



 dossier de
PRESSE

INRAE

Santé des élevages: défis, recherches, solutions



SOMMAIRE

01

Renforcer la surveillance : clé pour le dépistage des maladies et la détection des épidémies émergentes [p. 6-14]

- 1 Surveiller à l'échelle de l'élevage [p. 7]
- 2 Surveiller à l'échelle des territoires [p. 10]

02

La prévention : clé pour la santé des animaux et des territoires [p. 15-25]

- 1 Prévenir pour ne pas avoir à guérir [p. 16]
- 2 La gestion sanitaire à l'échelle des élevages et des territoires [p. 20]



Contacts scientifiques [p. 26]

ÉDITORIAL

Santé des élevages : défis, recherches, solutions

Le maintien en bonne santé des animaux d'élevage est indispensable à leur bien-être, mais aussi au bon fonctionnement des exploitations ainsi qu'à leur rentabilité. Il contribue à limiter certaines des conséquences de l'élevage sur l'environnement (empreinte carbone, réduction de l'usage des médicaments). En Europe, les maladies en élevage sont responsables d'environ 20 % des pertes de production par an. En France, les pertes économiques se chiffrent à plusieurs dizaines de millions d'euros par an et, dans le monde, elles sont estimées à plusieurs dizaines de milliards de dollars par an. Avec les changements globaux, l'enjeu n'est plus de savoir si une nouvelle épizootie (épidémie animale) aura lieu mais plutôt quand celle-ci surviendra. Prévenir les maladies animales est aussi primordial pour la santé humaine dans la mesure où santé humaine, animale et environnementale sont interdépendantes, c'est l'approche « une seule santé » (One Health). Dans ce cadre, l'initiative internationale PREZODE, lancée par INRAE, le Cirad et l'IRD dès 2021, vise à prévenir l'émergence de futures pandémies et implique plus de 170 partenaires.

Les recherches d'INRAE positionnent la santé et le bien-être des animaux au cœur de la transition des systèmes d'élevage et portent sur les pratiques agroécologiques propices à leur durabilité économique, environnementale et sociétale. Veiller à la santé des animaux est un facteur de durabilité des élevages : ils concilient productivité et réduction de l'usage des médicaments. À l'échelle des territoires, l'institut propose aussi un nouvel angle pour la gestion des maladies en prenant en compte les spécificités locales pour adapter les mesures sanitaires. Par exemple, la santé animale est une composante essentielle du programme de recherche national « Élevages durables : des animaux, des humains, des territoires » de l'agence de programme Agralife portée par INRAE.

Les équipes de recherche sont mobilisées aux côtés des écoles vétérinaires, de l'ANSES, des partenaires académiques comme le Cirad, l'IRD et le CNRS, des instituts techniques et de partenaires privés pour comprendre les mécanismes de propagation et d'infection des agents pathogènes, améliorer et contribuer à la surveillance sanitaire et développer des méthodes de prévention. Les recherches sont menées à toutes les échelles, depuis la molécule jusqu'aux territoires nationaux et internationaux, en passant par l'animal, le troupeau et l'exploitation agricole.

Avec l'arrivée des technologies numériques en élevage, les scientifiques développent de nouveaux outils pour les éleveurs et les vétérinaires afin de repérer et diagnostiquer au plus tôt un animal malade et mieux protéger les élevages. En lien avec des partenaires nationaux et internationaux et la Plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale, les chercheurs travaillent à l'amélioration des modèles de prévision et de surveillance des maladies pour éclairer les décideurs publics dans la gestion des maladies.

Concernant la prévention, les scientifiques travaillent sur de multiples leviers complémentaires : vaccination, sélection d'animaux plus résistants aux maladies, alimentation, modulation du microbiote pour améliorer l'immunité... La prévention passe aussi par les pratiques d'élevage comme une gestion adaptée du pâturage ou l'usage raisonné de médicaments pour éviter le développement de résistances.

En complément de l'acquisition des connaissances, de nombreux projets sont co-construits avec des partenaires privés et les instituts techniques agricoles pour répondre aux besoins des acteurs de terrain et accélérer le transfert de connaissances. Ce dossier illustre les dernières avancées et innovations prometteuses pour améliorer la maîtrise de la santé et le bien-être des animaux d'élevage.



Les recherches et dispositifs d'INRAE pour la santé animale

Les recherches portent sur 3 axes complémentaires et interconnectés :

- l'origine et la dissémination des agents pathogènes,
- les interactions animaux-bioagresseurs (biologie des agents pathogènes, réponse immunitaire des animaux et conséquences sur leur santé)
- et la maîtrise des maladies (moyens de surveillance et de prévention, diagnostics, développement de vaccins...).

Au sein du département scientifique Santé animale, ces travaux sont conduits par :

- 21 unités dont 2 unités expérimentales,
- près de 450 agents INRAE,
- en partenariat avec 16 partenaires institutionnels dont les 4 écoles vétérinaires, l'Anses, le Cirad, l'IRD et plusieurs universités.

INRAE coordonne l'infrastructure nationale Emerg'IN qui a pour missions de constituer une force de réaction rapide face aux émergences infectieuses. INRAE est membre du comité de pilotage du Réseau français pour la santé animale (RFSA). L'institut développe également des partenariats avec le secteur privé comme l'alliance avec le Syndicat de l'industrie du médicament et du diagnostic vétérinaire (SIMV). Au niveau international, INRAE est membre du réseau international en santé animale STAR-Idaz et représente la France aux côtés de l'Anses dans le comité de recherche européen SCAR Animal health and welfare. Sur le volet appui aux politiques publiques, l'institut co-pilote la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale avec l'Anses, la DGAL (Direction générale de l'alimentation) et 8 autres organismes nationaux. INRAE est partenaire de la chaire biosécurité aviaire accueillie à l'ENVT. De nombreux chercheurs d'INRAE participent à des comités d'experts de l'Anses, l'EFSA et des Agences françaises et européennes du médicament vétérinaire.



Objectifs :

Labélisé depuis 2011 par le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le Carnot France Futur Élevage (F2E) est un réseau de R&D porté par INRAE, proposant aux entreprises une offre de recherche multidisciplinaire et intégrée, du laboratoire à la ferme, pour accélérer l'innovation et répondre aux défis de l'élevage durable. 5 leviers thématiques sont mis en œuvre pour répondre aux défis de l'élevage : les pratiques d'élevage, la génétique et la reproduction, la santé, les approches socioéconomiques et la transition numérique. Le Carnot F2E dispose d'un réseau d'équipes de recherche et d'ingénieurs réparties sur tout le territoire français.

Partenaires : INRAE, Cirad, ENVIT, Oniris, Institut Agro, université de Tours, IDELE, IFIP, ITAVI

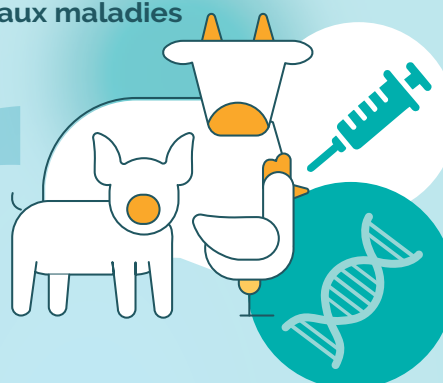
Chiffres clés :

- 15 unités mixtes de recherche et 1 unité expérimentale
- 3 instituts techniques
- 1300 chercheurs et ingénieurs
- plus de 170 doctorants dont 47 thèses Cifre
- Certification ISO 9001
- 421 contrats R&D avec des partenaires privés en 2023

Maîtrise des maladies en élevage : des solutions à 3 niveaux

Améliorer la résilience des animaux face aux maladies

- Sélection génétique
- Vaccination
- Alimentation



Accompagner les éleveurs

- Outils de surveillance des animaux
- Modalités de distribution des antibiotiques
- Gestion adaptée du pâturage



Améliorer la surveillance nationale et internationale

- Modèles de prévision et de surveillance
- Outils diagnostics innovants
- Concertation pour adapter les mesures sanitaires localement



Renforcer la surveillance : clé pour le dépistage des maladies et la détection des épidémies émergentes

Détecter l'émergence d'une maladie au plus tôt permet de prendre des mesures sanitaires adaptées pour limiter sa propagation et son impact. La surveillance sanitaire est une composante primordiale de la lutte contre les maladies en élevage. Elle est coordonnée par les services vétérinaires de l'État et implique éleveurs, vétérinaires, filières, laboratoires d'analyse... En collaboration avec les acteurs académiques, les écoles vétérinaires et les instituts techniques, INRAE mène des recherches pour améliorer les dispositifs de surveillance aux échelles des animaux, des exploitations et des territoires nationaux, et contribue à la veille sanitaire internationale.

1

Surveiller à l'échelle de l'élevage

Les éleveurs sont les premiers à pouvoir repérer les signes de maladie chez leurs animaux. Ils veillent à leur état de santé et de bien-être, assurent les premiers soins et alertent les vétérinaires. Pour accompagner les éleveurs et les vétérinaires, les scientifiques développent de nouveaux outils pour détecter et diagnostiquer au plus tôt un animal malade en se basant sur l'analyse comportementale des animaux et les signes d'infection. La finalité est de réduire les risques de propagation, traiter les animaux de manière précoce et raisonnée et préserver leur bien-être..

Vers une application pour aider à gérer les maladies respiratoires des jeunes bovins



© Adobe Stock

Connect-BRD
est complémentaire
à la surveillance
des éleveurs et les
encourage à intervenir
plus vite lorsque
nécessaire

Les maladies respiratoires sont un problème de santé majeur touchant les jeunes bovins destinés à l'engraissement [encadré ci-contre]. Leur propagation rapide au sein des troupeaux et le risque de détection tardive incitent les éleveurs à une utilisation importante d'antibiotiques en traitement collectif. Une détection précoce et des traitements individualisés des animaux pourraient aider à limiter l'impact des maladies respiratoires et permettre un usage ciblé et raisonné des antibiotiques. Aujourd'hui, de plus en plus d'élevages sont équipés de capteurs ou de systèmes d'alerte pour surveiller l'état des animaux, par exemple pour prévenir d'un vèlage ou détecter un coup de chaud. Les scientifiques, dans le cadre d'un projet mené par INRAE et l'Idel, ont développé Connect-BRD, un outil d'aide à la décision pour alerter les éleveurs d'un risque de maladie respiratoire au sein de leur élevage et recommander

des interventions. Connect-BRD utilise l'intelligence artificielle (IA) pour analyser les données issues de capteurs individuels sur les animaux (colliers mesurant, à partir des mouvements, les activités de rumination, alimentation, repos...) couplées à des modèles épidémiologiques sur les maladies respiratoires. En simulant et comparant différents scénarios sanitaires grâce à l'IA, l'outil envoie une alerte à l'éleveur avec des recommandations d'action : traitement vétérinaire individualisé d'un animal présentant des signes précoces de maladie, vérification de la température des animaux... Le dispositif a été testé dans 9 élevages commerciaux volontaires sur les 4 premières semaines d'engraissement, période où se développent les maladies respiratoires. Pour les éleveurs, l'outil est intuitif dans son usage, complète leur

surveillance visuelle et les encourage à intervenir plus rapidement lorsque c'est nécessaire. Il leur apporte une tranquillité d'esprit car la surveillance est active en continu et conforte leurs observations. Des améliorations sont encore nécessaires : l'utilisation de colliers, qui contiennent les capteurs permettant la détection des signes de maladie, implique plus de temps de manipulation pour leur mise en place et leur retrait, ce qui pourrait être amélioré par le couplage des capteurs aux boucles d'identification des bovins. Les capteurs ont aussi un coût non négligeable et l'outil nécessite une connectivité dans l'élevage. Connect-BRD, encore en cours d'évaluation, reste un outil prometteur pour améliorer la gestion des maladies respiratoires chez les jeunes bovins.



Les maladies respiratoires, 1^{re} cause de mortalité des veaux

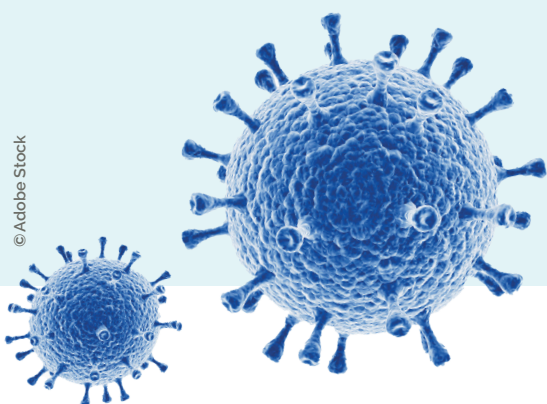
Les maladies respiratoires représentent 70 à 80% des problèmes de santé des jeunes bovins en ateliers d'engraissement spécialisé et sont la 1^{re} cause de mortalité chez les veaux de 2 à 6 mois. Les pertes de revenus associées à ces maladies sont évaluées entre -11 et -26%. Elles sont provoquées essentiellement par des virus et des surinfections bactériennes. Le traitement de ces maladies est l'une des principales causes de l'utilisation des antibiotiques en élevage bovin.



Une innovation pour le diagnostic des maladies respiratoires d'origine virale

Pour traiter les maladies respiratoires des jeunes bovins, il est nécessaire d'identifier l'agent pathogène qui est en cause. La méthode actuelle de dépistage par prélèvement dans les naseaux est invasive, coûteuse et chronophage. Les analyses sont réalisées en laboratoire et les résultats mettent plusieurs jours à être connus. C'est pourquoi elle est insuffisamment appliquée en pratique, ce qui conduit le plus souvent à des traitements antibiotiques non ciblés. Dans le cadre d'un projet mené par INRAE, Oniris, l'ENVT, l'Idel, et le CEA-Leti, les scientifiques ont développé un outil de diagnostic innovant : un capteur qui analyse l'air expiré par le bovin et identifie l'agent pathogène en 30 minutes sans passage par un laboratoire. Pour améliorer et mettre au point l'outil, les scientifiques d'INRAE ont mené des expérimentations en élevage, financées par le Carnot FzE. Simple et facile d'utilisation, cet outil ambitionne de démocratiser l'identification des agents pathogènes responsables des maladies respiratoires pour améliorer les plans de prévention et de traitement. Cette technologie brevetée par le CEA-Leti a abouti en 2025 à la création de la start-up Nawu-diagnostics pour une commercialisation d'ici 2027.

© Adobe Stock



Vidéo-surveillance du **bien-être et de la santé** des volailles

Assurer le bien-être des animaux d'élevage est devenu une priorité partagée par les éleveurs, la grande distribution et les consommateurs. Pour répondre à cette attente, des chercheurs d'INRAE, en collaboration avec l'ITAVI, ont mis au point une technologie inédite : un système de vidéo-tracking capable d'analyser le comportement des poulets de chair à partir d'une simple caméra. Installée dans le bâtiment, la caméra suit en continu un millier d'oiseaux tout au long de leur élevage. L'intelligence artificielle associée permet d'en déduire des indicateurs précis du bien-être global de l'élevage : fréquence des comportements (alimentation, déplacement, repos, bain de poussière...), répartition spatiale, durée d'activité... Le système enregistre, pour chaque poulet suivi, non seulement la fréquence mais aussi la durée de ses comportements. Pour chaque individu, la répartition du temps passé dans chaque activité est alors calculée. À partir de ces données individuelles, il est ensuite possible de déterminer la distribution de ces répartitions comportementales sur l'ensemble des animaux suivis. Ce sont les variations entre individus – par exemple un poulet qui ne mange presque jamais, ou un autre qui passe un temps anormalement long à boire – qui permettent de détecter des anomalies et d'identifier des situations à risque. Déployé dans 6 élevages commerciaux pendant 5 semaines, le système a déjà permis de mettre en évidence certains dysfonctionnements dans la conduite des élevages, tels qu'une mauvaise ventilation ou une distribution d'eau défectueuse. Les signaux liés à la santé, plus discrets et plus progressifs, restent plus difficiles à détecter : les recherches se poursuivent donc dans d'autres élevages



© INRAE - C. Maître

commerciaux pour affiner le calibrage de l'outil et améliorer la détection de ces perturbations subtiles. Cette technologie ouvre la voie à la création d'indicateurs objectifs et automatisés du bien-être animal, au service d'une filière avicole plus transparente, plus réactive et respectueuse du vivant.

Vers la création
d'indicateurs
objectifs et automatisés
du bien-être animal

Outil innovant de diagnostic de la paratuberculose

La paratuberculose est une maladie grave touchant les ruminants, à l'issue souvent fatale, provoquée par une mycobactérie Map [encadré ci-contre].

Son dépistage est difficile et le test de routine reste imparfait. Comme tout micro-organisme, Map possède des antigènes caractéristiques qui permettent de l'identifier, un peu comme les empreintes digitales pour les humains. En réponse à l'infection par Map, le système immunitaire de l'animal va développer des anticorps qui se fixent sur ces antigènes. Pour diagnostiquer la paratuberculose, un test sérologique ELISA est utilisé. Il détecte dans le sang et le lait la présence d'anticorps contre Map produits par l'animal. Pour détecter les anticorps, le test actuel repose sur des préparations d'antigènes issues d'extraits de cultures de mycobactéries. Cette méthode peut présenter des problèmes de spécificité et de sensibilité pour le diagnostic de la paratuberculose et donc affecter l'efficacité du test. De plus, la fabrication des préparations d'antigènes qui repose sur la culture très difficile des mycobactéries, monopole d'une seule entreprise dans le monde, peut présenter des limites de qualité et d'approvisionnement. Pour apporter une alternative, INRAE et l'Institut Pasteur développent un nouveau test ELISA



La paratuberculose, maladie chronique inflammatoire de l'intestin des ruminants, est causée par la mycobactérie *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (Map). La paratuberculose est une maladie qui s'installe lentement. Les animaux sont infectés quelques semaines après la naissance, mais ne développent des signes cliniques qu'une fois adultes. Ces signes se caractérisent par une diarrhée persistante, une perte de poids progressive et un affaiblissement général pouvant conduire à la mort. Il n'existe aucun traitement à ce jour. La vaccination contre la paratuberculose bovine est peu utilisée en France car elle interfère avec le dépistage de la tuberculose bovine, transmissible à l'humain. La maladie est largement répandue dans les élevages bovins. Environ 50 % des élevages seraient touchés en France et en Europe, et près de 80 % aux États-Unis.

© Adobe Stock

spécifique de la paratuberculose. Les scientifiques d'INRAE, en combinant des techniques d'analyse génomique à des outils d'intelligence artificielle, ont identifié des antigènes spécifiques de la mycobactérie de la paratuberculose. L'Institut Pasteur, en collaboration avec l'université de Toulouse, a isolé et caractérisé ces antigènes et a développé un procédé de synthèse chimique. Enfin, les équipes d'INRAE ont fait la première démonstration du potentiel des antigènes de synthèse pour le diagnostic de la paratuberculose. Ces travaux,

brevetés, ouvrent la voie à la production standardisée et pérenne d'antigènes synthétiques ultra purs pour ce test, indépendante de la culture de mycobactéries. Actuellement évalué par un industriel du diagnostic vétérinaire, ce nouveau test serait une innovation majeure pour le diagnostic de la paratuberculose. Plus fiable, il permettrait d'améliorer la gestion de la paratuberculose en élevage.

Cette recherche a été financée en partie par le Carnot Pasteur Microbes et Santé et le Carnot France Futur Élevage.

Surveiller à l'échelle des territoires

La surveillance sanitaire à l'échelle des territoires est indispensable pour limiter la propagation des agents pathogènes, orienter les décisions de gestion des autorités sanitaires et limiter le coût économique afférent pour les éleveurs et les filières. La collaboration internationale est également indispensable pour surveiller l'émergence de maladies qui pourraient toucher nos territoires. Les scientifiques d'INRAE contribuent à améliorer les dispositifs et méthodes de surveillance en développant des modèles épidémiologiques et des outils de surveillance, en se basant sur de nouvelles technologies comme l'intelligence artificielle.

La plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale

Créée en 2011, la plateforme d'épidémiosurveillance en santé animale (ESA) est un dispositif opérationnel innovant, unique en Europe, visant à renforcer la coordination entre acteurs publics et privés pour améliorer l'efficacité de la surveillance en santé animale dans une approche « une seule santé ». Elle est pilotée par 11 organismes, dont INRAE, qui ont des activités en lien direct avec

la surveillance en santé animale au plan national. Ses travaux sont basés sur les principes de collaboration et d'interdisciplinarité, associés à une approche par consensus permettant une co-construction par toutes les parties prenantes pour appuyer les gestionnaires du risque (services sanitaires, vétérinaires, conseillers agricoles, éleveurs...). L'analyse des données de surveillance produit des indicateurs réglementaires, essentiels pour répondre aux exigences européennes et internationales. Ils permettent de justifier le respect des réglementations en vigueur et de défendre la position sanitaire de la France dans les échanges internationaux. La veille sanitaire nationale et internationale de la plateforme ESA renseigne les décideurs sur les potentiels dangers sanitaires qui menacent le territoire. Elle

analyse des sources de données officielles (déclaration de maladies par les autorités compétentes) et non officielles (médias, web, réseaux sociaux), contextualisées par un réseau d'experts nationaux et internationaux. Grâce à la synergie entre surveillance et recherche au sein de la plateforme, le recours à l'intelligence artificielle a permis d'améliorer la veille sanitaire par la détection précoce de signaux d'alerte via des données du web. Des bulletins hebdomadaires et des alertes sont mis en ligne pour informer les filières, appuyer la gestion des risques par les services du ministère en charge de l'agriculture et alimenter l'évaluation des risques de l'Anses. La plateforme ESA a largement démontré son intérêt pour appuyer la mise en place de nouveaux dispositifs de surveillance.

La plateforme ESA appuie la mise en place de nouveaux dispositifs de surveillance



© Adobe Stock



En chiffres

- **11 organismes membres** composant son comité de pilotage, organe décisionnaire des travaux à mener : Adilva, Anses, FNC, GDS France, INRAE, La coopération agricole, ministère chargé de l'agriculture, OFB, Cirad, SPF, SNGTV
- **28 groupes de travail (GT)**
- **386 experts techniques** provenant de 73 organismes différents dont 26 experts INRAE
- **9 agents** assurant un appui transversal aux différents GT dont 8 agents INRAE
- Une équipe de coordination (Anses, DGAL, INRAE) assurant le lien entre Copil ESA, GT et équipe en appui transversal.



Et pour demain ? Mieux surveiller les épidémies grâce aux données de mouvements d'animaux

L'émergence et la propagation rapide des agents pathogènes dans les élevages posent un défi majeur à la résilience des systèmes de production. Dans ce contexte, améliorer la réactivité des systèmes de surveillance est essentiel pour alerter et intervenir au plus tôt. Les déplacements d'animaux entre élevages sont souvent incriminés comme une voie majeure de transmission. Bien qu'ils soient souvent enregistrés en France comme dans la plupart des pays européens (de manière systématique pour les bovins), ils sont rarement utilisés pour orienter la décision publique. Le projet HODAS vise à mieux exploiter ces données existantes en temps réel, afin d'identifier plus efficacement les populations à haut risque d'infection et de diriger les efforts de surveillance et de contrôle vers celles-ci.

Le projet HODAS, coordonné par INRAE, a été lauréat de l'appel à projet 2025 du programme prioritaire de recherche PREZODE, piloté par l'IRD, le Cirad et INRAE.



© Adobe Stock



Identifier les tiques grâce à l'intelligence artificielle

Face à l'impact croissant des maladies transmises par les tiques, mieux connaître la distribution géographique et saisonnière des différents genres de tiques, ainsi que les risques sanitaires associés, constituent un enjeu majeur pour la santé publique et la santé animale. Les scientifiques d'INRAE développent TICKS.AI, un outil d'intelligence artificielle capable de reconnaître automatiquement, à partir de photos, les principaux genres de tiques présents en Europe. Entraîné sur des milliers d'images issues notamment du programme participatif CITIQUE, ce système atteint déjà plus de 90% de précision pour les genres les plus fréquents, comme *Ixodes*, vecteur de la maladie de Lyme et de l'encéphalite à tiques. Accessible via une interface web et pouvant être intégré à d'autres applications comme Signalement Tiques, TICKS.AI permet à chacun, du citoyen au professionnel de santé, de contribuer à la surveillance en temps réel, y compris pour des espèces invasives comme certaines tiques du genre *Hyalomma*, vectrices de la fièvre hémorragique Crimée-Congo.

Et pour demain ? Mieux détecter la tuberculose bovine en abattoir grâce à l'intelligence artificielle

La tuberculose bovine est une maladie chronique qui affecte principalement les bovins mais peut aussi toucher les humains. C'est pourquoi elle fait l'objet d'une surveillance rigoureuse en France, notamment dans les abattoirs. Lors de l'inspection des carcasses, la maladie est détectée par les lésions cutanées qu'elle provoque. En collaboration avec la plateforme ESA et VetAgroSup, INRAE développe actuellement un système d'intelligence artificielle capable de détecter et caractériser les lésions de tuberculose bovine sur les carcasses. Le système est entraîné sur les images d'abattoir issues des bases de données nationales annotées par des experts pour identifier les lésions tuberculeuses. L'objectif à terme est de développer un assistant numérique pour les services vétérinaires en abattoir, capable d'aider à la reconnaissance en temps réel des lésions et à caractériser le risque associé. Cet outil permettrait d'améliorer la réactivité des dispositifs de surveillance et de guider les décisions sanitaires.

Prédire la trajectoire des moucheron porteurs de maladies

Les moucheron piqueurs de type *Culicoides spp* peuvent transmettre des fièvres hémorragiques aux ruminants. Ils sont responsables de la circulation des virus de la fièvre catarrhale ovine (FCO) et de la maladie hémorragique épizootique (MHE) sur le territoire français, deux maladies très dommageables pour les élevages ovins et bovins provoquant des pertes importantes de production [encadré ci-dessous]. Une des voies de dispersion de ces virus est le vent qui transporte les moucheron possiblement infectés, une voie très variable et difficile à contrôler. Les scientifiques d'INRAE, Boehringer Ingelheim, l'université Lyon 1 et VetAgro Sup ont développé un modèle pour prévoir la trajectoire des insectes à partir de données météorologiques, de température et de vitesse et de direction du vent. Ils se sont basés sur un modèle existant qui prévoit la trajectoire de particules de polluants dans l'atmosphère et l'ont adapté pour tenir compte des spécificités biologiques des moucheron. Ils ont

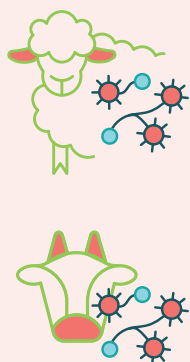
Avec une précision de 95 %, le modèle prévoit les zones nouvellement infectées jusqu'à 5 semaines après la première détection

testé leur modèle sur le cas d'étude du virus de la MHE en France en 2023 dans les Pyrénées-Orientales. Le modèle prévoit les zones nouvellement infectées sur une période de 5 semaines après la première détection avec une performance de 95 % en moyenne. En initialisant le modèle avec les données des foyers persistants de FCO en Sardaigne, les scientifiques ont mis en évidence les zones à risque

d'introduction de la FCO en Europe à partir de ces foyers. Les cartes obtenues de dispersion par le vent peuvent aider à anticiper les zones et les périodes à risque selon le virus concerné, et ainsi guider la production de vaccins et les zones à vacciner préférentiellement. Le modèle est accessible gratuitement en ligne sur demande, via l'application web Windi App (en anglais).



© Adobe Stock



Fièvre catarrhale ovine et maladie hémorragique épizootique

Les moucheron piqueurs du genre *Culicoides* sont vecteurs de plusieurs virus causant des maladies affectant principalement les ovins, bovins et cervidés.

La fièvre catarrhale ovine (FCO), ou maladie de la langue bleue, est causée par le virus bluetongue. Chez les ovins, les principaux symptômes sont la fièvre, des troubles respiratoires, des salivations excessives, des gonflements de la face et une coloration anormalement bleutée de la langue provoquée par une oxygénation insuffisante du sang. En France, la maladie fait l'objet d'une déclaration obligatoire et 3 sérotypes connus du virus sont présents sur le territoire hexagonal. Entre le 5 août 2024 et le 1^{er} juin 2025, 27851 foyers avaient été recensés en France. Il existe des vaccins pour 2 des 3 sérotypes de virus circulant en France (sérotypes 3 et 8).

La maladie hémorragique épizootique (MHE) est causée par un virus. Chez les bovins, la maladie se traduit par de la fièvre, des ulcérations du mufle, le nez qui coule et des boiteries. En France, la déclaration de la maladie est obligatoire. Entre le 1^{er} juin 2024 et le 1^{er} juin 2025, 3906 foyers avaient été recensés. Depuis 2024, un vaccin est disponible pour prévenir la maladie.



La grippe aviaire, ou influenza aviaire, est une maladie virale très contagieuse qui affecte les oiseaux dont les volailles domestiques. Sous sa forme hautement pathogène, le taux de mortalité peut atteindre près de 100 % et provoque des baisses de production importantes. Les symptômes sont principalement respiratoires, digestifs ou nerveux, ou simplement une perte d'appétit. Les formes les plus graves se traduisent par une dégradation importante de l'état général des oiseaux conduisant à leur mort rapide. En France, toute suspicion ou apparition de signes cliniques doit faire l'objet d'une déclaration aux services vétérinaires du département. L'épisode de 2021-2022 avait entraîné l'abattage de 22 millions de volailles et un coût estimé de 1,1 milliard d'euros pour la filière et 1,6 milliard d'euros pour la puissance publique.

© Adobe Stock



Un nouvel outil pour mieux tracer les élevages infectés par la grippe aviaire

La grippe aviaire, provoquée par le virus de l'influenza aviaire, est une menace majeure pour les élevages **[encadré ci-dessus]**. Elle nécessite des interventions rapides pour limiter sa propagation. Lorsqu'un cas est détecté dans un élevage, les services vétérinaires mènent une enquête en traçant les contacts de l'élevage pour retrouver l'origine de la contamination (livraison d'aliments, personnes ayant visité l'élevage, mouvements d'animaux...) ainsi que les potentielles contaminations secondaires. Selon la réglementation européenne, l'enquête de traçage doit se réaliser sur les 21 jours précédant la détection, correspondant à la période d'incubation de la maladie. Mais cette période n'est pas adaptée pour tous les élevages, ce qui peut réduire l'efficacité des enquêtes. Les scientifiques d'INRAE, de l'ENVET et

de l'université de Wageningen (Pays-Bas) ont développé une application web pour aider les services vétérinaires à optimiser les enquêtes de traçage. Baptisée FIRST-INF, elle se fonde sur un modèle simulant une infection dans un élevage. Il prend en compte l'espèce élevée (poulet, canard, dinde), le type de production (élevage de chair, production d'œufs...), le nombre de volailles, la date d'introduction des animaux dans l'élevage et les données quotidiennes de mortalité observées dans l'élevage. Le modèle intègre aussi les connaissances scientifiques sur les impacts de la maladie propres à chaque espèce. À partir de ces données, l'application calcule un intervalle plausible de dates de la première contamination. Grâce à ce modèle, les services vétérinaires peuvent adapter leur enquête selon la situation de

Une application web pour aider les services vétérinaires à optimiser les enquêtes de traçage de la grippe aviaire

chaque élevage en concentrant leurs efforts sur la période estimée par l'application. Parfois, il est nécessaire de remonter plus loin que les 21 jours conseillés, mais cela peut aussi être beaucoup plus court. FIRST-INF est accessible en ligne gratuitement en anglais (<https://first-inf.sk8.inrae.fr/>).



Et pour demain ? Comprendre la transmission de la grippe aviaire sur les marchés de volailles vivantes

Les virus de l'influenza aviaire circulent largement en Asie du Sud-Est, en particulier au Cambodge, avec des taux de détection du virus élevés chez les oiseaux domestiques et des cas récurrents chez les oiseaux sauvages et les humains. En collaboration avec l'Institut Pasteur du Cambodge, le National Animal Health and Production Research Institute et le Wildlife Conservation Society, INRAE mène le projet TrackFLU (ERC Starting grant) qui vise à comprendre les mécanismes d'émergence et de transmission du virus dans les réseaux de marchés de volailles vivantes. Les marchés de volailles vivantes, très ancrés dans les traditions culturelles locales, constituent des circuits de commercialisation complexes : les volailles vivantes passent par plusieurs étapes, incluant fermes, points de regroupement, marchés de gros et de détail. Ces différents lieux se caractérisent par une forte densité d'animaux, un mélange d'espèces et un niveau de biosécurité souvent limité. Une des hypothèses du projet est que ces circuits créent un terrain favorable au maintien et à l'émergence de nouvelles souches du virus. Une première phase de terrain, combinant échantillonnage d'oiseaux et enquêtes auprès des vendeurs et producteurs s'est terminée en 2025. L'objectif à terme est d'identifier les pratiques à risque et de discuter, avec les communautés locales et les autorités, d'alternatives envisageables qui contribueraient à un meilleur contrôle et à une prévention durable de la maladie.



©Adobe Stock

Optimiser l'échantillonnage pour limiter le coût des épidémies : exemple de la grippe aviaire

Les changements globaux entraînent une augmentation des maladies animales et du risque épidémique. En 2021-2022, les épisodes de grippe aviaire en France ont représenté une charge financière estimée à 1,6 milliard d'euros pour l'État

[encadré p. 13]. Afin de détecter et surveiller l'évolution de la grippe aviaire pour adapter les mesures sanitaires, les vétérinaires font des prélèvements dans les élevages. Ces prélèvements et analyses ont un coût qui s'ajoute à ceux liés aux impacts de la maladie. Un économiste d'INRAE a cherché à définir la meilleure politique d'échantillonnage à mettre en place pour minimiser les coûts de la maladie et ceux liés aux prélèvements et analyses pour suivre son évolution. Il a ainsi développé un modèle d'optimisation de l'échantillonnage couplant un modèle de diffusion de la maladie avec un modèle économique prenant en compte le

coût des prélèvements et des analyses. Ce coût dépend de la fréquence et du nombre de prélèvements, et comprend le coût de ne pas détecter la maladie pour chaque façon d'échantillonner. Il en ressort notamment qu'il

est moins coûteux et tout aussi efficace de procéder à des petits prélèvements répétés régulièrement (par exemple 9 animaux testés tous les 3 jours) qu'un grand nombre d'animaux (plus de 70) mais peu fréquemment.

Le modèle prend en compte à la fois les coûts et les bénéfices associés à une détection plus précoce de la maladie et au fait que l'échantillonnage est répété périodiquement pour suivre l'évolution de la maladie. Les résultats montrent qu'il est possible de diviser par 5 à 10 le coût lié à la grippe aviaire. Ce modèle pourrait être étendu à d'autres pathologies animales voire à des pathologies végétales.

Il est possible de diviser par 5 à 10 le coût lié à la grippe aviaire



La prévention : clé pour la santé des animaux et des territoires

La prévention est un enjeu majeur pour éviter le développement de maladies, réduire l'usage des médicaments mais aussi assurer la bonne santé des animaux, un facteur essentiel de leur bien-être. Prévenir les maladies, c'est aussi assurer le bon fonctionnement des exploitations agricoles et leur rentabilité, car les animaux malades représentent un surcoût et une baisse de production. La prévention se fait à l'échelle de l'animal, du troupeau, de l'exploitation et des territoires.

1

Prévenir pour ne pas avoir à guérir

Améliorer la robustesse et la résilience des animaux face aux agents pathogènes est l'un des meilleurs moyens de lutte contre les maladies infectieuses. Modulation du microbiote qui peut jouer un effet barrière contre les agents pathogènes, sélection génétique pour des animaux plus résistants aux maladies, alimentation, développement de nouveaux vaccins... Autant de leviers concrets sur lesquels travaillent les scientifiques d'INRAE, en collaboration avec les filières et les écoles vétérinaires.

Le vaccin :

la meilleure assurance contre la grippe aviaire

La vaccination
a réduit de
96 %
le nombre de
foyers de grippe
aviaire en France

Depuis octobre 2023, la France est le premier et le seul pays européen à autoriser la vaccination contre le virus de l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP), responsable de la grippe aviaire [encadré p. 13], dans les élevages de canards. La vaccination est obligatoire pour les élevages de plus de 250 canards. INRAE et l'ENVt accompagnent

la gestion de crise et le déploiement du vaccin. Les scientifiques évaluent les risques et l'impact de la vaccination. Depuis son déploiement, la vaccination protège les élevages à 96 %. Entre octobre 2023 et 2024 seuls 11 foyers de grippe aviaire ont été détectés, contre 700 la période précédente. Aujourd'hui les scientifiques travaillent avec les acteurs de la santé et les filières pour réduire les coûts de la vaccination sur les plans de la surveillance et de la logistique. Le vaccin s'administre par injection au couvoir ou en élevage. Il nécessite donc de nombreux intervenants pour vacciner les élevages. Des optimisations peuvent se faire sur le plan logistique pour réduire les coûts liés à ce volet. L'autre volet d'importance est la surveillance, notamment pour sécuriser les exportations. La vaccination peut compliquer la détection de

l'infection, d'où le recours à des plans de prélèvements très réguliers. Fin 2024, les scientifiques démontrent que la surveillance événementielle renforcée, basée sur des prélèvements hebdomadaires effectués sur les canards trouvés morts, est la stratégie la plus efficace pour détecter rapidement la présence du virus dans les élevages de canards vaccinés. Depuis 2023 et la démonstration de son efficacité, plusieurs pays ont commencé à lever les barrières à l'exportation comme les États-Unis et le Royaume-Uni. Les scientifiques sont en contact permanent avec les différents pays de l'Union européenne intéressés par la vaccination mais prudents à cause des risques à l'exportation. Les Pays-Bas font actuellement des essais sur les élevages de poules pondeuses et la Hongrie, très impactée par la grippe aviaire, évolue aussi dans ce sens.



© Adobe Stock



Et pour demain ? Vers un vaccin universel contre la grippe aviaire

La vaccination est un des moyens les plus efficaces pour lutter contre le virus H5N1 qui provoque la grippe aviaire. Mais, les vaccins actuellement utilisés confèrent une protection limitée aux animaux. Ils ciblent la protéine majeure de surface du virus qui mute et varie au cours du temps. Cette variabilité réduit l'efficacité du vaccin et favorise l'émergence de nouvelles souches de virus. En collaboration avec l'université de Montréal, les scientifiques d'INRAE ont conçu une nouvelle formulation vaccinale à base de nanoparticules dite universelles qui protège les animaux contre les souches hautement pathogènes H5N1. Les résultats montrent que les poulets sont protégés à 100 % contre la grippe aviaire et ne transmettent plus le virus. Ces résultats, qui font l'objet d'un dépôt de brevet, constituent une première dans la lutte contre cette maladie.



© Adobe Stock



La coccidiose est la maladie parasitaire la plus dommageable en élevage avicole pour la santé des animaux et du point de vue économique. En 2020, le coût mondial de cette maladie est estimé à 12 milliards d'euros. La coccidiose est causée par plusieurs espèces de parasites intestinaux du genre *Eimeria*. C'est une maladie fortement contagieuse qui n'est en général détectée que lorsque la charge parasitaire est forte. L'infection par les parasites conduit à des symptômes divers selon la souche d'*Eimeria* incluant une inflammation de l'intestin, une perte d'appétit et de poids, la présence de sang ou de mucus dans les fientes et un état apathique de l'animal. Elle est traitée avec des médicaments anticoccidiens, mais des résistances commencent à apparaître.

© INRAE - C. Maître



Prévenir les maladies parasitaires par l'alimentation

La coccidiose est la maladie parasitaire la plus dommageable en élevage avicole [encadré ci-dessus]. L'utilisation prolongée des anticoccidiens conduit à l'apparition de souches résistantes du parasite *Eimeria*. C'est pourquoi les scientifiques d'INRAE travaillent sur des moyens de lutte alternatifs. Ils s'intéressent à l'utilisation d'extraits naturels de plantes et d'huiles essentielles à incorporer dans l'alimentation des volailles. En collaboration avec la société IDENA, qui produit des aliments pour les animaux d'élevage, les scientifiques ont évalué 36 de leurs composés et une vingtaine d'associations de composés.

Ils ont mis au point des tests en laboratoire pour évaluer l'impact de ces actifs naturels sur les différents stades du cycle du parasite : lorsqu'il est libre dans l'intestin, lorsqu'il se développe dans les cellules intestinales et lors du stade servant à sa dissémination. Pour ces tests, les scientifiques ont développé des souches du parasite qui émettent une molécule bioluminescente permettant de les quantifier facilement et précisément. À partir de ces tests en laboratoire, IDENA a développé la gamme alimentaire Forcix Py intégrant des composés naturels anti-*Eimeria* pour prévenir la coccidiose

**La gamme alimentaire
Forcix Py intègre des
composés anti-*Eimeria*
pour prévenir
la coccidiose**

dans les élevages de volailles. Les tests développés dans le cadre de cette collaboration sont toujours utilisés par les scientifiques INRAE dans le cadre de la recherche et en collaboration avec plusieurs partenaires dans le secteur de l'alimentation animale. Des travaux sont notamment en cours avec OLMIX pour identifier des composés anti-*Eimeria* issues d'algues provenant de Bretagne.



Des plantes pour traiter les parasites dans les élevages porcins

© Adobe Stock



Les porcs élevés en plein air dans les élevages à bas intrants sont particulièrement exposés aux parasites gastro-intestinaux, notamment des vers parasites et des protozoaires. Dans le cadre du projet européen PPILOW, INRAE a étudié, avec l'université des sciences agricoles et de médecine vétérinaire de Cluj-Napoca en Roumanie, les propriétés antiparasitaires de 6 plantes locales aux vertus médicinales (ail, absinthe, souci, sarriette, coriandre et courge). Les plantes ont été testées dans 2 fermes sur des groupes de porcelets, porcs en croissance et truies de races locales élevés en plein air. Les résultats montrent que toutes les plantes testées sont efficaces sur au moins un type de parasite (réduction de plus de 70 % des œufs de parasites dans les fèces). L'ail et la sarriette en particulier ont de bons effets antiparasitaires globaux, les autres plantes étant plus spécifiques d'une espèce ou d'un type de parasite. Les travaux se poursuivent en Roumanie pour tester des associations de différentes plantes en vue d'augmenter le spectre des parasites traités. Ces résultats obtenus doivent être confirmés dans d'autres types d'élevage et races de porcs. Ils sont prometteurs pour réduire l'usage des produits antiparasitaires en élevage porcin et le développement de résistances.

Le projet PPILOW a bénéficié du soutien du programme Recherche et Innovation de l'Union européenne Horizon 2020 sous l'accord de financement 816172.

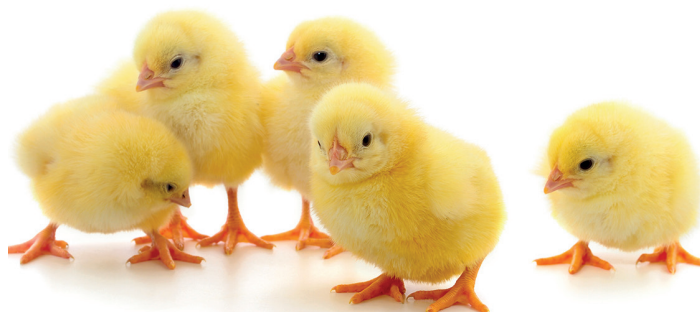
Des probiotiques pour les poulets contre les salmonelles

Les salmonelles sont la deuxième cause d'intoxication alimentaire chez l'humain, par le biais d'aliments contaminés, en particulier la viande de volaille et les produits à base d'œufs. Ces bactéries vivent naturellement dans le tube digestif des animaux, en particulier chez les volailles, souvent porteurs sains, c'est-à-dire sans symptôme. Chez les volailles, certains individus sont super excréteurs, c'est-à-dire qu'ils rejettent une charge élevée de salmonelles dans leurs excréments, ce qui favorise la contamination de l'environnement et des autres animaux. À l'inverse, d'autres individus sont naturellement plus résistants à l'infection et faibles excréteurs. Pour mieux comprendre ces différences entre forts et faibles excréteurs, des scientifiques d'INRAE ont mené une étude sur des poussins infectés par *Salmonella Enteritidis*, qui est la principale source de contamination humaine. Ils ont étudié l'impact d'un cocktail de 4 bactéries commensales (pouvant coloniser le microbiote sans provoquer de maladie), nommé Mix4, qui favorise la faible excrétion de salmonelles. Ils ont découvert que le phénomène de super ou faible excrétion s'explique par l'action conjointe de la réponse immunitaire et de la composition du microbiote intestinal des poussins. L'inoculation du Mix4 à la naissance agit à deux niveaux. Il stimule précocement la

Un cocktail de 4 bactéries commensales qui favorise la faible excrétion de salmonelles

réponse immunitaire, dès le premier jour après son administration, puis modifie de manière durable le microbiote intestinal, favorisant un environnement fermentatif qui freine le développement de *Salmonella Enteritidis*. À l'inverse, chez les poussins non traités à la naissance par le Mix4, la réponse immunitaire est plus tardive, plus faible, et souvent

pro-inflammatoire qui induit un microbiote moins protecteur, ce qui facilite la multiplication de salmonelles. Ces travaux ouvrent la voie à de nouvelles stratégies de prévention, en misant sur la modulation du microbiote pour renforcer les défenses naturelles des volailles. Cette approche est particulièrement prometteuse pour réduire les risques de contamination alimentaire à la source – dans les élevages – et ainsi mieux protéger la santé humaine.



© Adobe Stock

Sélectionner les vaches pour leur **résistance à la paratuberculose**

Depuis 2014, un consortium de recherche mène des travaux pour améliorer la résistance génétique à la paratuberculose chez les bovins, une maladie qui ne dispose d'aucun traitement [encadré p. 9]. Dans le cadre du projet PARADIGM, conduit sur les races laitières Holstein et Normande, les scientifiques ont démontré l'existence d'un déterminisme génétique de la résistance à la paratuberculose. La part génétique dans le caractère de résistance à la paratuberculose est estimée à 15 %. Les données issues du projet ont permis de constituer des populations de référence de grande taille pour obtenir des indicateurs génomiques suffisamment précis pour prévoir la résistance génétique des bovins à la paratuberculose. Ces travaux ont abouti à la mise en place du calcul hebdomadaire d'indicateurs génomiques en race Holstein en 2022 et en race Normande en 2024. Chaque animal se voit attribuer un des 4 indicateurs



Des indicateurs génomiques de résistance à la paratuberculose en races Holstein et Normande

génomiques suivants : très sensible, sensible, standard ou résistant à la paratuberculose. Ces indicateurs sont utilisés pour écarter les animaux les plus sensibles de la reproduction dans la race et choisir les taureaux porteurs de résistance dans les élevages les plus exposés à la maladie. La combinaison des plans de maîtrise sanitaire avec des plans d'accouplement, basés sur les indicateurs de résistance, offre

de nouveaux outils aux éleveurs pour gérer la maladie de façon proactive et améliorer la santé et la productivité de leur troupeau. Les travaux se poursuivent pour étendre à d'autres races l'évaluation pour la résistance génétique à la paratuberculose, en particulier les races Limousine et Blonde d'Aquitaine en production de viande.

Sélectionner les béliers sur la **résistance au parasitisme**

Les scientifiques d'INRAE ont développé un protocole pour évaluer la résistance des béliers aux strongles gastro-intestinaux et estimer les valeurs génétiques et génomiques de leur résistance à des fins de sélection. Les filles issues de pères résistants excrètent en moyenne 2 fois moins d'œufs que celles issues de béliers sensibles en race Manech Tête Rousse. Ce savoir-faire a été transmis à la coopérative Centre départemental élevage ovin (CDEO) qui évalue 300 béliers par an pour les races Manech Tête Rousse et Basco béarnaise, dans le cadre du projet PHENOPASTO (porté par la CDEO et FEDATEST avec Idele et INRAE). Le service est disponible pour l'ensemble des races ovines et caprines. Ainsi, il est déjà étendu aux races Blanche du Massif Central,

Limousin, Lacaune, Causses du Lot, mais aussi aux caprins. Les évaluations génétiques des animaux sont diffusées aux organismes de sélection et contribuent au choix des reproducteurs. L'objectif pour les éleveurs est d'augmenter la résistance des animaux à ces parasites et de réduire l'usage des produits antiparasitaires et les surcoûts liés à l'infestation. La sélection génétique est un des outils durables de la lutte contre le parasitisme, aux côtés de la gestion optimisée des traitements et d'une conduite adaptée du pâturage pour réduire la pression parasitaire sur les troupeaux. C'est la combinaison de ces différents leviers qui assure une plus grande efficacité dans la lutte contre le parasitisme gastro-intestinal des petits ruminants.



Les Strongles gastro-intestinaux sont des vers parasites qui affectent principalement les ruminants en élevage. Les animaux y sont exposés dès qu'ils sortent au pâturage. Ces parasites provoquent des retards de croissance et des baisses de production laitière, en particulier chez les brebis et les chèvres. Ils entraînent des pertes de production en élevage et une augmentation des coûts pour les traitements. Depuis plusieurs années, les phénomènes de résistance aux produits antiparasitaires prennent de l'ampleur, en particulier dans les élevages de petits ruminants. Ils conduisent à repenser la gestion des strongles en combinant plusieurs approches comme la sélection génétique et l'alimentation.

2

La gestion sanitaire à l'échelle des élevages et des territoires

Les pratiques d'élevages sont un levier essentiel pour éviter la propagation de maladies. Il s'agit bien sûr de la mise en œuvre de mesures de biosécurité comme le nettoyage des bâtiments et du matériel, la délimitation de zones strictes dans l'élevage pour éviter les contaminations ou la quarantaine de nouveaux animaux, mais aussi de pratiques visant à réduire et mieux utiliser les médicaments pour éviter le développement de résistances. La gestion des maladies est également centrale pour réduire les risques de propagation et des travaux en sciences sociales visent à améliorer la coordination entre les différents acteurs impliqués (éleveurs, filières, vétérinaires, décideurs publics).

Optimiser la distribution d'antibiotiques en élevage porcin

La résistance aux antibiotiques est un enjeu de santé publique majeur. En élevage porcin, lorsqu'il y a besoin d'un traitement antibiotique, le médicament est distribué dans l'eau de boisson des cases où les animaux en ont besoin. La dose de médicament nécessaire est diluée dans l'eau pour être distribuée à concentration constante durant le temps du traitement. Mais la distribution globale de l'antibiotique dans

l'eau ne permet pas de contrôler la dose réellement ingérée par l'animal. En effet, les porcs ont chacun des comportements d'abreuvement différents. Certains boivent d'un coup en grandes quantités à quelques moments précis de la journée, d'autres boivent de façon plus étalée dans le temps. Ces variations font que certains animaux peuvent être sous-exposés à l'antibiotique qui devient moins efficace et favorise le développement de bactéries résistantes. INRAE, en collaboration avec l'Ifip (Institut du porc), travaille pour optimiser la distribution des antibiotiques afin

d'améliorer leur efficacité et réduire les quantités distribuées. Les scientifiques ont d'abord étudié les comportements d'abreuvements collectifs dans des élevages expérimentaux pour connaître les périodes de la journée où les animaux boivent le plus. Ils ont ensuite testé différentes modalités de distribution de la dose d'antibiotiques en fonction de ces comportements. La distribution d'une dose d'antibiotiques plus élevée à des heures précises de la journée où les porcs s'abreuvent le plus est la méthode la plus efficace. Elle permet de concentrer les doses sur une courte durée afin de maximiser l'exposition du groupe à l'antibiotique et réduire le nombre de porcs sous-exposés. Cette méthode peut être adaptée à chaque élevage en étudiant les comportements spécifiques d'abreuvement des porcs. Avec la modernisation et la numérisation des élevages, d'autres pistes sont explorées grâce à l'identification individuelle des porcs par des puces RFID. Ces puces permettent une identification et un traitement individuel de chaque animal qui est reconnu par le distributeur de nourriture ou d'eau. L'idée serait de distribuer une gélule contenant la dose optimale d'antibiotiques lorsque l'animal identifié vient se nourrir. L'objectif serait d'aller vers des traitements individualisés adaptés à chaque animal pour optimiser et réduire les quantités d'antibiotiques utilisés en élevage.

Distribuer une dose d'antibiotiques plus élevée à des périodes de la journée où les porcs s'abreuvent le plus est la méthode la plus efficace



© INRAE - B. Nicolas



Lutter contre l'antibiorésistance : plusieurs leviers à combiner

L'OMS considère la résistance aux antibiotiques comme l'une des plus graves menaces pesant sur la santé mondiale, la sécurité alimentaire et le développement. C'est pourquoi il est nécessaire de limiter au maximum l'usage des antibiotiques. En santé animale, la France déploie depuis 2011 le plan Ecoantibio pour réduire l'usage des antibiotiques en médecine vétérinaire. Entre 2011 et 2023 il a permis de réduire de près de 50 % l'usage des antibiotiques, jusqu'à -67 % et -64 % respectivement en élevages avicole et porcin. La réduction des antibiotiques combine plusieurs leviers sur lesquels travaille INRAE. Tout d'abord, cela passe par la prévention, en rendant les animaux plus robustes et résistants aux maladies. Par exemple, l'étude de leur microbiote intestinal et de bactéries pour stimuler l'immunité des animaux ou la sélection génétique pour améliorer la résistance naturelle aux maladies. Les scientifiques travaillent aussi sur des alternatives pour améliorer l'efficacité des antibiotiques par l'ajout de bactériophages qui tuent des bactéries ou de molécules antibiofilms qui cassent la structure des biofilms (amas de microorganismes maintenus ensemble et protégés par des substances glucidiques semblables à de la colle). Enfin, ils travaillent sur les modalités d'utilisation et de distribution en élevage pour optimiser les doses utilisées. C'est la combinaison de ces différents leviers qui permet de réduire durablement l'usage des antibiotiques en élevage.

Le pâturage mixte pour diluer les parasites

Les élevages herbagers sont très exposés aux parasites, notamment aux strongles gastro-intestinaux [encadré p. 19]. Mais certains parasites sont spécifiques d'une espèce animale. S'ils sont consommés par une autre espèce, leur cycle s'interrompt. En s'appuyant sur cette particularité, les scientifiques ont étudié pendant 6 ans un système herbager allaitant associant ovins et bovins pour réduire la charge parasitaire des animaux et favoriser l'engraissement à l'herbe. Dans ce système mixte, tous les animaux pâturent ensemble entre la mise à l'herbe et le sevrage des agneaux fin juillet. Puis les agneaux sevrés, particulièrement sensibles aux parasites, pâturent les prairies en repousse après fauche. En effet, ces parcelles sont peu infestées par les parasites, car elles n'ont pas encore été pâturées, et les parasites résiduels sont exposés à la lumière et au soleil lors de la fauche de l'herbe. Pour les autres animaux, un pâturage dit séquentiel est pratiqué qui tient compte du différentiel de besoins nutritionnels des différents lots : les vaches avec les veaux pâturent les parcelles en premier, les brebis taries ensuite. La charge parasitaire des animaux est surveillée en



© Adobe Stock

Le pâturage mixte
réduit de 20 %
les traitements
antiparasitaires
chez les ovins

comptant les œufs de parasites présents dans leurs fèces. Pour les agneaux, un traitement antiparasitaire est administré lorsque cette charge dépasse 500 œufs de strongles/g de fèces. Bien que la gestion des troupeaux soit plus complexe et le coût de clôture plus élevé, le système d'élevage mixte montre de nombreux atouts, notamment pour les ovins. Il a ainsi permis de réduire de 20 % le

nombre de traitements antiparasitaires. Par ailleurs, tous les agneaux ont fini leur engraissement à l'herbe, ce qui a permis un gain économique (marge brute par unité gros bovin de 10 %) et une meilleure qualité nutritionnelle de la viande. En revanche, dans le système non mixte 15 % d'entre eux ont dû finir leur engraissement en bergerie.

Gestion des tiques en élevage : le modèle des régions tropicales



© INRAE - ASSET

Un test sérologique pour évaluer la résistance des bovins aux tiques développé en Guadeloupe

Les tiques sont les premiers vecteurs de maladies en élevage. En élevage bovin, elles dégradent le bien-être animal, entraînent une augmentation de la mortalité des animaux et des pertes de production, et peuvent transmettre des maladies aux humains. Elles représentent une menace majeure pour la sécurité alimentaire et sanitaire des populations, en particulier en Afrique subsaharienne. Dans les régions tropicales, les agriculteurs ont développé des pratiques pour gérer ces parasites. En collaboration avec des scientifiques du Togo et de la Côte d'Ivoire, les scientifiques d'INRAE ont étudié ces pratiques qui apportent des enseignements précieux pour la gestion des tiques à l'échelle globale. Il se dégage

un modèle de gestion intégrée reposant sur 3 axes. Le premier axe porte sur l'utilisation de plantes bioactives contre les tiques ayant des effets répulsifs ou acaricides. Issues des savoirs des agriculteurs locaux, elles permettent de réduire l'usage des acaricides et le développement de résistances. Le second axe porte sur la gestion du pâturage. L'implantation de plantes bioactives, la pratique du pâturage tournant, la suppression des épineux et la limitation de la hauteur de la végétation réduisent le nombre de tiques. Le troisième axe porte sur l'amélioration de la résistance des animaux aux tiques par la sélection génétique. Les races tropicales ont co-évolué avec

les tiques. Elles sont plus résistantes aux tiques et présentent une grande diversité génétique. En

Guadeloupe, les scientifiques d'INRAE ont développé un test sérologique spécifique pour évaluer la résistance des bovins aux tiques. En collaboration avec des universités du Togo et de la Côte d'Ivoire, un projet est lancé en 2025, financé par l'initiative internationale TSARA, pour évaluer la résistance aux tiques des cheptels bovins d'éleveurs volontaires de Guadeloupe, du Togo et de la Côte d'Ivoire. L'objectif à terme est de développer un schéma de sélection sur la résistance aux tiques qui pourrait également s'appliquer dans les élevages de zones tempérées.



Un guide pratique pour la gestion des tiques en Guadeloupe

INRAE a contribué au projet TISARU, piloté par le Cirad, en Guadeloupe. Pendant 2 ans, les scientifiques ont mené des enquêtes et des prélèvements dans 124 élevages de l'archipel pour faire un état des lieux des tiques et autres parasites et des maladies qu'ils transmettent. Ils ont pu produire des cartographies des maladies circulant sur l'archipel et des résistances aux produits acaricides et antiparasitaires. Un guide pratique à destination des éleveurs leur donne des conseils pour la gestion des tiques et parasites. Il repose sur les pratiques d'élevage pour réduire la présence de tiques, le renforcement de la résistance des animaux par l'alimentation, l'utilisation raisonnée des traitements, la sélection des animaux les plus résistants pour la reproduction et l'utilisation de la race Créole plus adaptée et résistante aux tiques et aux maladies.

Simplifier la détection de la résistance des vers parasites aux traitements pour guider les choix thérapeutiques

Dès qu'ils vont au pâturage, les ruminants peuvent être infectés par des strongles gastro-intestinaux, des vers parasites [encadré p. 19]. Depuis les années 1950, plusieurs médicaments antiparasitaires ont été développés pour lutter contre les strongles, mais des résistances apparaissent. Un test de référence existe pour repérer ces résistances mais il est coûteux et complexe. Il consiste à quantifier les œufs de strongles présents dans les fèces des animaux au moment du traitement et quelques jours après, pour évaluer son efficacité. Mais, il prend du temps, nécessite la contention des animaux à 15 jours d'intervalle pour les prélèvements de leurs fèces qui seront analysées en laboratoire vétérinaire. Paradoxalement, il contribue à la résistance aux produits antiparasitaires puisqu'il ne peut s'appliquer que lorsqu'un traitement est

administré. Les scientifiques d'INRAE se sont inspirés de l'antibiogramme, un test utilisé en médecine humaine et vétérinaire pour détecter la résistance des bactéries aux antibiotiques. En partenariat avec la société Invenesis, ils développent une nouvelle technologie qui teste l'efficacité de différentes molécules antiparasitaires sur les larves de strongles prélevées dans les fèces d'animaux. Le débit actuel de la technologie permet de réaliser 400 tests par jour et elle est utilisée par l'industrie pharmaceutique pour cribler des molécules et développer de nouveaux traitements. Un projet européen, Anthelmogram, piloté par INRAE, est en cours pour adapter cette technologie en outil diagnostic auprès des coopératives et des filières. Ce nouveau test permettrait de détecter de façon quasi-immédiate les molécules auxquelles les strongles sont résistants. Des tests sont

actuellement en cours dans 200 fermes en Europe pour permettre à la fois de tester l'outil diagnostic mais également de commencer une cartographie de la résistance des strongles aux antiparasitaires en Europe. En France, 2 projets sont développés en collaboration avec les écoles vétérinaires pour la mise en place de cet outil diagnostic pour les bovins et les ovins. Cette nouvelle technologie permettrait un diagnostic massif et rapide de la résistance aux antiparasitaires pour mieux cibler les traitements dans une logique d'utilisation raisonnée des médicaments en élevage.

Vers un diagnostic massif et rapide pour détecter la résistance des strongles aux antiparasitaires



© INRAE - C. Maître



Des tests de résistance aux antiparasitaires aussi pour les chevaux

Les risques de résistance aux produits antiparasitaires sont particulièrement élevés dans les élevages de chevaux du fait d'une utilisation systématique et fréquente de médicaments antiparasitaires, y compris en préventif. En plus des strongles, les chevaux sont sensibles à une mouche dont les larves se développent dans leur estomac. Les scientifiques d'INRAE mènent des travaux en partenariat avec l'Anses pour identifier des marqueurs de résistance de ces parasites et développer des tests spécifiques pour la filière équine.



La fièvre Q, causée par la bactérie *Coxiella burnetii*, peut entraîner des avortements chez les brebis, chèvres et vaches. Pour les humains, elle est souvent asymptomatique ou se traduit par un syndrome grippal, mais peut aussi entraîner des complications. Pour les femmes enceintes, elle peut provoquer des avortements ou naissances prématurées. Les principaux réservoirs pour la transmission aux humains sont les ruminants, qui peuvent excréter la bactérie en quantités importantes en période de mise bas et la transmettre par voie aérienne. La fièvre Q est classée dans les maladies professionnelles mais elle n'est pas une maladie humaine à déclaration obligatoire. En revanche, depuis 2021 en l'Union européenne, la fièvre Q animale est soumise à déclaration et surveillance obligatoire en élevages de ruminants. La Plateforme d'épidémiologie et de surveillance en santé animale (ESA) a créé un groupe de travail dédié dès 2019.



© INRAE - E. Jourdain

Inclure la vision des éleveurs dans les politiques publiques sanitaires

La bactérie *Coxiella burnetii*, responsable de la fièvre Q, peut infecter la plupart des animaux et les humains

Prendre en compte les perspectives de chacun pour repenser la gestion d'une maladie en partant du terrain

[encadré ci-dessus]. Parfois, des cas humains groupés surviennent. Les pouvoirs publics font alors appel à des experts pour analyser les risques, recommander des investigations et des mesures de gestion. Toutefois, du fait des nombreuses incertitudes qui persistent sur cette maladie, la préconisation de mesures de gestion est complexe et parfois trop

déconnectée du terrain. Les scientifiques d'INRAE, en collaboration avec l'Anses et des anthropologues, ont conduit une étude transdisciplinaire visant à comprendre le point de vue des éleveurs sur la fièvre Q et sa gestion. Ils ont mené des enquêtes anthropologiques auprès d'éleveurs, de professionnels de la santé animale et humaine et de malades atteints de la fièvre Q. Par leur relation quotidienne avec leurs animaux, les éleveurs développent une expertise et des compétences sur la gestion de la santé de leur élevage. Mais cette expertise n'est pas officiellement reconnue. La façon dont les éleveurs vivent la fièvre Q dépend du niveau de délégation qu'ils accordent aux experts de la santé (vétérinaires, conseillers agricoles, autorités sanitaires...). Plus le niveau de délégation augmente, moins les éleveurs ont de prise sur la gestion

de la santé et le bien-être de leurs animaux. Il y a un risque qu'ils perdent confiance dans leur propre expertise et qu'ils ressentent un mal-être si la gestion sanitaire se passe mal. Ces résultats d'enquêtes ont servi de base pour concevoir le dispositif ZOOJEU. Développé avec les éleveurs, les professionnels de la santé animale et humaine et des patients atteints de la fièvre Q, ce jeu sérieux simule une situation de crise liée à la fièvre Q en représentant sur un plateau toutes les composantes du monde des éleveurs : depuis les fourrages jusqu'aux textes réglementaires en passant par les microbes. Les équipes regroupant des éleveurs et des acteurs de la santé animale et humaine doivent trouver une voie commune pour sortir de la crise liée à la fièvre Q. Le dispositif rend visible les non-dits, les problématiques et les enjeux de chaque acteur. La prise en compte des perspectives de chacun permet de repenser la conception des options de gestion d'une maladie en partant du terrain et en prenant en compte sa spécificité. ZOOJEU a également été utilisé à plusieurs reprises à des fins pédagogiques et des démarches sont en cours pour systématiser son utilisation dans les lycées agricoles. De ZOOJEU est également né Transitions-ZOOJEU. Ce dispositif s'intéresse globalement aux interactions entre risques de maladie en élevage, bien-être et santé humaine et animale. Le Conseil territorial de santé des Deux-Sèvres est en contact avec les scientifiques pour utiliser ce dispositif et développer de nouvelles approches de gestion de la santé.

Territoires de santé: partir des spécificités du terrain pour la gestion de la santé

La prévention et la lutte contre les maladies animales infectieuses réglementées, comme l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) ou la peste porcine africaine (PPA), font l'objet de nombreux règlements nationaux et européens, sur la base desquels sont construits les dispositifs opérationnels de gestion épidémique. Mais d'un territoire à l'autre, la configuration des secteurs d'élevage est très variable (élevages en circuit court/long, sous labels, densité d'animaux domestiques et sauvages, distribution spatiale des cabinets vétérinaires, intensité des transports...). Cette diversité explique que l'introduction d'un agent pathogène infectieux ne crée pas la même situation selon les territoires. La dynamique de l'épidémie, les ressources pour sa gestion, et l'impact même sur les élevages, pourront être très différents selon que l'on se situe en Bretagne ou en Corse par exemple. L'approche « Territoire de santé », développée par les scientifiques d'INRAE, vise à croiser les différents cadres d'analyse du problème

sanitaire selon différentes disciplines (vétérinaires, épidémiologistes, économistes, géographes...) en intégrant les acteurs des territoires pour comprendre et accompagner la situation épidémique et adapter les dispositifs de gestion. À INRAE, l'approche « Territoire de santé » a été initiée en Corse pour gérer les enjeux propres à la biosécurité des élevages porcins de plein air, suite à l'introduction de la PPA en Belgique en 2018. Elle a permis d'adapter les mesures nationales de biosécurité et

de co-construire avec les acteurs locaux (agriculteurs, élus, professionnels de la santé...) un plan régional sanitaire porcin adapté aux spécificités du territoire. Depuis, d'autres initiatives s'inspirent de cette approche pour gérer d'autres situations sanitaires dans les territoires (IAHP dans le Sud-Ouest par exemple). Le Territoire de santé est une preuve de concept permettant aux acteurs des territoires, acteurs de l'État et scientifiques de concevoir et mettre en œuvre de politiques sanitaires adaptées localement.



© INRAE - C. Maitre



Des défis internationaux de modélisation pour améliorer la prévention sanitaire

En 2021 a eu lieu le premier défi international de modélisation en santé animale, appliqué à la propagation de la peste porcine africaine. Les modèles mathématiques permettent de simuler le devenir d'une épidémie sous différents scénarios de gestion (confinement, vaccination, etc.) et contribuent ainsi à aider les décideurs publics et les gestionnaires du risque à maîtriser la propagation des maladies infectieuses. Les défis de modélisation permettent de préparer « en temps calme » les équipes internationales de modélisation pour faire face aux futures épidémies et fournir rapidement « en temps de crise » des informations factuelles pour éclairer les décisions politiques et sanitaires. En santé humaine, de tels défis ont contribué à améliorer la capacité de réponse aux maladies comme Ebola, la dengue ou la grippe saisonnière. Sur la peste porcine africaine, 5 équipes internationales ont travaillé sur une épidémie virtuelle dans un contexte européen typique. Les résultats de ce défi montrent que les modèles ensemblistes, s'appuyant sur plusieurs modèles de prévision de propagation de l'épidémie, sont les plus performants. La prise en compte de l'interface bétail/faune sauvage a été essentielle pour accroître l'efficacité de la maîtrise de l'épidémie. Lancé en 2026, le prochain défi international portera sur la grippe aviaire hautement pathogène.

Le prochain défi se fera dans le cadre du projet Horizon Europe WiLiMan-ID qui vise à améliorer la prévention, la surveillance et le contrôle des 5 maladies animales classées de haute priorité par l'Union européenne.



Contacts scientifiques

Coordinatrice scientifique

Pauline Ezanno / pauline.ezanno@inrae.fr

Cheffe du département scientifique Santé animale

01

Renforcer la surveillance :
clé pour le dépistage
des maladies et la détection
des épidémies émergentes

**Vers une application pour aider à gérer les
maladies respiratoires des jeunes bovins**

Sébastien Picault / sebastien.picault@inrae.fr

UMR Bioepar / Dpt SA / INRAE Pays de la Loire

**Vidéo-surveillance du bien-être
et de la santé des volailles**

Didier Concordet / didier.concordet@envt.fr

UMR Intheres / Dpt SA / INRAE Occitanie-Toulouse

**Outil innovant de diagnostic
de la paratuberculose**

Franck Biet / franck.biet@inrae.fr

UMR ISP / Dpts SA et MICA / INRAE Val de Loire

Sylvie Bay / sylvie.bay@pasteur.fr

UMR Chem4Life / Institut Pasteur

**La plateforme d'épidémiosurveillance
en santé animale (ESA)**

Céline Dupuy / celine.dupuy@anses.fr

Coordinatrice de la plateforme ESA / Anses

**Prédire la trajectoire des moucheron
porteurs de maladies**

Amandine Bibard /

amandine.bibard@boehringer-ingelheim.com

Boehringer Ingelheim Animal Health France

Karine Chavet-Monfray / karine.chavet-monfray@inrae.fr

UMR EPIA / Dpt SA / INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes /

VetAgro Sup

Thomas Porphyre / thibaud.porphyre@vetagro-sup.fr

Chaire industrielle en Santé publique vétérinaire / VetAgro Sup

**Un nouvel outil pour mieux tracer
les élevages infectés par la grippe aviaire**

Sébastien Lambert / sebastien.lambert@envt.fr

UMR IHAP / Dpt SA / INRAE Occitanie-Toulouse et ENVT

**Optimiser l'échantillonnage
pour limiter le coût des épidémies :
exemple de la grippe aviaire**

Jean-Philippe Terreaux / jean-philippe.terreaux@inrae.fr

UR ETIS / Dpt ECOSOCIO / INRAE Nouvelle-Aquitaine-Bordeaux

02

**La prévention : clé pour la santé
des animaux et des territoires**

**Le vaccin : la meilleure assurance
contre la grippe aviaire**

Jean-Luc Guérin / jean-luc.guerin@envt.fr

UMR IHAP / Dpt SA / INRAE Occitanie-Toulouse et ENVT

**Prévenir les maladies parasitaires
par l'alimentation**

Fabrice Laurent / fabrice.laurent@inrae.fr

UMR ISP / Dpts SA et MICA / INRAE Val de Loire

**Des probiotiques pour les poulets
contre les salmonelles**

Florent Kempf / florent.kempf@inrae.fr

UMR ISP / Dpts SA et MICA / INRAE Val de Loire

**Sélectionner les vaches
pour leur résistance à la paratuberculose**

Marie-Pierre Sanchez / marie-pierre.sanchez@inrae.fr

UMR GABI / Dpt GA / INRAE Île-de-France-Jouy-en-Josas-Antony

Christine Fourichon / christine.fourichon@inrae.fr

UMR Bioepar / Dpt SA / INRAE Pays de la Loire

**Sélectionner les béliers
pour leur résistance au parasitisme**

Frédéric Douhard / frederic.douhard@inrae.fr

UMR Genphyse / Dpt GA / INRAE Occitanie-Toulouse

Jean-Michel Astruc / jean-michel.astruc@idele.fr / IDELE

**Optimiser la distribution
d'antibiotiques en élevage porcin**

Alain Bousquet-Mélou / alain.bousquet-melou@inrae.fr

UMR Intheres / Dpt SA / INRAE Occitanie-Toulouse

**Gestion des tiques en élevage :
le modèle des régions tropicales**

Jean-Christophe Bambou / jean-christophe.bambou@inrae.fr

UR ASSET / Dpts GA et PHASE / INRAE Antilles-Guyane

**Simplifier la détection de la résistance
des vers parasites aux traitements
pour guider les choix thérapeutiques**

Fabrice Guégnard / fabrice.guegnard@inrae.fr

Cédric Neveu / cedric.neveu@inrae.fr

UR ISP / Dpts SA et MICA / INRAE Val de Loire

Le pâturage mixte pour diluer les parasites

Sophie Prache / sophie.prache@inrae.fr

UMR Herbivores / Dpt PHASE /

INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes

**Inclure la vision des éleveurs
dans les politiques publiques sanitaires**

Elsa Jourdain / elsa.jourdain@inrae.fr

UMR EPIA / Dpt SA / INRAE Clermont-Auvergne-Rhône-Alpes

**Territoires de santé : partir des spécificités
du terrain pour la gestion de la santé**

François Charrier / francois.charrier@inrae.fr

UMR Lisis / Dpts ACT et ECOSOCIO /

INRAE Île-de-France-Versailles-Saclay



Dpt / Département scientifique

UMR / Unité mixte de recherche

UR / Unité de recherche

Conception/rédaction :

Service Médias et opinion – INRAE Direction de la communication

Coordinateur scientifique :

Pauline Ezanno, cheffe du département scientifique Santé animale

Conception graphique :

Studio graphique – INRAE Direction de la communication

Photo de couverture : © Adobe Stock



Centre-siège Paris-Antony
Service Médias et opinion
Tél. : +33 (0)1 42 75 91 86
presse@inrae.fr

Rejoignez-nous sur :



inrae.fr/presse

**Institut national de recherche pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement**



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

INRAE