR/V/7953262 0/2021
GALLIMUNE SE + ST	BOEHRINGER INGELHEIM ANIMAL HEALTH FRANCE	<i>Salmonella</i> Enteritidis PT4, + <i>Salmonella</i> Typhimurium DT104	Inactivé (injectable)	Poule pondeuse	DCP, FR=EMC	Voie IM, 2 injections	<p>-Immunisation active pour réduire la dissémination de <i>Salmonella</i> Enteritidis dans les ovaires</p> <p>- Immunisation active pour réduire la dissémination de <i>Salmonella</i> Typhimurium et de <i>Salmonella</i> Enteritidis dans le tractus intestinal.</p>	FR/V/8252314 5/2007
NOBILIS SALENVAC ETC SUSPENSION INJECTABLE POUR POULES	INTERVET INTERNATIONAL	<i>Salmonella</i> Enteritidis PT4, + <i>Salmonella</i> Typhimurium DT104 + S Infantis souche A S03499-06	Inactivé (injectable)	Poule pondeuse, Poule reproductrice	DCP, FR=EMC	Voie IM, 2 injections	<p>Pour l'immunisation active des poules à partir de l'âge de 6 semaines afin de réduire la colonisation et l'excrétion fécale de <i>S. Enteritidis</i> (séro groupe D), <i>S. Typhimurium</i> et <i>S. Heidelberg</i> (séro groupe B), <i>S. Infantis</i>, <i>S. Hadar</i> et <i>S. Virchow</i> (séro groupe C).</p>	FR/V/4140114 1/2020

NOBILIS SALENVAC T	INTERVET INTERNATIONAL	<i>Salmonella</i> Enteritidis PT4, + <i>Salmonella</i> Typhimurium DT104	Inactivé (injectable)	Poule reproductrice et pondeuse.	RM, FR=EMC	Voie IM, 2 injections	Immunisation active des poules et immunisation passive de la descendance afin de réduire la colonisation du caecum et l'excrétion fécale de <i>S. Enteritidis</i> et <i>S. Typhimurium</i> .	FR/V/8276024 1/2004
PRIMUM SALMONELLA T LYOPHILISAT POUR ADMINISTRATION DANS L'EAU DE BOISSON POUR POULETS	LABORATORIOS CALIER S.A.	<i>Salmonella</i> Typhimurium souche ST CAL 16 Str ⁺ /Rif ⁺ /Enr	Vivant atténué	Poule pondeuse Poule reproductrice Poulet de chair	RM, FR=EMC	Eau de boisson	Immunisation active des poulets (poulet de chair et futures pondeuses et reproductrices) afin de réduire l'excrétion fécale et la colonisation des organes internes par les souches sauvages de <i>Salmonella</i> Typhimurium. Souches différenciables sur la base de l'antibiogramme. Les poulets vaccinés peuvent excréter la souche vaccinale jusqu'à 28 jours suivant la date de vaccination.	FR/V/9304878 3/2022
Cevac [®] Salmune ETI K (Ceva-Phylaxie).	Ceva Santé Animale	Enteritidis + Typhimurium + Infantis	Inactivé	Poule pondeuse Poule reproductrice	Centralisé	Voie IM, 2 injections	2 ^{ème} vaccin inactivé <i>Salmonella</i> trivalent (Enteritidis, Typhimurium et Infantis) pour les poules pondeuses et reproductrices à partir de 10 semaines d'âge avec, probablement, une (primo)vaccination en deux injections	

Annexe 7 : Détails méthodologiques du modèle bayésien et des résultats complémentaires concernant l'estimation a posteriori de la prévalence apparente

Le principe de l'étude et les principaux résultats sont présentés dans la partie 5.2 du rapport. Cette annexe présente le matériel et méthodes de l'étude et des résultats complémentaires concernant l'estimation a posteriori de la prévalence apparente de dépistages positifs.

Le processus complet d'estimation est présenté dans la Figure 13 ci-dessous :

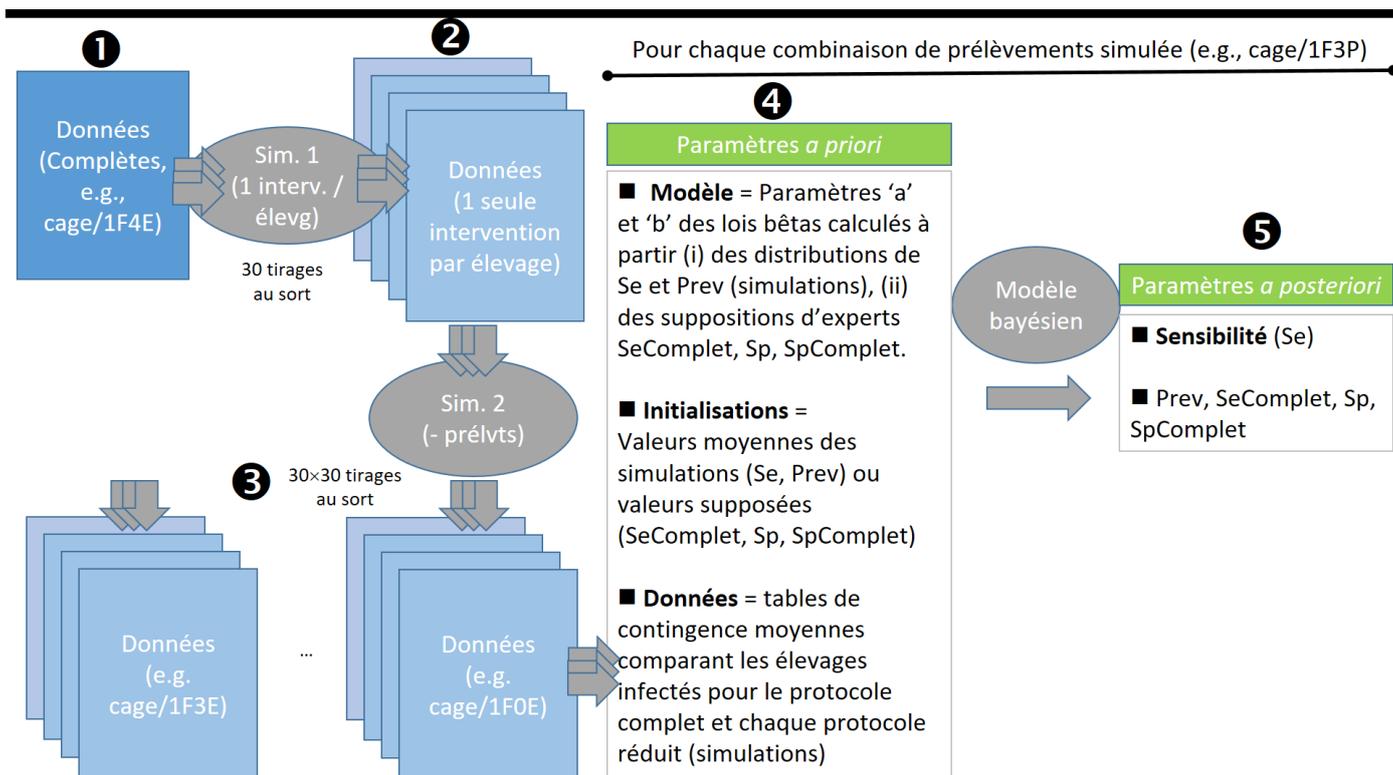


Figure 13 : Processus d'estimation de la sensibilité de protocoles réduits de dépistage

1- Prise en compte de la non-indépendance des dépistages par ré-échantillonnage

Les trois stratégies de modélisation testées sont illustrées à l'étape « Sim 1 » du processus :

- conserver un dépistage par poulailler sur la période d'étude : tirage au sort ($n=30$) d'un acte de dépistage par poulailler sur la période d'étude,
- conserver un dépistage par poulailler et par an : tirage au sort ($n=30$) d'un acte de dépistage par poulailler et par an sur la période d'étude,
- conserver la totalité des actes de dépistage réalisés par poulailler sur la période d'étude : suppression de l'étape 2 du processus.

2- Modèle bayésien

Pour chaque strate type d'élevage / taille de troupeau, le protocole complet avec prélèvements d'environnement est considéré comme un test (T_c) et le protocole réduit comme un autre test (T_r), conditionnellement dépendant du premier car reposant sur la même méthode de dépistage. Le protocole

réduit T_r est simulé par tirage au sort (« sim. 2 » sur la figure XX, $n=30$) de n échantillons d'environnement (0 à 3 selon les strates) parmi les N échantillons d'environnement du protocole complet (1 à 4 selon les strates).

Le modèle de Branscum et al. (2005) a été appliqué pour estimer les caractéristiques des deux tests T_c et T_r corrélés à partir d'une population unique et sans test de référence. Les résultats croisés des deux tests pour n actes de dépistage peuvent être écrits sous la forme $y = (y_{11}, y_{12}, y_{21}, y_{22})$ où

$$y \sim \text{multinomiale}(n, (p_{11}, p_{12}, p_{21}, p_{22})) \quad (1)$$

$$p_{11} = P(T_c^+, T_r^+) = \pi(Se_c Se_r + cov_{D^+}) + (1 - \pi) * ((1 - Sp_c) * (1 - Sp_r) + cov_{D^-}) \quad (2)$$

$$p_{12} = P(T_c^+, T_r^-) = \pi(Se_c (1 - Se_r) - cov_{D^+}) + (1 - \pi) * ((1 - Sp_c) * Sp_r - cov_{D^-}) \quad (3)$$

$$p_{21} = P(T_c^-, T_r^+) = \pi((1 - Se_c) Se_r - cov_{D^+}) + (1 - \pi) * (Sp_c * (1 - Sp_r) - cov_{D^-}) \quad (4)$$

$$p_{22} = P(T_c^-, T_r^-) = \pi((1 - Se_c)(1 - Se_r) + cov_{D^+}) + (1 - \pi) * (Sp_c * Sp_r + cov_{D^-}) \quad (5)$$

avec :

- π la prévalence réelle,
- Se_c et Se_r les sensibilités respectives des tests complet et réduit
- cov_{D^+} la covariance entre les deux tests pour les lots infectés
- Sp_c et Sp_r les spécificités respectives des tests complet et réduit
- cov_{D^-} la covariance entre les deux tests pour les lots indemnes

Les paramètres estimés par le modèle sont Se_c et Se_r , π et Sp_c et Sp_r ; ils ont été représentés par des distributions Beta $Be(a,b)$ associées à des paramètres inconnus a et b (voir paragraphes suivants). Les spécificités des tests complet et réduit ont été considérées égales à 0.99 avec une certitude à 95% d'être supérieures à 0.96 (loi $Be(125,2.6)$). Les covariances ont été représentées par des lois uniformes de paramètres :

- $cov_{D^+} \sim U((Sp_c - 1) * (1 - Sp_r), \min(Sp_c, Sp_r) - Sp_c * Sp_r)$
- $cov_{D^-} \sim U((Se_c - 1) * (1 - Se_r), \min(Se_c, Se_r) - Se_c * Se_r)$

3- Estimations a priori des paramètres à évaluer

Distribution a priori pour Se_c

La sensibilité du protocole complet a été estimée a priori à partir des résultats obtenus dans l'étude de Mahé et al. (2008) qui a permis d'évaluer les sensibilités d'un prélèvement de fientes et d'un prélèvement d'environnement (Tableau 7). La sensibilité du protocole complet Se_c comprenant des analyses de fientes et d'environnement menées en parallèle est calculée selon la formule

$$Se_c = 1 - (1 - Se_F)^{n_F} * (1 - Se_E)^{n_E} \quad (6)$$

où Se_F et Se_E représentent respectivement la sensibilité d'une analyse de fientes et d'une analyse d'environnement et n_F et n_E le nombre d'analyses de fientes et d'environnement menées en parallèle.

Tableau 7 : Estimations de la sensibilité d'un prélèvement de fientes et d'un prélèvement d'environnement extraites de l'étude de Mahé et al. (2008)

Type élevage	Paramètre	Médiane	IC _{95%} *
Cage	Se_F	0,23	0,17 - 0,29
	Se_E	0,39	0,32 - 0,45
Sol	Se_F	0,24	0,15 - 0,33
	Se_E	0,27	0,19 - 0,30

*Intervalle de Crédibilité à 95%

La fonction betabuster du package epiR a été utilisée pour obtenir les paramètres a et b de la fonction Beta représentant la sensibilité du protocole complet pour chaque strate (Tableau 8).

Tableau 8 : Estimations a priori de la sensibilité du protocole complet de prélèvement pour chaque strate de type d'élevage et taille de troupeau et paramétrages pour générer la distribution Beta

Type élevage	Protocole de prélèvement	Se du protocole complet Se_c Calculée selon (6) Mode distribution Beta	Borne inférieure à 95%	Be(a,b)	
				a	b
Cage	1F* + 1E**	0,53	0,3	6.64	6.01
	1F + 2E	0,71	0,5	3.56	2.05
	1F + 3E	0,82	0,5	2.93	1.39
	1F + 4E	0,89	0,5	5.53	1.56
Sol	1F + 1E	0,44	0,3	12.1	14.6
	1F + 2E	0,59	0,5	5.03	3.80
	1F + 3E	0,70	0,5	3.64	2.13

*Fientes

**Environnement

Distributions a priori pour Se_r et π

Les distributions a priori des sensibilités des protocoles réduits et de la prévalence apparente ont été déterminées à partir des simulations sur les données (« sim. 2 » sur la Figure 13). Toutes les combinaisons réduites de prélèvements d'environnement possibles dans la strate ont été simulées en tirant au sort le nombre requis de prélèvements d'environnement parmi ceux disponibles (1 à 4 selon les strates). Cette opération a été menée pour tous les actes de dépistage retenus à l'issue de la première étape de tirage au sort (sim 1 pour les scénarios élevage et élevage*année). La prévalence apparente avec le protocole réduit a été calculée comme étant la proportion de dépistages positifs obtenus avec le protocole réduit. La sensibilité relative du protocole réduit a été calculée par comparaison du nombre de dépistage positifs obtenus avec le protocole réduit à la prévalence apparente estimée avec le protocole complet. Cette simulation a été répétée 30 fois pour obtenir des distributions de sensibilité et de prévalence servant à

paramétrer les loi Beta associées à chaque protocole réduit. Le Tableau 9 présente les paramètres retenus pour chaque strate.

Tableau 9: Paramètres a et b des distribution Beta (Be(a,b)) obtenus à partir des simulations et utilisées en tant qu'a priori pour la prévalence apparente et la sensibilité du protocole réduit pour chaque type d'élevage et taille de troupeau – scénario avec un dépistage par an et par poulailler

Type élevage	Protocole complet	Protocoles réduits	Se du protocole réduit Se_r^*	$Se_r \sim \text{Be}(a,b)$		Prévalence apparente π^*	$\pi \sim \text{Be}(a,b)$		
				a	b		a	b	
Cage	1F** + 1E***	1F+0E	0.19	9.0	16.1	0.003	6.5	1876	
		1F+1E	0.40	49.6	37.4	0.006	39.9	6461	
	1F + 2E	1F+0E	0.24	63.2	121.0	0.004	36.2	9941	
		1F+2E	0.58	22.7	9.7	0.007	32.1	4783	
	1F + 3E	1F+1E	0.43	12.8	12.1	0.005	18.7	3797	
		1F+0E	0.23	16.2	42.6	0.003	16.1	6105	
	1F + 4E	1F+3E	0.71	11.8	3.0	0.008	17.0	2137	
		1F+2E	0.59	7.9	4.0	0.007	10.8	1619	
		1F+1E	0.43	5.6	6.0	0.005	6.8	1392	
		1F+0E	0.15	2.6	12.5	0.002	2.9	1573	
	Sol	1F + 1E	1F+0E	0.14	784.3	1659	0.004	1.3	146.3
		1F + 2E	1F+1E	0.33	451.9	359.7	0.004	1016	227298
1F+0E			0.29	1083	1089	0.004	2.3	297.4	
1F + 3E		1F+2E	0.41	13.0	9.4	0.005	32.1	6454	
		1F+1E	0.27	9.6	15.6	0.003	16.1	4924	
		1F+0E	0.16	414.6	1379.1	0.002	2.0	251	

* Moyenne des simulations

**Fientes

***Environnement

4- Mise en œuvre du modèle bayésien

Le logiciel WinBUGS a été utilisé via R avec le package R2Winbugs. Les estimations a posteriori des paramètres du modèle reposent sur 10000 itérations de l'échantillonneur de Gibbs. Les 3000 premières itérations, constituant la phase de « chauffe », ne sont pas conservées. Trois chaînes sont lancées en parallèle avec différentes valeurs initiales tirées au sort dans des lois uniformes (0,1).

5- Validation des estimations issues du modèle bayésien

Vérification de la convergence des chaînes de Markov MCMC

Plusieurs tests (package coda) ont été utilisés pour évaluer la convergence des chaînes MCMC pour chaque chaîne produite :

- Test de Geweke d'égalité des moyennes des 10% premières valeurs et des 50% dernières valeurs de la chaîne. Un score inférieur à 1.96 (test Z-score, distribution normale) indique que les moyennes de début et de fin de chaîne ne sont pas différentes.
- Test de Heidelberg et Welch de stationarité de la chaîne permettant d'établir le nombre d'itérations à supprimer (phase de « chauffe »).
- Test de Gelman-Rubin comparant les variances intra et inter-chaîne. Une valeur R proche de 1 suggère la convergence de chaîne.

Diagnostic d'autocorrélation

De plus, la convergence de chaque chaîne peut être vérifiée par une étude de l'autocorrélation des itérations. L'autocorrélation de « lag-k » est la corrélation entre chaque itération et la k^{ème} itération en amont. Cette autocorrélation décroît avec l'augmentation de k pour considérer les itérations comme indépendantes. Le cas contraire indique une forte autocorrélation entre itérations et une relative stabilité de la chaîne, toujours dans une même zone de valeur. Le diagnostic d'autocorrélation est effectué après visualisation de la chaîne (package mcmcplots).

Les tests et le diagnostic d'autocorrélation sont validés pour chaque modèle (données non présentées).

Analyse de sensibilité

L'impact du choix des a priori pour les paramètres sur les estimations a posteriori de la sensibilité des protocoles complets et réduits est évalué au moyen d'une analyse de sensibilité. Des distributions Beta (0,1) ont été utilisées comme a priori pour les paramètres de sensibilité, de prévalence et spécificité. Les distributions a posteriori obtenus ont été comparées à celles générées avec les a priori informatifs. Une différence significative entre les distributions a posteriori avec a priori informatifs et a priori non informatifs montre l'intérêt de l'utilisation d'un modèle bayésien pour l'estimation de la sensibilité des protocoles réduits. Cette différence a été observée pour tous les types d'élevage et strates de taille d'élevage, validant l'approche bayésienne. Un autre avantage de l'utilisation d'un modèle bayésien, outre l'intégration des connaissances disponibles a priori, est de fournir des estimations a posteriori avec des intervalles de crédibilité.

6- Comparaison des estimations a posteriori des sensibilités des protocoles complet et réduit

Les moyennes des estimations a posteriori des sensibilités ont été comparées entre les protocoles complet et réduit au moyen d'une ANOVA suivie de tests ajustés de Tukey. L'estimation moyenne de la sensibilité du protocole à un seul prélèvement composite de fientes est significativement inférieure ($P < 0,01$) à celle du protocole complet dans toutes les strates de type d'élevage / taille de troupeau.

7- Discussion sur l'estimation a posteriori de la prévalence apparente de dépistages positifs

Les résultats d'estimation a posteriori de la sensibilité de protocoles réduits sont présentés dans les Figures 10 et 11 du rapport. Cette partie discute des estimations de prévalence apparente de dépistages positifs ($\hat{\pi}$) obtenues avec les protocoles réduits. Le modèle proposé permet effectivement d'estimer a posteriori le taux de dépistages positifs avec les protocoles réduits, en plus de la sensibilité des protocoles réduits. Le taux de dépistages positifs avec un protocole basé sur un seul prélèvement composite de fientes permet d'évaluer l'impact de la suppression des prélèvements d'environnement, en comparant cette estimation à celle de la prévalence apparente estimée dans le programme de lutte. Cependant, la stratégie basée sur un tirage au sort préalable d'un acte de dépistage par an et par poulailler entraîne un biais de sélection dans l'estimation de la prévalence, menant dans certaines strates à un « enrichissement » en dépistages positifs de la sous-population conservée pour la modélisation. Ce phénomène paraît lié à l'existence de poulaillers ayant peu d'actes de dépistages réalisés sur la période d'étude mais avec au moins un dépistage positif. Ces dépistages positifs ont donc une probabilité plus élevée d'être tirés au sort, amenant une surestimation de la prévalence apparente dans la sous-population tirée au sort. De ce fait, les résultats ne sont pas présentés dans le rapport.

Annexe 8 : Données de la littérature des pourcentages d'échantillons de poussière retrouvés positifs en *Salmonella* sur différents types de surfaces dans des élevages en cage et hors cage

1- Élevages en cage

Type de surface échantillonnée	Nombre de troupeaux testés	Nombre d'échantillons de poussières testés	% d'échantillons de poussières testés positifs en <i>Salmonella</i>	Commentaire sur le prélèvement	Référence
Grillage	1	80	16	chiffonnette humide de dimensions 30x30 cm	Jones et al. 2015
	7	88	8	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
Bandes à œufs	7	60	20	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
	2 (chiffres sur un troupeau)	Troupeau A : 12 prélèvements toutes les 6 semaines	98	charge bactérienne assez élevée 10 ⁶ NPP/m ²	Mc Whorter et Chousalkar 2020
		Troupeau B : 16 prélèvements toutes les 7 à 10 semaines	93	évolution entre 21 % et 93 % au cours du temps charge bactérienne assez élevée 10 ¹ à 10 ³ NPP/m ²	Mc Whorter et Chousalkar 2020
	19	762	29	chiffonnette humide de dimensions 10x10 cm	Crabb et al 2019
Bandes à œufs, descendeurs, table de tri	14	237	42	chiffonnette humide	Valancony et al. 2001
Nids	1	80	16	un tapis échantillonné / chiffonnette humide	Jones et al. 2015
Cages	14	181	30	chiffonnette humide	Valancony 2001
Tapis picotage grattage	1	80	23	un tapis échantillonné / chiffonnette humide	Jones et al. 2015
Alimentation (mangeoires, trémie, chaînes, silos)	7	68	22	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
	14	119	39	chiffonnette humide	Valancony et al. 2001
	7	69	13	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
abreuvoirs, pipettes	7	68	6	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
Abreuvement (tuyau,	14	93	25	chiffonnette humide	Valancony et al. 2001
Circuit d'air (entrée, ventilateur, gaine de pré-séchage)	7	68	19	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele 2012
	14	159	45	chiffonnette humide	Valancony et al. 2001
Murs	7	69	19	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
Murs, sol, boîtiers	14	103	50	chiffonnette humide	Valancony et al. 2001
Porte	7	58	9	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
Plafond	7	43	7	> 0,5 m ² de surface échantillonnée / chiffonnette	Dewaele et al. 2012
Sol, fissures ou interstices	2 (chiffres sur un troupeau)	Troupeau A : 12 prélèvements toutes les 6 semaines	97	prélèvements réguliers et répartis dans l'ensemble du bâtiment, sur 1 m ² de sol charge bactérienne assez élevée (10 ⁷ NPP/m ²)	Mc Whorter et Chousalkar 2020
		Troupeau B : 10 prélèvements toutes les 6 semaines	91	prélèvements réguliers et répartis dans l'ensemble du bâtiment, sur 1 m ² de sol charge bactérienne assez élevée (10 ⁴ NPP/m ²)	Mc Whorter et Chousalkar 2020
	7	73	34	> 0,5 m ² de surface échantillonnée /chiffonnette	Dewaele et al. 2012
	7	70	13	> 0,5 m ² de surface échantillonnée /chiffonnette	Dewaele et al. 2012
	19	400	50	2 paires de pédichiffonnettes 29 m ² de surface échantillonnée/bâtiment	Crabb et al 2019
Sas, alentours	14	144	48	chiffonnette humide	Valancony et al. 2001
Tapis d'hygiène	7	23	22	> 0,5 m ² de surface échantillonnée /chiffonnette	Dewaele et al. 2012

2- Élevages hors cage

Type de surface échantillonnée	Nombre de troupeaux testés	Nombre d'échantillons testés	% d'échantillons testés positifs en <i>Salmonella</i>	Commentaire prélèvement	Référence
Grillage	1	80	 14	chiffonnette humide de dimensions 30x30 cm	Jones et al. 2015
Bande à œufs	2	150 (Troupeau A : 90 échantillons et troupeau B : 60 échantillons)	Troupeau A: 12; Troupeau B: 3	prélèvements réguliers et répartis dans l'ensemble du bâtiment, sur 1m ² chiffonnette	Mc Whorter et Chousalkar 2019
Caillebotis	2		Troupeau A: 2; Troupeau B: 2		Mc Whorter et Chousalkar 2019
Dessus des nids	2		Troupeau A: 14; Troupeau B: 5		Mc Whorter et Chousalkar 2019
Nids	2		Troupeau A: 11; Troupeau B: 0		Mc Whorter et Chousalkar 2019
	1		80		 22



anses

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr