



HAL
open science

Principes, cadre d'analyse et leviers d'action a l'échelle de l'élevage pour une gestion intégrée de la santé chez les animaux monogastriques

Laurence Fortun-Lamothe, Anne Collin, Sylvie Combes, Stéphane Ferchaud, Karine Germain, Laurence A. Guilloteau, Mélanie Gunia, Nathalie Le Floc'H, Claire Manoli, Lucile Montagne, et al.

► To cite this version:

Laurence Fortun-Lamothe, Anne Collin, Sylvie Combes, Stéphane Ferchaud, Karine Germain, et al.. Principes, cadre d'analyse et leviers d'action a l'échelle de l'élevage pour une gestion intégrée de la santé chez les animaux monogastriques. INRAE Productions Animales, 2022, 35 (4), pp.307-326. 10.20870/productions-animales.2022.35.4.7225 . hal-03947496

HAL Id: hal-03947496

<https://hal.inrae.fr/hal-03947496v1>

Submitted on 19 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Principes, cadre d'analyse et leviers d'action à l'échelle de l'élevage pour une gestion intégrée de la santé chez les animaux monogastriques

Laurence FORTUN-LAMOTHE¹, Anne COLLIN², Sylvie COMBES¹, Stephane FERCHAUD³, Karine GERMAIN⁴, Laurence A. GUILLOTEAU², Mélanie GUNIA¹, Nathalie LEFLOC'H⁵, Claire MANOLI⁶, Lucile MONTAGNE⁵, Davi SAVIETTO¹

¹GenPhySE, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, F-31326, Castanet Tolosan, France

²INRAE, Université de Tours, BOA, 37380 Nouzilly, France

³GENESI, INRAE, F-17700, Saint-Pierre d'Amilly

⁴EASM, INRAE, Le Magneraud, F-17700, saint-Pierre d'Amilly

⁵PEGASE, INRAE, Institut Agro, 35590, Saint Gilles, France

⁶URSE, ESA, USC INRAE F-49007, Angers

Courriel : laurence.lamothe@inrae.fr

Résumé

La gestion intégrée de la santé animale peut être définie comme l'ensemble des connaissances et pratiques mobilisées par l'homme de manière coordonnée afin de favoriser la construction, préserver ou retrouver la santé des individus ou du troupeau au sein du système d'élevage. Elle se fonde sur la mobilisation conjointe de trois principes complémentaires: (P1) prévenir l'apparition des maladies en limitant les situations à risques et le contact avec les éléments nuisibles (agents pathogènes, éléments toxiques), (P2) utiliser des animaux résistants ou développer leurs capacités adaptatives, (P3) soigner les animaux de façon ciblée (molécule, dose, durée). La santé se construit tout au long de la vie de l'animal pour garantir un développement harmonieux et l'intégrité physique des individus. De nombreux leviers d'action, regroupés en six dimensions (1-milieu de vie des animaux, 2-gestion de la reproduction, 3-gestion des troupeaux, 4-choix et pratiques avec les animaux, 5-alimentation et 6-pilotage de l'élevage) ont été identifiés pour atteindre cet objectif. Ces leviers peuvent avoir sur la santé un effet direct, différé, ou bien intergénérationnel. Une mobilisation cohérente de nombreux leviers a permis de réduire fortement l'usage des antibiotiques au cours des dernières années mais une marge de progrès est encore possible pour les systèmes d'élevages des monogastriques. De plus, le développement de systèmes d'élevage en phase avec les demandes sociétales (respect du bien-être animal, circuits courts et locaux, accès à l'extérieur) pose de nouveaux défis pour une gestion intégrée de la santé animale.

Abstract

Principles, analytical framework and resources in farm for integrated health management in monogastric animals. Integrated animal health management can be defined as all the knowledge and practices mobilized by humans in a coordinated manner in order to build,

41 preserve or recover the health of individuals or the herd within the breeding system. It is based
42 on the joint mobilization of three complementary principles: (P1) preventing the onset of
43 diseases by limiting risk situations and contact with harmful elements (pathogens, toxic
44 elements), (P2) using resistant animals or developing their adaptive capacities, (P3) treating
45 animals in a targeted manner (molecule, dose, duration). Health is built throughout the animal's
46 life to ensure harmonious development and physical integrity of individuals. Numerous levers
47 of action, grouped into six dimensions (1-living environment of the animals, 2-reproductive
48 management, 3-herd management, 4-choices and practices with the animals, 5-feeding and 6-
49 farming management) have been identified to achieve this objective. These levers can have a
50 direct, delayed, or intergenerational effect on health. A coherent mobilization of many levers
51 has allowed a significant reduction in the use of antibiotics in recent years, but there is still
52 room for improvement in monogastric farming systems. In addition, the development of
53 farming systems in line with societal demands (respect for animal welfare, short and local
54 circuits, access to the outdoors) poses new challenges for integrated animal health management

55 **Chapeau**

56 Il convient de favoriser la construction de la santé des animaux pour réduire l'utilisation des
57 antibiotiques et des antiparasitaires en élevage et le développement des résistances associées.
58 Nous présentons ici les leviers disponibles en élevage pour y contribuer. Mais le développement
59 de systèmes d'élevage en phase avec les demandes sociétales (bien-être animal, circuits courts,
60 accès à l'extérieur) pose de nouveaux défis pour une gestion intégrée de la santé animale.

61 **Introduction**

62 Maitriser la santé animale (encadré 1) demeure fondamental en élevage et répond à un triple
63 enjeu : optimiser le cycle de production et réduire les pertes (enjeu économique), contribuer au
64 bien-être des animaux en en prenant soin (enjeu éthique) et limiter l'émergence de zoonoses
65 (enjeu de santé publique). Depuis leur découverte dans les années 1930, les antibiotiques et les
66 antiparasitaires, qui permettent respectivement de lutter contre les maladies infectieuses
67 d'origine bactérienne et parasitaire, ont été des éléments essentiels de la gestion de la santé
68 animale en élevage. Chez les animaux de rente, ils sont utilisés pour traiter un animal infecté
69 (traitement individuel curatif) ou pour traiter un groupe, lorsqu'une proportion du lot est malade
70 (métaphylaxie ; Anses, 2014 ; Lhermie et al., 2015). En octobre 2018, le Parlement européen
71 s'est prononcé contre l'usage préventif des antibiotiques, c'est-à-dire avant l'apparition de la
72 maladie, en traitant l'ensemble des animaux d'un lot pour lequel la probabilité de survenue de
73 la maladie est considérée comme élevée. En effet, leur utilisation massive en élevage (Anses,
74 2020) a contribué à l'apparition de résistances qui réduit leur efficacité sur les animaux et
75 peuvent être transmises à l'humain, soit par le biais d'une proximité homme-animal, soit *via* la
76 chaîne alimentaire. C'est pourquoi, la lutte contre l'antibiorésistance est devenue un défi
77 mondial de santé publique qui s'est traduit par deux plans d'actions nationaux (EcoAntibio :
78 2012-2017 et 2017-2021 ; <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecoantibio-2-2017-2021>).
79

80 **Encadré 1 : santé animale, maladie et bien-être**

81
82 Bien qu'il existe de multiples définitions de la santé animale (Gunnarson 2006), aucune ne fait consensus pour les
83 animaux de rente. Traditionnellement, la santé des animaux d'élevage a été définie par opposition à la maladie,
84 étant entendue comme une altération de la santé, et étaient fréquemment évaluée par les traits dits de production
85 (croissance, reproduction... ; Villemin, 1981). Pourtant, dès 1946, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a
86 défini la santé de manière plus englobante comme « *un état de complet bien-être physique, mental et social, [qui]*
87 *ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* ».

88 D'un point de vue physique, la maladie survient suite à un dépassement des capacités d'adaptation permettant de
89 faire face à (i) l'action d'agents pathogènes (bactéries, virus, parasites, champignons), (ii) l'exposition à des
90 substances toxiques (mycotoxines, xénobiotiques) et (iii) des conditions de vie inadaptées aux besoins de l'animal
91 (climat, ambiance, stress, milieu de vie appauvris etc.). En plus des maladies causées par un seul agent pathogène,
92 les maladies dites « de production » sont des maladies multifactorielles, infectieuses ou non, qui affectent la santé
93 et le bien-être des animaux et limitent leur productivité et celle des élevages. Elles ont également été définies
94 comme persistant et augmentant avec l'intensification de l'élevage (Le Floch et al., 2021).

95 Ainsi, la santé animale n'est pas seulement l'absence de maladie, mais une forme de résilience en tant que capacité
96 de l'animal à maintenir un équilibre physiologique et psycho émotionnel dans un environnement, y compris
97 microbien (« *vivre avec ses pathogènes* »), impermanent et parfois éprouvant (Döring et al., 2015). La santé
98 psychosociale des animaux reste largement à explorer avec la prise en compte des capacités cognitives et des
99 besoins des animaux, y compris les besoins sociaux. Mais le lien entre un état de stress et la physiologie des
100 animaux est aujourd'hui démontré (Fraser et al. 2013).

101 L'Anses (2018¹) définit le bien-être animal comme « *l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses*
102 *besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception*
103 *de la situation par l'animal* ». Santé et bien-être sont donc deux notions dont les périmètres se chevauchent sans
104 toutefois se confondre.

105 Au final, la santé est à la fois un **état** d'homéostasie qui permet la réalisation optimale des fonctions biologiques, et
106 un **processus** de maintien ou de restauration de cette homéostasie face aux évolutions du milieu de vie. Elle se
107 définit et s'évalue au niveau d'un individu ou d'un groupe d'individus.

108 ¹ URL : <https://www.anses.fr/fr/glossaire/1535>. Consulté le 08 Juin 2021.

111 Les espèces animales monogastriques sont particulièrement concernées par ces questions. Elles
112 sont aujourd'hui majoritairement élevées dans des systèmes très rationalisés où la densité
113 animale est élevée et le milieu de vie artificialisé et leurs élevages sont de forts utilisateurs
114 d'antibiotiques (Anses, 2020). Dans ce même numéro, Paul *et al.*, (2022) font le point sur
115 l'évolution de l'usage des antibiotiques dans les filières monogastriques et présentent les
116 approches développées pour le réduire. De manière complémentaire, l'objectif du présent
117 article est de définir les principes, de proposer un cadre d'analyse et d'identifier les leviers
118 d'action disponibles à l'échelle de l'animal et du système d'élevage pour une gestion intégrée
119 de la santé chez les animaux monogastriques, principalement porcs, lapins et volailles. Nous
120 illustrons ces propos en montrant comment divers leviers peuvent être combinés pour atteindre
121 cet objectif et terminons en montrant certaines limites des systèmes conventionnels actuels et
122 les défis auxquels ils vont être confrontés pour poursuivre la réduction de l'usage des
123 antibiotiques.
124

125 1. Définition et principes de la gestion intégrée de la santé animale

126 1.1. Définition et finalité

127 La gestion intégrée de la santé animale est un concept relativement récent. Décrite par Dumont
128 *et al.* (2013), elle peut être définie comme *l'ensemble des connaissances et pratiques mobilisées*
129 *par l'homme de manière coordonnée afin de construire, préserver ou retrouver la santé de*
130 *l'animal ou du troupeau au sein du système d'élevage* (système d'élevage : encadré 2). Si
131 l'éleveur en est un élément central, cette coordination peut également être le fruit d'un collectif
132 de travail impliqué de façon directe ou indirecte dans l'élevage (vétérinaire, conseiller, salarié
133 etc. ; Manoli et al., 2021 ; Gotti et al., 2021a). La gestion intégrée de la santé animale renvoie
134 à une approche globale de la santé, i.e. une vision multifactorielle, issue des travaux
135 d'écopathologie (Ganiere et al., 1991). Celle-ci se base sur un suivi régulier de l'élevage (audit
136 de la conduite d'élevage, analyse des pratiques à risques, mise en place de plans de gestion des
137 risques et réajustements) et de l'état des animaux qui le composent (symptômes, lésions...) . Il
138 s'agit de maintenir et/ou de restaurer l'équilibre sanitaire du troupeau.
139

Encadré 2 : La notion de système d'élevage

Un système d'élevage est « *un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé par l'homme en fonction de ses objectifs, pour faire produire (lait, viande, cuirs et peaux, travail, fumure...) et se reproduire un collectif d'animaux domestiques en valorisant et renouvelant différentes ressources* » (Dedieu et al., 2008). Il est composé d'un système décisionnel (l'éleveur ou un collectif de travail) qui pilote un système biotechnique (le.s atelier.s d'élevage éventuellement associé.s à un système fourrager ou de grandes cultures). Les systèmes d'élevage de porcs, lapins et volailles actuels sont, majoritairement, qualifiés d'hors sol car l'alimentation des animaux n'est pas produite sur place. Dans cette situation, le système biotechnique piloté par l'éleveur est réduit aux atelier.s de production animale, eux-mêmes spatialement réduits aux bâtiments d'élevage si les animaux n'ont pas ou peu d'accès à l'extérieur.

Un atelier d'élevage est un « *ensemble d'animaux dans leur milieu d'élevage fournissant un produit de même nature et conduits de la même façon* » (Menjon et d'Orgeval, 1983). Par exemple, en élevage porcin ou cunicole de type naisseur-engraisseur, on peut distinguer l'atelier des femelles reproductrices et celui des animaux en croissance. En élevage avicole, l'atelier des poules pondeuses est distinct de celui des reproductrices de poulets de chair (multiplication), et l'atelier accoupage (incubation des œufs et éclosion des poussins) est lui-même séparé de celui de l'élevage.

L'éleveur (ou le collectif de travail) met en cohérence ses objectifs (économiques, environnementaux, sociaux, services de production et autres services) et le pilotage de son système d'élevage. Ce pilotage est réalisé à partir des informations provenant des ateliers d'élevage (par exemple performances de production ou la santé des animaux). Les pratiques d'élevage sont les révélateurs des décisions de l'éleveur. Le couplage entre système biotechnique et décisionnel se fait de façon dynamique en imbriquant différents pas de temps selon les aléas survenant dans l'environnement du système (Dedieu et Ingrand, 2010): les choix peuvent être tactiques, à l'échelle annuelle ou du cycle de production, ou plus stratégiques, à des échelles de temps plus longues entraînant des reconfigurations du système plus fortes.

Les éleveurs agissent sous l'influence de nombreux facteurs. Leur activité est ainsi régie par des contraintes économiques et la réglementation environnementale mais aussi par normes sociales produites par le monde professionnel dans lequel ils évoluent : leurs pairs éleveurs et d'autres acteurs de la filière de production (techniciens, vétérinaires, commerciaux) qui définissent ce que sont les « bonnes pratiques », par exemple de gestion de la santé animale, ou la façon d'améliorer les rendements de leurs élevages (Darré et al, 2004 ; Compagnone). Des facteurs tels que l'aversion au risque ont également une influence forte sur les pratiques de gestion de la santé et l'usage des antibiotiques (Ducrot et al., 2018 ; Paul et al., 2021).

La gestion intégrée de la santé animale a pour finalité (i) de favoriser la construction de la santé des animaux afin qu'ils aient une trajectoire de vie harmonieuse et soient en état de bien-être et (ii) de limiter l'apparition des maladies pour pouvoir diminuer l'utilisation des intrants médicamenteux (antimicrobiens, antihelminthiques etc.). Contribuer au bien-être des animaux est lié à cette finalité (encadré 1). Du point de vue des éleveurs, l'intérêt est d'optimiser le cycle de production et de réduire les pertes (économiques et vies animales) en élevage liées aux maladies. D'un point de vue plus global, il s'agit de préserver la santé humaine (zoonoses et antibiorésistances) et celle des écosystèmes (concept One Health ; Hickman et al., 2021).

La gestion intégrée de la santé animale comporte une phase initiale de conception du système d'élevage suivie de phases successives qui enchainent évaluation de la santé (individu et groupes d'animaux) et adaptation du fonctionnement du système d'élevage au cours du temps pour atteindre l'objectif d'avoir des animaux en bonne santé.

La conception porte sur les choix fondateurs qui tiennent compte des ressources disponibles et des contraintes structurelles du système d'élevage. La dimension et l'organisation des bâtiments, l'aménagement du milieu de vie des animaux et le type génétique des animaux, le choix de mécanisation et/ou d'automatisation sont des choix qui engagent sur le long terme. Ils conditionnent le travail en élevage et le fonctionnement du système biotechnique et doivent être cohérents entre eux et adaptés aux objectifs du système. L'évaluation de la santé animale est une démarche systémique (<https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/ecopathologie/>), basée sur l'observation de l'animal ou du groupe d'animaux dans son milieu de vie. Elle vise l'identification des troubles physiques, physiologiques ou comportementaux, de leurs causes et des pratiques à risque dans le but de ne pas rester centré sur le traitement des effets de la maladie (identifier la cause plutôt que traiter les symptômes). Elle va jusqu'au diagnostic des maladies

199 basé sur l'examen clinique et l'observation comportementale de l'animal ou du troupeau ou
200 d'observation du milieu de vie. La phase d'adaptation consiste à revisiter les pratiques
201 d'élevage (stratégies d'alimentation, rythmes de reproduction, prophylaxie, critères de réforme)
202 afin d'obtenir des effets à court ou moyen terme, voire à modifier certains éléments de
203 conception du système (choix de la génétique, du mode de logement, etc.) si cela est nécessaire.
204 Cette phase est conditionnée par les objectifs de production et de métier de l'éleveur, à relier
205 aux conditions structurelles, économiques et techniques de l'exploitation (encadré 2).
206 Dans la pratique, la gestion intégrée de la santé se fonde sur la mobilisation conjointe de trois
207 principes (P) complémentaires: prévenir l'apparition des maladies (prophylaxie et biosécurité)
208 (Prévenir, P1), si le contact avec les éléments nuisibles ne peut pas être évité, utiliser des
209 animaux résistants ou développer leurs capacités adaptatives afin qu'ils y soient tolérants
210 (Résister ou tolérer, P2), et si la maladie survient malgré tout, traiter les animaux de façon
211 raisonnée (Traiter, P3). Ces 3 principes sont développés ci-dessous.

212 **1.2. Prévenir (Principe 1)**

213 La prévention consiste à éviter les situations à risques, c'est-à-dire celles qui sont de nature à
214 dépasser les capacités adaptatives de animaux (contact avec les agents pathogènes, inconfort,
215 agression etc.). L'adéquation du milieu de vie et des pratiques aux besoins physiologiques,
216 comportementaux et aux attentes des animaux est un élément essentiel de la prévention des
217 maladies. Concrètement en élevage, divers leviers d'action sont disponibles pour atteindre cet
218 objectif (voir section 3.1).

219 La prophylaxie désigne l'ensemble des moyens mis en œuvre pour surveiller l'état de santé
220 d'un individu ou d'une population et prévenir l'apparition, l'extension ou l'aggravation des
221 maladies. Ces moyens font en grande partie l'objet de réglementations sanitaire et concernant
222 la biosécurité. Elle comprend notamment un ensemble de pratiques de surveillance des
223 individus et du troupeau en réalisant des analyses et en utilisant des outils de monitoring de la
224 santé. Pour les maladies infectieuses transmissibles, la prophylaxie repose également sur
225 l'application des principes de biosécurité (i) externe, qui vise à empêcher et/ou à limiter
226 l'introduction de nouvelles souches microbiennes, virales ou parasitaires dans l'élevage. Cela
227 est réalisé par le contrôle sanitaire des animaux à leur entrée dans l'élevage et la mise en place
228 de barrières physiques ou de pièges qui permettent d'empêcher la présence de vecteurs
229 (insectes, rongeurs, etc.) et (ii) interne, constituée de mesures visant à réduire la propagation
230 des germes à l'intérieur de l'élevage (Corrége et Hémonic, 2018). L'isolement et/ou
231 l'élimination des animaux infectés et potentiellement contagieux (malades ou non),
232 l'organisation de la circulation permet de limiter la diffusion des agents pathogènes au sein de
233 l'élevage, et les protocoles d'hygiène et de désinfection des bâtiments et du matériel d'élevage
234 permettent de limiter la présence d'agents pathogènes. Pour autant, la plupart des
235 microorganismes présents dans l'environnement ou hébergés par les animaux (microbiote
236 digestif, cutané...) ne sont pas pathogènes. Au contraire, les microorganismes symbiotiques ou
237 commensaux peuvent contribuer à limiter le développement des agents pathogènes pour les
238 animaux (exemple des maladies digestives : Ducarmon et al., 2019). L'orientation du
239 microbiote environnemental est une stratégie qui peut contribuer à réduire les risques
240 d'apparition des maladies. Au-delà des risques biotiques, les risques abiotiques (qualité de l'air,
241 poussière, température etc.) doivent également être maîtrisés pour prévenir les problèmes de
242 santé. Les problématiques et les moyens d'action sont néanmoins très différents suivant qu'il
243 s'agit d'élevage confiné ou bien avec accès à l'extérieur. Le confort thermique est plus
244 facilement maîtrisable dans les élevages en bâtiments mais cela a un coût non négligeable. Les
245 troubles respiratoires liés à la ventilation et à la qualité de l'air sont moins fréquents en élevage
246 avec accès à l'extérieur.

247 **1.3. Résister et/ou tolérer (Principe 2)**

248 Schneider et Ayres (2008) ont défini la résistance comme la capacité d'un organisme à limiter
249 la charge en agents pathogènes, et la tolérance comme la capacité d'un organisme à limiter les
250 effets d'un agent pathogène sur la santé. Ces définitions ont été établies dans le cas d'infections
251 mais peuvent également s'appliquer à d'autres conditions comme des stress thermiques (Berry
252 and Lopez-Martinez, 2020). Råberg et al. (2007) suggèrent que la résistance implique un
253 processus de coévolution antagoniste entre hôte et agent pathogène. La tolérance résulterait
254 plutôt des mécanismes de régulation des dommages causés par les agents pathogènes à l'hôte
255 par le système immunitaire. La robustesse quant à elle se réfère à la capacité d'un animal à
256 maintenir ses fonctions physiologiques et un état de santé jugé acceptable dans une grande
257 variété d'environnements (disponibilité des ressources, conditions climatiques, ... ; Blanc et al.,
258 2013).

259 L'utilisation de génotypes robustes (Friggens et al., 2017) ou l'utilisation de lignées
260 sélectionnées sur la résistance aux maladies (Ducos et al., 2021) sont deux stratégies pertinentes
261 dans le cadre de la gestion intégrée de la santé animale. La résistance génétique peut être
262 spécifique (salmonelles chez le poulet ; Tran et al., 2012) ou plus large (Gunia et al., 2018) mais
263 aucune souche ou lignée n'est résistante à l'ensemble des maladies. Stimuler les capacités
264 adaptatives des animaux, vis-à-vis des agents biologiques ou des variations de l'environnement
265 est donc une stratégie complémentaire indispensable pour préserver la santé des animaux.
266 Lorsqu'elle est disponible, la vaccination permet de protéger les animaux contre des agents
267 pathogènes spécifiques (par exemple : myxomatose ou VHD chez le lapin, maladies de Marek,
268 Gumboro ou bronchite infectieuse chez la volaille, circovirus de type 2 chez le porc ; à adapter
269 à chaque situation d'élevage). La maturation de la réponse immunitaire adaptative et innée des
270 animaux peut également être stimulée en exposant, dès le plus jeune âge, les animaux à un
271 environnement microbien riche (Round and Mazmanian, 2009). Par exemple, d'un point de vue
272 digestif, cela participe à la diversité du microbiote digestif et contribue au développement du
273 système immunitaire associé à l'intestin et notamment à la diversification du répertoire des
274 anticorps (Lanning et al., 2000). Ce levier d'action est en interaction forte avec l'alimentation
275 des animaux et notamment les apports de fibres alimentaires et prébiotiques qui sont les
276 substrats permettant le développement d'un microbiote digestif bénéfique à son hôte.
277 L'équilibre en apport d'acides aminés, des macro et micronutriments dans l'alimentation est
278 également essentiel pour maintenir la balance d'oxydo-réduction cellulaire des animaux et
279 éviter la génération d'un stress oxydant et d'une inflammation chronique pouvant conduire à
280 des problèmes de santé (Durand et al, soumis). Au final, résistance et tolérance font partie des
281 caractéristiques à piloter conjointement pour optimiser la construction de la santé des animaux.

282 **1.4. Traiter de façon raisonnée (Principe 3)**

283 L'application des principes précédents n'est pas toujours suffisante pour prévenir l'apparition
284 des maladies. De ce fait, soigner les animaux en traitant les symptômes ou en combattant les
285 agents infectieux se révèlent nécessaires. Dans le cas des maladies non infectieuses (maladies
286 métaboliques, troubles comportementaux, toxicité des xénobiotiques), le soin des animaux
287 visera avant tout la mise en place de conditions d'élevage propices à la guérison (alimentation
288 adaptée, isolement ou au contraire socialisation, conditions d'ambiance, adaptation du milieu
289 de vie...) et le traitement des symptômes (ex : prise en charge des blessures). Pour traiter les
290 maladies infectieuses, certains élevages, notamment en système « biologique », priorisent
291 l'utilisation d'approches alternatives ou complémentaires aux médicaments vétérinaires (Hellec
292 et al., 2021), telles que la phytothérapie (Blanco-Penedo et al., 2018) ou l'aromathérapie (Zhai
293 et al., 2018) avant de mettre en œuvre des traitements allopathiques. L'efficacité de ces
294 méthodes alternatives n'est pas toujours validée scientifiquement et les méthodes reposent
295 encore souvent sur des savoirs traditionnels ou empiriques. Ces stratégies visent à éviter

296 l'exposition précoce à des antibiotiques qui modifie le microbiote digestif, le système nerveux
297 entérique et le métabolisme à long terme (Foong et al., 2020). D'autres préconisent un
298 traitement précoce avec des antibiotiques pour enrayer rapidement l'aggravation de la maladie
299 et sa propagation au sein d'un groupe. Lorsque les traitements allopathiques sont jugés
300 indispensables, il est primordial de privilégier les médicaments spécifiques (réalisation
301 d'antibiogramme ou de coprocultures préalablement au traitement) plutôt qu'à spectre large, et
302 de respecter le protocole prescrit (dose, population cible, durée du traitement et délai d'attente)
303 afin de réduire au strict nécessaire les quantités utilisées. Le vétérinaire reste le seul intervenant
304 en élevage habilité à réaliser des prescriptions médicamenteuses, dans le cadre d'une
305 réglementation précise et évolutive.

306
307 Dans les élevages d'animaux monogastriques, la gestion de la santé reste encore aujourd'hui
308 plus souvent réalisée à l'échelle du groupe d'animaux qu'à l'échelle de l'individu. Cela est
309 expliqué par les modalités d'élevage collectifs (case) et par la valeur économique parfois
310 modeste d'un individu et la taille importante du groupe à gérer. C'est pourquoi, dans ces
311 espèces, la mobilisation des 2 premiers principes de la gestion intégrée de la santé est essentielle
312 pour réduire le volume d'utilisation des intrants médicamenteux.

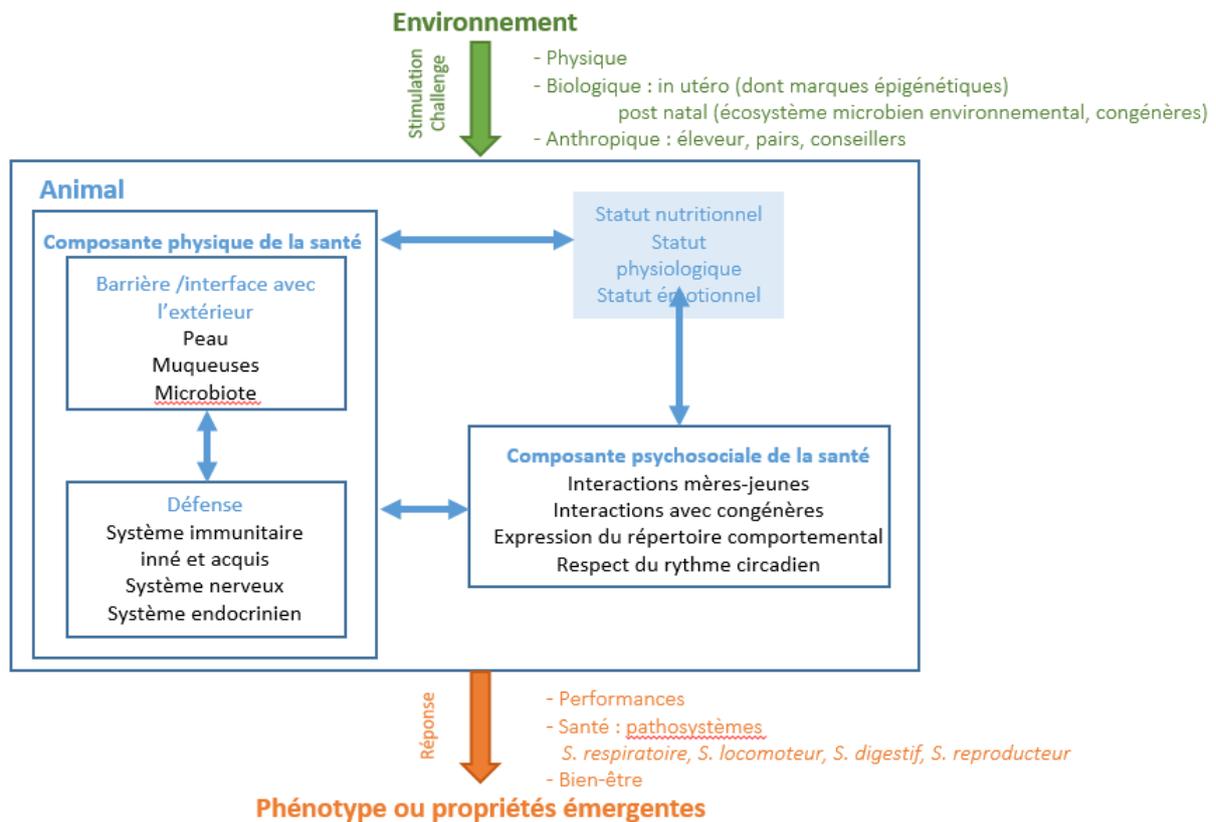
313
314 Dans la suite de cet article, nous nous focaliserons sur les pratiques mobilisables à l'échelle du
315 système d'élevage pour la gestion intégrée de la santé des animaux. D'autres leviers sont
316 applicables à une échelle plus englobante, telle que le territoire (ex : circulation ou échanges
317 d'animaux ou de matériel au sein d'une zone, surveillance de la santé des animaux au sein d'un
318 territoire ; Madderm et al., 2012) ou de la filière de production (ex : traçabilité ou pratiques
319 cohérentes entre les maillons d'une filière, rôles différenciés de divers acteurs du conseil) mais
320 ne seront pas abordées ici. En complément, Paul et al. (2021) ont analysé la mobilisation et les
321 actions concrètes mises en œuvre sur le terrain pour contribuer à réduire l'usage des
322 antibiotiques.

323 **2. Un cadre conceptuel de représentation de la santé animale**

324 **2.1. Les composantes de la santé animale**

325 Afin de pouvoir raisonner la gestion intégrée de la santé des animaux monogastriques au-delà
326 des particularités d'espèces, le consortium RIMEL (Fortun-Lamothe et al., 2017) a proposé une
327 représentation conceptuelle des différentes composantes de la santé animale telle que définie
328 précédemment (Encadré 1). Elle a pour objectif d'identifier les éléments structuraux contribuant
329 à la construction de la santé d'un animal d'élevage pour l'intégrer dans les connaissances
330 indispensables à une gestion intégrée. Cette représentation mobilise les dimensions physique et
331 psychosociale, elles-mêmes subdivisées en 11 composantes (Figure 1). La dimension physique
332 de la santé comprend les barrières physiques qui jouent un rôle d'interface avec le milieu
333 extérieur (téguments, muqueuses et microbiotes) et le système de défense constitué par les
334 systèmes immunitaire, nerveux et endocrinien. La dimension psychosociale intègre les liens
335 sociaux entre individus (mère-jeune, entre congénères), l'expression des comportements innés
336 et le respect du rythme circadien. Ces composantes interagissent entre elles et avec les organes
337 responsables des grandes fonctions biologiques (voir 2.2).

338
339



340

341 **Figure 1** : Représentation conceptuelle des composantes de la santé animale

342

343

344 Des périodes, propres à chaque espèce, ont été identifiées comme critiques pour la santé (ex :

345 période périnatale, sevrage) car elles correspondent à des périodes clés d'exposition des

346 animaux à des aléas importants à un moment où le développement de certaines composantes

347 peut ne pas être achevé. Par exemple, la plupart des espèces animales naissent avec un système

348 immunitaire immature et doivent composer, dans les premières phases de la vie, avec

349 l'immunité maternelle (via le vitellus, le placenta, le colostrum et le lait) pour faire face à

350 l'exposition aux multiples agresseurs biotiques et abiotiques du milieu environnant (Brambell,

351 1970). De même, la maturation du système immunitaire adaptatif des mammifères n'est

352 généralement achevée qu'après le sevrage (Weström et al., 2020). Cet évènement, qui se traduit

353 par un changement d'alimentation, une séparation d'avec la mère et parfois un changement de

354 milieu de vie, représente un risque. Les capacités d'adaptation des jeunes animaux peuvent donc

355 être facilement dépassées. Même en dehors de ces périodes à risque, les composantes de la santé

356 sont influencées par des facteurs intrinsèques à l'animal (génétique, statut nutritionnel,

357 physiologique et émotionnel) eux-mêmes en lien avec l'environnement (composantes biotique,

358 abiotique et anthropique). Ces facteurs extrinsèques peuvent agir positivement ou négativement

359 sur la construction de la santé et parfois de manière différente selon la dynamique de

360 développement des composantes de la santé (voir point 2.3). La gestion intégrée de la santé vise

361 notamment à agir sur ces facteurs selon les Principes 1 et 2 décrits précédemment et illustrés

362 dans la section 3. L'éleveur n'est pas toujours en mesure d'agir sur certains facteurs (par

363 exemple les aléas climatiques en élevage plein air). Dans ces situations, la gestion intégrée de

364 la santé implique une notion de précaution (ex : fourniture d'abri) ou d'anticipation qui font

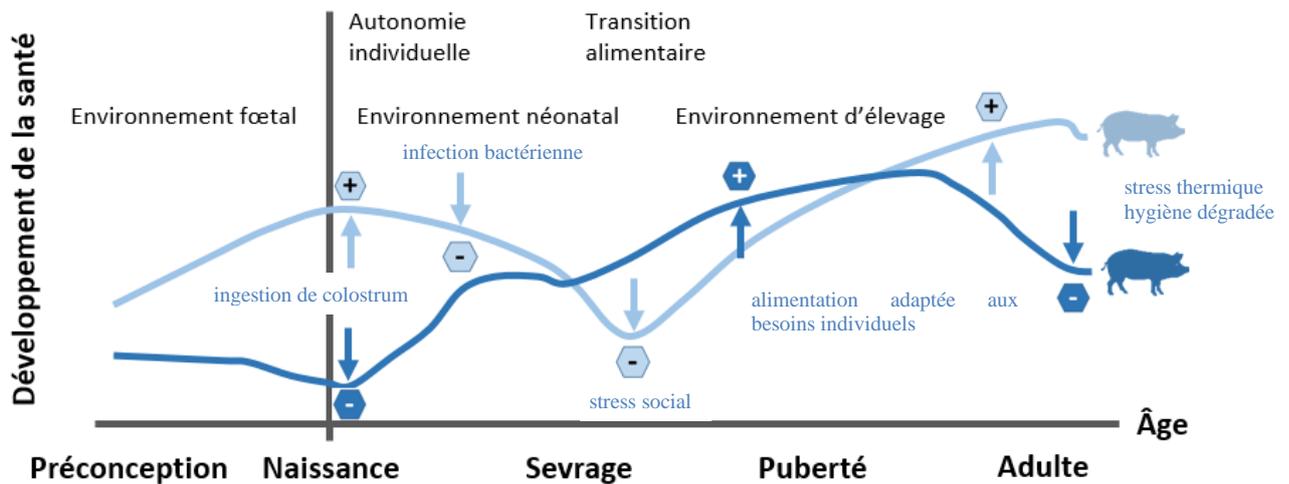
365 partie de la gestion intégrée de la santé.

366 **2.2. Des interactions entre composantes**

367 Les différentes composantes de la santé animale sont en interactions permanentes. Ainsi, le
368 système immunitaire se développe en étroite interaction avec les muqueuses de l'organisme et
369 leurs microbiotes associés. Par exemple, la colonisation de l'intestin par le microbiote digestif
370 est essentielle pour la mise en place des capacités digestives et la maturation du système
371 immunitaire associé à la muqueuse intestinale (Weström et al., 2020). De même, il existe des
372 interactions fortes entre le microbiote digestif et le système nerveux central et entérique (Foong
373 et al., 2020) ou le système endocrinien. Ainsi, les métabolites du microbiote peuvent agir sur le
374 système neuroendocrinien par différentes voies (Rabot, 2015) et inversement la stimulation de
375 l'axe corticotrope observée au moment du sevrage contribue à façonner le microbiote intestinal
376 et modifie le métabolome des porcelets (Jiang et al, 2020). Une étude récente suggère que le
377 comportement de picage chez les poules impliquerait l'interaction entre le microbiote intestinal
378 et le système sérotoninergique central ainsi que la modulation du système immunitaire via le
379 système cholinergique (Falker-Gieske et al, 2020). De plus, le lien entre la composante
380 psychosociale et le système endocrinien peut être utilisé par les agents pathogènes qui ont la
381 capacité de produire ou d'utiliser des neuromédiateurs et d'influencer le comportement des
382 animaux infectés (Lyte et al., 2013). Chez le porc, le transport et le stress social sont associés à
383 la réactivation et à la propagation de l'infection par *Salmonella Typhimurium* par le biais de la
384 norépinéphrine, une catécholamine impliquée dans la réponse au stress, qui activerait la
385 croissance et l'expression des facteurs de virulence chez *Salmonella* (Pullinger et al., 2010).
386 Enfin, l'interaction entre le rythme circadien et le microbiote peut se traduire par une différence
387 d'implantation du microbiote intestinal des poussins selon le régime photopériodique des
388 bâtiments dans lesquels ils sont élevés (Hieke et al, 2019).

389 **2.3. Une vision dynamique de la construction de la santé**

390 Le concept DoHAD (Developmental origin of Health And Diseases) soutient l'idée que la santé
391 se construit selon un processus dynamique débutant lors de la gamétogenèse, inclut toute la
392 période de développement fœtal et postnatal et s'achève autour de la maturité sexuelle (Suzuki
393 2018). Ainsi, le milieu de vie des parents influence la santé de leurs descendants, au travers du
394 développement des gamètes et de l'environnement maternel pendant la gestation et
395 l'allaitement (Nilsson et al., 2018). Par exemple, une restriction alimentaire chez la poule a un
396 effet sur l'immunité de ses descendants (Bowling et al., 2018). De même, en élevage
397 conventionnel cunicole, les lapines sont simultanément gestantes et allaitantes. La
398 superposition de la lactation et de la gestation impacte la croissance fœtale (Fortun-Lamothe
399 1999) et le développement des lapereaux à naître (Fortun-Lamothe 2000).



401
402
403

404 Figure 2 : Trajectoires individuelles de construction de la santé sous l'influence de divers
405 événements survenant à différentes périodes de la vie de l'animal (adapté de Halfon et al., 2014).
406

407 Au-delà de l'empreinte parentale, l'exposition à des situations bénéfiques ou défavorables au
408 cours du développement varie pour chaque individu et constitue une trajectoire unique de
409 renforcement ou bien au contraire d'affaiblissement de l'état de santé (Figure 2 ; Halfon et al.,
410 2014). Hertzman et Power (2011) proposent 3 types de modélisation des influences du parcours
411 de vie sur la santé dont deux semblent pertinents pour les animaux d'élevage. Le modèle latent
412 met en avant les relations entre une exposition à un moment donné de la vie et l'état de santé
413 des années plus tard. En élevage, ce modèle s'applique à la programmation précoce des
414 phénotypes. Par exemple, la température d'incubation des œufs modifie la tolérance à la chaleur
415 des poulets (Loyau et al., 2015). Aussi, les heures qui suivent l'éclosion/la naissance et la phase
416 de démarrage/d'allaitement doivent être considérées comme essentielles pour assurer la santé
417 ultérieure (Guilloteau et al., 2019 ; Foury et al., 2020). Le modèle cumulatif stipule des effets
418 combinatoires d'expositions multiples au cours de la vie sur la santé. C'est le cas des porcs qui
419 développent une réponse vaccinale plus élevée lorsque leur immunité a été stimulée par les
420 conditions d'hygiène du logement (Chatelet et al., 2018). Au final, les connaissances
421 disponibles montrent que la construction de la santé d'un animal est un processus actif
422 impliquant des mécanismes d'adaptation distincts à différents moments du développement qui
423 coordonnent les interactions entre toutes les composantes de la santé d'un organisme.

424 3. Les leviers d'action disponibles à l'échelle de l'atelier d'élevage

425 3.1. Divers leviers d'action mobilisables en élevage

426 Les différents leviers d'action disponibles se déclinent en 6 dimensions. Les 5 premières
427 dimensions sont d'ordre biotechnique et concernent : 1-le milieu de vie (Tableau 1) : sa
428 structure et son organisation et la mise en place des règles d'hygiène et de biosécurité; 2-la
429 gestion et la conduite de la reproduction (Tableau 2): gestion et conduite ; 3-la gestion des
430 troupeaux (Tableau 3) : leur constitution et leur conduite; 4- les pratiques sur les animaux eux-
431 mêmes (Tableau 4) : le choix de leur type génétique, la gestion de leur intégrité physique et la
432 mise en œuvre de la prophylaxie; et 5-l'alimentation (Tableau 5) : composition de l'aliment,
433 mode de présentation, mode et rythme de distribution et individualisation (alimentation de

434 précision). Nous listons dans les Tableaux 1 à 5 des exemples concrets de pratiques utilisables
 435 sur le terrain pour améliorer la santé dans les systèmes d'élevage porcins, cunicoles et avicoles
 436 en mentionnant le principe de gestion intégrée de la santé auxquelles elles se rapportent (P1 :
 437 prévenir ou P2 : résister/tolérer). La 6^{ème} dimension est en lien avec le système décisionnel
 438 (Tableau 6) : l'acquisition des connaissances nécessaires à la mise en œuvre d'une gestion
 439 intégrée de la santé (biologie, maladie, règles de biosécurité, usage des antibiotiques, etc.), la
 440 mobilisation des compétences autour de la santé des animaux, l'acquisition des informations
 441 sur la santé au sein de l'élevage, les équipements et l'organisation du travail et l'insertion dans
 442 les réseaux.

443 **Tableau 1 : Exemples de leviers d'action concernant le milieu de vie pour une gestion intégrée de**
 444 **la santé des animaux monogastriques à l'échelle de l'élevage (P : porc, L : lapin, V : volailles)**
 445

Dimensions	Illustrations d'effet positif sur la santé	Principes mobilisés ^a
Structure et organisation du milieu de vie	Mettre à disposition des logements de surface et de hauteur suffisante pour permettre aux animaux de se déplacer et favoriser l'expression des comportements propres à l'espèce afin d'éviter la souffrance mentale et les problèmes musculaires (P, L, V)	P1
	Enrichir le milieu de vie des animaux (matériaux à ronger, à creuser ou à gratter, plateforme, perchoir, terrier) et permettre un accès au plein air pour favoriser l'expression des comportements propres à l'espèce (P, L, V)	P1
	Utiliser des sols adaptés pour limiter les blessures et les pododermatites (P, L, V)	P1
	Mettre à disposition des litières propres et en quantité suffisante pour limiter les pododermatites et problèmes digestifs ou respiratoires (V) P (trouie) et L (nid)	P1
	Utiliser des bâtiments mobiles sur les parcours pour limiter la concentration en agents pathogènes et en parasites (P, L, V)	P1
	Permettre l'accès à un parcours extérieur herbagé pour satisfaire le besoin de brouter ou fouiner (P, L, V)	P1
	Donner accès à de la lumière naturelle afin d'améliorer la fixation de la vitamine D (P, L, V)	P1
	Utiliser des matériaux adaptés pour éviter les blessures (P, L, V)	P1
	Limites identifiées : La surveillance et la manipulation des animaux est plus difficile lorsque les logements sont plus grands et compartimentés et/ou enrichis. Le nettoyage peut être plus difficile et l'ergonomie au travail peut être dégradée si les logements sont plus complexes. La prédation est possible sur parcours extérieur.	
Biosécurité, hygiène et ambiance	Optimiser la ventilation, l'hygrométrie et la température d'élevage pour limiter les troubles respiratoires, digestifs ou cutanés (P, L, V)	P1 et P2
	Pratiquer un nettoyage et/ou un vide sanitaire régulier pour éliminer ou limiter la pression des agents pathogènes et les risques de maladies infectieuses (P, L, V)	P1 et P2
	Lutter contre les nuisibles pour éviter la transmission de pathogènes (P, L, V)	P1
	Disposer un pédiluve à l'entrée du site d'élevage, des bâtiments ou des salles d'élevage pour éviter l'introduction d'agents pathogènes par les chaussures ou les véhicules (P, L, V)	P1
	Utiliser des chaussures et vêtements spécifiques pour chaque bâtiment ou salle d'élevage pour éviter l'introduction d'agents pathogènes (P, L, V)	P1
	Disposer de lavabos et douches à l'entrée sur le site pour éviter l'introduction d'agents pathogènes (P, L, V)	P1
	Réaliser des purges et des désinfections régulières des conduites d'eau pour limiter les contaminations (P, L, V)	P1 et P2
	Limites identifiées : Perte de l'effet barrière et impact environnemental si nettoyages trop fréquents et avec matières actives très caustiques. Liste des produits autorisés restreinte en agriculture biologique	

446 ^a Principes de gestion intégrée de la santé animale (voir section 1). P1 : éviter les situations à risques et le contact
 447 avec les éléments nuisibles ; P2 : résister aux éléments nuisibles ou les tolérer
 448
 449

450 Tableau 2 : Exemples de leviers d'action concernant la reproduction pour une gestion intégrée de
 451 la santé des animaux monogastriques à l'échelle de l'élevage (P : porc, L : lapin, V : volailles)
 452

Dimension	Exemples	Principes mobilisés ^a
Gestion de la reproduction	Sevrer les jeunes à un âge tardif (>30 j) pour limiter les troubles digestifs post sevrage (P, L)	P1
	Utiliser un rythme de reproduction semi-intensif (IA ^b 11 j après la MB ^b) ou extensif pour limiter la mortalité de femelles par épuisement métabolique (L)	P1
	Eviter un âge des femelles à la première mise à la reproduction trop précoce pour limiter les troubles métaboliques et les ruptures d'homéostasie (P, L, V)	P1
Conduite de la reproduction	Pratiquer l'insémination artificielle plutôt que la saillie naturelle pour limiter la transmission des maladies sexuelles (P, L, V)	P1
	Réaliser un allaitement contrôlé pour limiter les blessures sur les jeunes lapereaux et détecter les défauts d'allaitement (L)	P1
	Pratiquer l'auto-renouvellement des reproducteurs ou disposer d'un troupeau d'animaux grands-parentaux pour limiter l'introduction d'agents pathogènes extérieurs lors du renouvellement des reproducteurs (L)	P1

453 ^a Principes de gestion intégrée de la santé animale (voir section 1). P1 : éviter les situations à risques et le contact
 454 avec les éléments nuisibles ; P2 : résister aux éléments nuisibles ou les tolérer

455 ^bIA : insémination artificielle ; MB : mise bas
 456

457 Tableau 3 : Exemples de leviers d'action concernant la gestion des troupeaux pour une gestion
 458 intégrée de la santé des animaux monogastriques à l'échelle de l'élevage (P : porc, L : lapin, V :
 459 volailles)
 460

Dimension	Exemples	Principes mobilisés ^a
Constitution des troupeaux	Gérer (observer, éviter, avancer, retarder, etc.) les entrées et les sorties d'animaux dans les bandes ou dans l'élevage pour limiter la présence d'animaux à risques d'un point de vue sanitaire ou comportemental (P, L, V)	P1
	Eviter le passage d'animaux reproducteurs entre bandes pour limiter la transmission des agents pathogènes (L, V)	P1
	Conduire les animaux en bande pour utiliser des stratégies alimentaires spécifiques à chaque stade physiologique (P, L, V)	P1
	Conduire les animaux en bande pour réaliser un nettoyage et un vide sanitaire entre chaque bande (P, L ? V)	P1 et P2
	Limites identifiées : La conduite en bande unique peut imposer des périodes improductives qui limitent la productivité à l'échelle individuelle.	
Conduite et surveillance des animaux au sein du lot	Homogénéiser la taille des portées à la naissance par adoption entre portées pour limiter la sollicitation métabolique des femelles et permettre un allaitement suffisant des jeunes (L)	P1
	Limiter les densités animales pour limiter les agressions et les blessures et favoriser les mouvements et la surveillance individuel des animaux (systèmes alternatifs, P, L, V)	P1
	Management de l'incubation et du démarrage, éclosion en bâtiment (V)	P1

461 ^a Principes de gestion intégrée de la santé animale (voir section 1). P1 : éviter les situations à risques et le contact
 462 avec les éléments nuisibles ; P2 : résister aux éléments nuisibles ou les tolérer
 463

464 Tableau 4 : Exemples de leviers d'action concernant les animaux eux-mêmes pour une gestion
 465 intégrée de la santé des animaux monogastriques à l'échelle de l'élevage (P : porc, L : lapin, V :
 466 volailles)
 467

Dimension	Exemples	Principes mobilisés ^a
Race ou type génétique	Sélectionner sur la résistance aux maladies (P, L, V)	P2
	Choisir des animaux provenant de lignées plus robustes (P, L, V)	P2
	Utiliser des souches à croissance intermédiaire à lente pour limiter les troubles musculo squelettiques (V)	P1 et P2
Intégrité physique	Proscrire l'épointage du bec pour limiter la douleur (V)	P1
	Proscrire la caudectomie pour limiter la douleur et les infections (P)	P1
	Remarques ou limites identifiées : Si époinçage et caudectomie ne sont pas pratiqués il convient de gérer le picage et la caudophagie, notamment si les densités sont élevées	
Prophylaxie : vaccins, phytothérapie, aromathérapie	Vacciner, par exemple contre la myxomatose et la VHD (L), contre les maladies de Marek, Gumboro, la bronchite infectieuse et la coccidiose (V), contre <i>E. coli</i> (P)	P1 et P2
	Utiliser huiles essentielles pour limiter les troubles digestifs ou respiratoires (P, L), pour gérer le stress, stimuler le système immunitaire et les soutenir les propriétés anti-infectieuses (V)	P1
	Utiliser des extraits de plantes pour soutenir la fonction hépatique autour de la mise bas (P, L), pour soutenir l'immunité et réguler la balance d'oxydo-réduction et l'inflammation (V)	P1

468 ^a Principes de gestion intégrée de la santé animale (voir section 1). P1 : éviter les situations à risques et le contact
 469 avec les éléments nuisibles ; P2 : résister aux éléments nuisibles ou les tolérer

470 Tableau 5 : Exemples de leviers d'action concernant l'alimentation pour une gestion intégrée de
 471 la santé des animaux monogastriques à l'échelle de l'élevage (P : porc, L : lapin, V : volailles)
 472

Dimension	Exemples	Principes mobilisés ^a
Composition des aliments	Utiliser des aliments formulés pour répondre aux besoins nutritionnels des animaux à chaque stade physiologique (énergie, acides aminés, acides gras essentiels, fibres, vitamines, minéraux)	P1
	Utiliser des aliments à faible concentration en protéines très digestibles et équilibrés en acides aminés pour limiter les troubles digestifs post-sevrages (P, L)	P1
	Incorporer des matières premières riches en phénol (sainfoin) pour limiter le parasitisme intestinal (L)	P1 et P2
	Supplémenter les aliments en pré- et pro ^b -biotiques, huiles essentielles ^b , acides organiques ^b pour limiter les troubles infectieux non spécifiques (P, L, V)	P1 et P2
	Supplémenter les aliments en micronutriments (vitamines, minéraux) et antioxydants pour limiter les troubles métaboliques chez les reproducteurs et animaux en croissance (L, V, P)	P1
	Limites identifiées : L'aliment peut aussi être source de contaminants (mycotoxines, xénobiotiques, pathogènes). Interdiction de l'usage des acides aminés de synthèse en agriculture biologique. Recherche de sources protéiques alternatives au soja importé	
Mode de présentation	Augmenter la taille des particules pour limiter le risque d'ulcère (P)	P1
	Distribuer du fourrage sec à tiges longues (ex : foin) pour limiter les troubles digestifs (L)	P1
	Mettre à disposition du fourrages secs sous forme de bloc compressé ou de morceau de bois tendre pour permettre aux animaux de ronger (L)	P1
	Mettre à disposition des plantes ou extraits en accès libre en bâtiment ou sur parcours (L, V)	P1
Mode et rythme de distribution et gestion des transitions alimentaires	Pratiquer une restriction alimentaire post sevrage pour réduire la fréquence des troubles digestifs (L)	P1 et P2
	Pratique l'alimentation pré-sevrage pour stimuler le développement des capacités digestives et l'implantation du microbiote (P, L)	P1 et P2
	Passer d'une alimentation libre à des repas pour préparer les animaux au gavage (V)	P1
	Limites identifiées : Risque d'amaigrissement des femelles : 1 seule mangeoire pour les femelles et les lapereaux (L)	
Individualisation	Réaliser un programme d'alimentation de précision pour limiter l'engraissement excessif ou les ruptures d'homéostasie (P, L, V)	P1

473 ^a Principes de gestion intégrée de la santé animale (voir section 1). P1 : éviter les situations à risques et le contact
 474 avec les éléments nuisibles ; P2 : résister aux éléments nuisibles ou les tolérer

475 ^b l'aliment est un support d'administration de substances ayant un intérêt pour la santé des animaux
 476

477 Tableau 6 : Les leviers d'actions concernant le pilotage de l'élevage pour une gestion intégrée de
 478 la santé des animaux monogastriques (Gotti et al., 2021b)

Leviers d'action
Connaissances de l'éleveur
Se former pour mieux connaître la biologie, la physiologie et le comportement des animaux
Savoir identifier le bon/mauvais état de santé physique et de bien-être des animaux
Mieux connaître les maladies des animaux que l'on élève
Mieux connaître les règles de biosécurité et de prophylaxie
Se former à la manipulation des animaux que l'on élève
Se former à l'usage raisonné des antibiotiques
Se former à la détection des maladies et des risques sanitaires en élevage
Mobiliser les compétences d'un collectif de travail et d'experts
Développer les connaissances de tout le collectif de travail
Avoir une stratégie de répartition des rôles au sein du collectif de travail
Communiquer au sein du collectif de travail sur la santé animale
Acquérir des informations sur la santé de ses animaux et de ses troupeaux
Organiser un système d'information et d'enregistrement des données sur la santé de son troupeau
Observer et s'outiller en complément de l'observation
S'équiper pour enregistrer les performances en élevage et détecter l'apparition de troubles
Equipements et organisation du travail
Optimiser l'organisation du travail en élevage pour maximiser le respect des règles de biosécurité
S'équiper ou optimiser l'organisation du travail en élevage pour disposer de temps pour l'observation sanitaire des animaux et améliorer la qualité de la relation avec les animaux
Insertion dans les réseaux
Accompagner la prise de risque lors de changements entraînant la reconfiguration du système
Accompagner économiquement les pertes de productivité entraînées par la désintensification de l'élevage

479

480 3.2. Temporalité d'action des leviers utilisables en élevage

481 Les leviers d'action utilisés pour une gestion intégrée de la santé animale peuvent agir selon
482 différentes temporalités (Figure 3). Ainsi, on peut distinguer les leviers d'action ayant : (i) un
483 effet direct : par exemple, l'alimentation protéique des porcelets autour du sevrage a un effet
484 sur leur santé digestive (Liao, 2021) ; (ii) un effet différé : par exemple, la température
485 d'incubation des œufs modifie la tolérance à la chaleur des poulets en fin d'élevage (Loyau et
486 al, 2015), la consommation d'huiles essentielles pendant le démarrage des poussins modifie
487 durablement le transcriptome des poulets selon leur vécu postnatal (Foury et al, 2020) ; (iii) un
488 effet transmis entre génération : par exemple, chez le canard, la supplémentation maternelle en
489 acides gras omega-3 peut limiter le phénomène de picage chez les descendants (Baéza et al.,
490 2017).

491 Intégrer cette temporalité d'action encourage à avoir une vision à long terme de la gestion de la
492 santé animale et à mieux raisonner le lien entre les différents ateliers de production animale au
493 sein du système d'élevage, ou entre les maillons d'une filière de production (élevage des
494 reproducteurs vs des animaux en croissance ; pratiques au couvoir vs en élevage). Par exemple,
495 en élevage de volailles, les travaux de van der Waaij et al. (2011) préconisent des conditions
496 d'élevage similaires pour les reproducteurs et leurs descendants. Cependant, aujourd'hui dans
497 la filière poulet de chair, les reproducteurs sont soumis à une restriction alimentaire afin de
498 maximiser leurs performances de reproduction alors que leurs descendants sont nourris à
499 volonté pour maximiser leur croissance. Cette restriction alimentaire des reproducteurs affecte
500 leur bien-être et leur statut immunitaire (Decuyper et al., 2010) et limite la croissance de leurs
501 descendants (Bowling et al, 2018).

502
503

A. Effets directs

Levier d'action → Animaux → Effet sur la santé

Apports de fibres (quantité et nature) → Lapins en croissance → Réduction des troubles digestifs

B. Effets différés dans le temps

Levier d'action → Animaux au stade A → Animaux au stade B → Effet sur la santé

Apports énergétiques → Truies en gestation → Truie en lactation → Etat corporel Homéostasie

Exposition cyclique à la chaleur → Œufs (couvoir) → Poulet de chair → Thermo résistance accrue

C. Effets transmis entre générations

Levier d'action → Animaux de la génération n → Animaux de la génération n+1 → Effet sur la santé

Apports d'acides gras oméga 3 → Canes reproductrices → Canards → Réduction du picage entre congénères

504
505
506

Figure 3 : Temporalité d'action des leviers agissant sur la santé animale: effets directs (A), effets différés (B), effets transmis entre générations (C).

507 4. Intégration des leviers et santé des animaux monogastriques dans 508 les systèmes actuels

509 Les leviers d'actions disponibles à l'échelle du système d'élevage pour une gestion intégrée de
510 la santé chez les monogastriques ne doivent être raisonnés séparément mais conjointement dans
511 une logique de « gestion *intégrée* de la santé ». Cette notion d'intégration signifie que c'est la
512 coordination des pratiques qui contribue à construire la santé des animaux afin de tendre vers
513 et/ou maintenir l'état d'équilibre. Il s'agit notamment des actions coordonnées de prévention et
514 de développement des capacités d'adaptation des animaux. De manière réciproque, les troubles
515 de la santé, lorsqu'ils ne sont pas spécifiques d'un agent pathogène comme dans le cas des
516 maladies dites de production, sont généralement d'origine multifactorielle et surviennent parce
517 que divers éléments se conjuguent et entraînent un dépassement des capacités d'adaptation des
518 animaux (Tableau 7). Dans les sections ci-dessous, nous allons décrire comment est raisonnée
519 cette cohérence dans les élevages porcins, avicoles et cunicoles. Il est important de noter qu'une
520 partie des leviers, mobilisés pour leurs effets bénéfiques sur la santé des animaux contribuent
521 aussi à maintenir la productivité.
522

523 Tableau 7 : Multi factorialité des diverses catégories de leviers d'action dans l'émergence de
 524 troubles de la santé fréquents en élevage de lapin (A), de porc (B) ou de volaille (C et D). Les 5
 525 catégories de leviers sont décrites dans les Tableaux 1 à 5.
 526

	Leviers d'action ayant une influence : milieu de vie ; reproduction ; gestion des troupeaux ; animaux ; alimentation
A. Troubles digestifs chez le lapereau	Age au sevrage ; Type génétique des animaux ; Apports de fibres ; Maitrise des ingérés ; Transition alimentaire
B. Troubles digestifs chez le porcelet	Confort (sol et température); Age au sevrage ; composition de l'aliment dont apports protéiques
C . Myopathies chez le poulet de chair	Surface disponible ; densité animale ; âge à l'abattage ; type génétique des animaux ; densité énergétique de l'aliment
C. Picage chez la poule pondeuse ^a	Absence d'enrichissement ; litière ; densité animale ; type génétique des animaux ; restriction alimentaire

527 ^aDes interactions entre leviers sont possibles. Par exemple, dans le cas des myopathies chez le poulet de chair,
 528 l'âge d'abattage et de la densité énergétique de l'aliment n'ont un poids majeur que dans les génétiques à
 529 croissance rapide.
 530

531 4.1. La gestion du sevrage en élevage porcin

532 Dans le modèle d'élevage conventionnel les porcelets sont sevrés entre 3 et 4 semaines d'âge
 533 alors que leurs systèmes digestif et immunitaire sont encore immatures. La séparation d'avec
 534 la mère, le passage d'une alimentation lactée à un aliment solide d'origine végétale et un nouvel
 535 environnement microbien et social concourent à déstabiliser la physiologie des porcelets et
 536 peuvent conduire à des troubles digestifs. Divers leviers peuvent être mobilisés pour limiter
 537 l'apparition et/ou la gravité de ces troubles: (i) la gestion de la période de lactation avec le
 538 contrôle de la prise colostrale, la pratique d'adoptions, la sociabilisation et un sevrage plus
 539 tardif, (ii) une alimentation des porcelets sous la mère (creep-feeding), (iii) un accès adapté à
 540 l'eau de boisson pendant la lactation, (iv) l'utilisation d'un aliment dit de post-sevrage appétant,
 541 à faible teneur en protéines et équilibrés en acides aminés essentiels, contenant des sources de
 542 protéines et d'énergie hautement digestibles, des fibres pour le développement du microbiote
 543 intestinal, et des additifs (probiotiques, acides organiques, argile, etc.) permettant de préserver
 544 la physiologie digestive et le microbiote (Pluske et al., 2018), (v) un logement visant à favoriser
 545 le confort thermique des animaux, leur nettoyage et désinfection ainsi que la régulation de la
 546 circulation du personnel au sein de l'élevage afin de limiter la présence et la transmission de
 547 bactéries pathogènes (Corrége et Hémonic, 2018) et (vi) la vaccination des porcelets contre les
 548 principaux agents pathogènes responsables des diarrhées infectieuses (Melkebeek et al 2013).

549 4.2. Cohérence entre les ateliers d'un élevage cunicole

550 En élevage cunicole, divers leviers sont actionnés de manière cohérente sur les 4 catégories
 551 d'animaux présents (lapereaux allaités, lapins en croissance, femelles futures reproductrices,
 552 femelles en reproduction) pour réaliser une gestion intégrée de la santé animale.

553 Après la mise bas, les éleveurs pratiquent l'homogénéisation de la taille des portées par
 554 élimination des lapereaux ayant un poids vif inférieur à 35 g et adoption croisée en vue de
 555 l'égalisation de la taille entre portées. Cette stratégie réduit la compétition entre les lapereaux
 556 pour l'accès au lait et améliore leur thermorégulation (accès à la chaleur du nid) ce qui favorise
 557 leur survie et leur développement (Rödel et al., 2008). Elle favorise aussi le maintien d'une
 558 condition corporelle adéquate des mères (maigreur si les portées sont surnuméraires) ce qui
 559 améliore leur longévité. La stratégie d'alimentation des femelles cible la gestion du compromis
 560 entre la satisfaction des besoins nutritionnels importants pendant la lactation (aliment riche en

561 énergie au début de la lactation) et la maturation du système digestif des lapereaux (aliment
562 riche en fibres et pauvre en amidon avant leur sevrage; Gidenne & Fortun-Lamothe, 2002). Par
563 ailleurs, les jeunes femelles et les reproductrices sont vaccinées contre la maladie hémorragique
564 virale (VHD) et la myxomatose. Après le sevrage, l'utilisation de régimes riches en fibres
565 (Gidenne et al., 2010) et la maîtrise des ingérés (Gidenne et al., 2012) permettent de limiter
566 l'apparition des troubles digestifs non spécifiques chez les lapins en croissance. Ces stratégies
567 sont conjuguées à des protocoles stricts d'hygiène à l'entrée dans les salles d'élevage et de
568 nettoyages complets réguliers permis par la conduite en bande. Par ailleurs, cette conduite en
569 bande permet de conserver les portées après le sevrage ce qui limite le stress social. Les femelles
570 futures reproductrices arrivent généralement à l'âge de 1-2 jour dans les élevages commerciaux
571 et sont adoptées par les femelles reproductrices déjà en place ce qui leur permet de s'adapter
572 aux conditions d'élevage (conditions d'ambiance, environnement microbien, etc.) et de limiter
573 l'entrée d'agents pathogènes dans l'élevage, notamment *Pasteurella multocida*, agent
574 responsable de la principale maladie respiratoire chez les femelles (Coudert et al., 1999). De
575 plus, pour gérer la pasteurellose chez les lapines reproductrices (formes respiratoire et
576 abcédative), la maîtrise des conditions d'ambiance (température, hygrométrie et vitesse de l'air)
577 est conjuguée à l'élimination des animaux présentant des signes cliniques pour prévenir la
578 diffusion au sein de l'atelier élevage. La sélection d'animaux résistants à cet agent pathogène
579 très problématique est possible (Shrestha et al., 2020), mais reste à déployer dans les centres de
580 sélection.

581 **4.3. Diversification des systèmes en filière avicole**

582 En élevage avicole, les maladies infectieuses sont gérées à l'aide de plusieurs leviers
583 complémentaires. La vaccination permet de protéger les animaux notamment contre la
584 bronchite infectieuse et les maladies de Marek et Gumboro (poulet de chair), les salmonelles
585 ou les coccidies (poules pondeuses). Le respect strict des règles de biosécurité (désinfection et
586 le contrôle des entrées et sorties sur l'élevage), l'élimination des animaux malades et la
587 réalisation de vides sanitaires entre chaque bande associés à des protocoles de
588 nettoyage/désinfection visent à limiter l'entrée et la concentration en agents pathogènes dans
589 l'élevage. Par ailleurs, le contrôle fin des conditions de ventilation, d'hygrométrie et de
590 température en bâtiment et le maintien des litière propres et sèches, permet de limiter les
591 atteintes aux aplombs des animaux (pododermatites, brûlures des tarsi...). Soutenir les
592 capacités d'adaptation des animaux aux variations environnementales potentiellement
593 stressantes et impactantes sur la santé est un levier fortement investi en élevage avicole. Cela
594 se traduit par l'utilisation d'une alimentation à forte valeur santé (micro-nutriments,
595 antioxydants, probiotiques, extraits de plantes, huiles essentielles, etc.) tout en maintenant les
596 performances de production attendues des volailles (Bhagwat et al, 2021 ; Abd El-Hack et al,
597 2020).

598 Toutefois, l'élevage en claustration totale, dans des logements de petite taille et sans
599 enrichissement du milieu de vie avec des densités animales fortes (allant jusqu'à 42 kg/m² en
600 élevage de poulet de chair), a été fortement critiqué pour ses effets négatifs sur le bien-être des
601 animaux. Ainsi, l'enrichissement du milieu de vie semble un élément essentiel pour limiter les
602 agressions entre les animaux (Rodenburg et al., 2013). Toutefois, ce levier n'est pas toujours
603 suffisant pour maintenir les animaux en bonne santé et ce mode d'élevage est aujourd'hui
604 critiqué pour sa trop faible prise en compte du bien-être animal. C'est pourquoi, des systèmes
605 alternatifs se sont fortement développés récemment. L'accès des animaux à un parcours,
606 souvent associé à une baisse de densité animale, permet une diversification du répertoire
607 comportemental (composante psycho-sociale de la santé) et l'utilisation de souches à faible
608 vitesse de croissance permet une réduction des troubles musculo-squelettiques, dont les
609 myopathies musculaires. Dans ces systèmes alternatifs, les animaux sont plus exposés aux

610 parasites et aux agents pathogènes transmis par la faune sauvage. Aussi, l'utilisation de
611 bâtiments mobiles pourrait limiter la pression sanitaire sur le parcours ainsi que l'implantation
612 de plantes à vertus médicinales. Des approches alternatives basées sur les plantes (phytothérapie
613 ou aromathérapie) pourraient y être plus généralement mise en œuvre par l'aliment ou l'eau de
614 boisson (Travel et al., 2021) ou en permettant l'automédication grâce à des plantes cultivées
615 sur le parcours ou mises à disposition en bâtiment (Guilloteau et al, 2019 ; Foury et al, 2020).
616 Pour autant, l'accès aux parcours peut aussi être momentanément interdit pour protéger la santé
617 des animaux, par exemple pendant les épisodes d'influenza aviaire. Enfin, des systèmes
618 intermédiaires, qui donnent accès aux animaux à des jardins d'hiver ou des espaces grillagés ou
619 recouverts de filets, se développent pour que les animaux bénéficient d'un espace leur
620 permettant d'exprimer leurs besoins comportementaux et sociaux et tout en étant peu exposés
621 à des agents pathogènes environnementaux et ou des contaminations par la faune sauvage.

622 **5. Limites des stratégies actuelles et pistes d'évolution**

623 D'une manière générale, au cours des dernières décennies, la gestion de la santé dans les
624 élevages d'animaux monogastriques a surtout privilégié la prise en compte de la santé
625 physique des animaux et la recherche d'une augmentation de la productivité animale pour des
626 raisons économiques. Certains choix techniques sont aujourd'hui à l'origine de problèmes de
627 santé et de bien-être (ex : logement en cages grillagées et pododermatites chez les lapines
628 reproductrices). De plus, ces choix ont été souvent faits au détriment de la santé psychosociale
629 des animaux (ex : densité animale élevée, milieu de vie inapproprié et picage chez les poules
630 pondeuses ; limitation du répertoire comportemental des lapins élevés en cages ; stéréotypies
631 chez les truies en fin de gestation logées en compartiment).

632 Nous présentons ci-dessous des limites identifiées pour les élevages porcins, cunicoles et
633 avicoles ainsi que des stratégies techniques d'évolution possibles. Ces verrous ne sont pas
634 seulement techniques mais également humains et sociaux (besoin de sécurité, accompagnement
635 à de nouvelles pratiques, tension sur le temps de travail), économiques (investissements,
636 rentabilité de l'élevage) ou encore scientifiques (sélection génétique, diagnostic précoce des
637 troubles ; Ducrot et al. 2018 ; Piel et al 2019).

638
639 ***En élevage porcin conventionnel***, la gestion de la santé des porcelets au moment du sevrage
640 sans avoir recours à l'utilisation d'antibiotique reste difficile dans certains élevages. Une des
641 raisons invoquées est l'âge au sevrage. La Directive européenne 2008/120/CE établissant les
642 normes minimales relatives à la protection des porcs recommande « qu'aucun porcelet ne doit
643 être séparé de sa mère avant d'avoir atteint l'âge de 28 jours ». Pourtant, la pratique du sevrage
644 à 21 jours s'est fortement développée en France ces dernières années, dans le but de favoriser
645 un retour rapide en chaleur et maximiser la productivité numérique des truies. Des études
646 réalisées sur le continent Américain (Faccin et al 2020) et Européen (Postma et al., 2016) ont
647 montré qu'un âge de sevrage plus tardif (35 jours) était associé à un moindre usage
648 d'antibiotiques, probablement du fait de la plus grande maturité des porcelets. D'autres pistes
649 de progrès sont évoquées mais elles représentent des défis scientifiques et techniques
650 importants. Il s'agit par exemple de (i) la mise à disposition de fourrage, qui outre le fait
651 d'habituer les animaux à la prise d'aliment solide et de favoriser le développement du
652 microbiote, leur fournit un substrat de jeu, (ii) la conduite des truies favorisant leur bien-être
653 durant la gestation par l'apport de litière ou de fourrages limitant la sensation de faim générée
654 par le rationnement alimentaire des truies (iii) le mélange des porcelets avant le sevrage afin de
655 promouvoir les interactions sociales entre les animaux de différentes portées (Blavi et al. 2021).
656 La perspective de retarder l'âge au sevrage est soutenue par l'exemple des élevages sous cahier
657 des charges agriculture biologique, qui impose un sevrage après 42 jours pour se rapprocher

658 des conditions naturelles (60 - 120 jours), et qui fournit des pistes intéressantes pour améliorer
659 la santé des porcelets sans altérer le retour à la reproduction des truie (Ferchaud et al., données
660 non publiées). La sélection d'animaux n'exprimant pas ou peu dans leur tube digestif des
661 facteurs d'attachement aux *Escherichia coli* enterotoxiques impliqués dans les diarrhées
662 (Qureshi et al., 2019), capables de s'adapter rapidement après le sevrage (Gilbert et al., 2019),
663 efficaces du point de vue alimentaire et adaptés à des conditions d'élevages variées et variables
664 serait une avancée majeure (Le Roy et al., 2019). Sa mise en pratique dépend d'avancées
665 scientifiques et d'évolution dans les programmes de sélection. Enfin, les conditions de logement
666 actuelles des truies en lactation et des porcelets ne sont pas toujours propices à l'expression des
667 comportements naturels, à des relations mère-jeunes positives, à l'apprentissage alimentaire ni
668 aux interactions entre porcelets de différentes portées. L'évolution des modes de logement est
669 souvent freinée par le coût économique des investissements (Bertin et Ramonet, 2016).

670
671 ***En élevage cunicole conventionnel***, le logement des animaux en cages à fond grillagé est
672 justifié pour gérer l'infestation parasitaire en limitant le contact des animaux avec leurs
673 déjections. Pour autant, les coccidies sont présentes dans la majorité des élevages
674 conventionnels (protozoaires du genre *Eimeria* ; Licois, 2009) et l'utilisation d'anticoccidiens,
675 majoritairement la robénidine®, reste très fréquente et pose aujourd'hui des problèmes de
676 résistance. Parallèlement, ce mode de logement entraîne des pododermatites chez les femelles
677 reproductrices (prévalence : 5 à 15 % ; Rosell et De la Fuente, 2013) malgré la présence de fond
678 « repose pattes » en plastique. C'est pourquoi, l'élevage cunicole s'oriente vers un élevage des
679 lapins en croissance en parcs, souvent avec sol en caillebotis, et en grand groupes (plus 20
680 animaux). Cette évolution entraîne des interactions sociales plus importantes (à minima en
681 termes de nombre de congénères) qui peuvent modifier les dynamiques de dissémination des
682 agents pathogènes, notamment si la densité animale n'est pas réduite (aujourd'hui limité à 45
683 kg/m² à 65 j d'âge pour les lapins en croissance). Il conviendra donc de revisiter 1)
684 l'aménagement du milieu de vie pour ne pas perturber ces interactions sociales par rapport aux
685 attentes de l'animal et 2) la mise en œuvre des protocoles d'hygiène et de prophylaxie pour
686 limiter la dissémination des agents pathogènes au sein de ces grands groupes. Cette évolution
687 du logement pourrait empêcher le maintien de logements polyvalents entre lapines
688 reproductrices et lapins en croissance et entraîner l'abandon de la gestion sanitaire du type tout-
689 plein tout-vider pratiquée aujourd'hui dans la moitié des élevages français. Ce mode de conduite
690 présente pourtant les avantages de limiter la diffusion des maladies à d'autres bandes et de
691 permettre un nettoyage/désinfection du bâtiment et des logements entre chaque lot d'animaux.
692 Pour autant, cette stratégie peut aussi favoriser la dissémination des agents pathogènes au sein
693 de la bande car les animaux qui sont présents dans ce milieu confiné, sont tous au même stade
694 physiologique, et donc exposés à un même niveau de risque. De plus, le microbiote étant
695 impliqué dans la maturation du système immunitaire, une hygiène excessive pourrait au final
696 être préjudiciable pour la santé des animaux. La gestion de la mixité des animaux de différents
697 stades physiologiques, pratique antérieure à la conduite en bande, mériterait d'être à nouveau
698 étudiée dans les nouveaux modes de productions.

699 Concernant les femelles reproductrices, on peut déplorer la persistance des problèmes
700 respiratoires malgré les moyens déployés pour la maîtrise des conditions d'ambiance.
701 L'utilisation d'animaux résistants semble la voie la plus prometteuse, mais reste à mettre en
702 œuvre. Par ailleurs, il a été montré qu'une réduction du rythme de reproduction (par exemple,
703 une insémination toutes les 7 semaines au lieu de 6 semaines actuellement) permet de réduire
704 la sollicitation nutritionnelle des femelles donc d'améliorer leur état corporel et d'augmenter
705 leur longévité. Néanmoins, cette pratique est aujourd'hui peu répandue et souvent limitée à la
706 période estivale pour des raisons économiques (réduction de la productivité annuelle). Enfin, le
707 logement individuel des femelles est contesté par les défenseurs de la cause animale car le lapin

708 est un animal grégaire qui vit en colonie. Le logement en groupe de femelles familières (sœurs
709 biologiques ou de lait) est possible jusqu'à la première mise bas (Laclef et al., 2021). Mais
710 ensuite les lapines se bagarrent et se blessent gravement en cherchant à instaurer une hiérarchie
711 sociale. Un système permettant un compromis satisfaisant entre performances de reproduction,
712 santé et expression des comportements reste à trouver.

713
714 **En élevage avicole conventionnel**, une limitation majeure à la santé et au bien-être des animaux
715 est le cloisonnement entre maillons de la chaîne de production (élevage des reproducteurs,
716 couvoir, élevage des poulets ou poulettes, atelier ponte pour les systèmes de production d'œufs,
717 transport vers l'abattoir). Ce cloisonnement entraîne des phases d'attente et de transport,
718 notamment entre le couvoir et l'élevage, qui représentent une source de stress considérable pour
719 les animaux. Après avoir été manipulés (tri et sexage), ceux-ci sont maintenus sans eau et sans
720 aliment pendant plusieurs heures, et possiblement soumis pendant le transport à des variations
721 de température, d'hygrométrie, ainsi que des vibrations voire des aléas de conduite. Il a été
722 montré que cette situation affecte durablement leurs santé physique (hypothermie post natale,
723 métabolisme modifié, retard de croissance ; Guilloteau et al., 2019, Beauclercq et al, 2019 ;
724 Foury et al, 2020) et psychosociale (Holleman et al, 2018) ultérieures. L'accès à l'eau et à
725 l'aliment dès l'éclosion est nécessaire et peut être réalisé par la fourniture d'aliment hydraté à
726 l'éclosoir et/ou dans les boîtes de transport ou encore par une éclosion à la ferme (van de Ven
727 et al., 2011 ; Leterrier, données non publiées). De plus, implanter précocement un microbiote
728 de barrière naturel (provenant ou en présence de poules adultes) ou sélectionné (communauté
729 microbienne intestinale, probiotiques), limite le portage de salmonelles et d'autres
730 enteropathogènes (Schneitz, 2005), faciliterait la maturation du système immunitaire et aiderait
731 à limiter le taux de mortalité qui reste élevé en phase de démarrage.

732 L'utilisation de souches génétiques très spécialisées dont le métabolisme est orienté
733 majoritairement vers les fonctions biologiques visées (croissance ou production d'œuf) affecte
734 aussi la santé des animaux. Ainsi, les poules pondeuses qui sont sélectionnées pour la
735 production d'œufs ont un squelette fragilisé au-delà de 70 semaines. Cette situation est
736 exacerbée par les conditions d'élevage qui n'offre pas aux animaux des possibilités de
737 mouvement suffisantes. D'autre part, les poulets qui sont sélectionnés pour une croissance
738 rapide et une forte efficacité alimentaire présentent des rendements en muscle pectoral
739 supérieurs à 20%, mais ont des capacités de thermorégulation affaiblies (Piestun et al., 2008) et
740 sont sujets à des myopathies musculaires fréquentes telles que les stries blanches, dureté
741 anormale du filet (wooden breast) ou muscle spaghetti (Praud et al., 2020). L'utilisation de
742 souches à vitesse de croissance plus lente ou de souches mixtes à la fois destinées à la
743 production d'œuf et de viande pourrait permettre d'éviter l'apparition de ces troubles.

744 Enfin, le picage des plumes chez les poules pondeuses reste un problème de santé important qui
745 est aujourd'hui géré par des atteintes à l'intégrité physique (épointage du bec). Ces pratiques
746 pourraient être évitées par l'alimentation (aliments riches en fibres), l'enrichissement du milieu
747 vie (litière adaptée, pierre ou blocs à picorer), la sélection génétique (contrôle des niveaux de
748 peur et de stress) et la réduction des densités en élevage (Rodenburg et al., 2013 ; Zepp et al.,
749 2018).

750 **6. Des défis à venir**

751 Aujourd'hui, une partie des consommateurs européens souhaitent une meilleure prise en
752 compte du bien-être animal. Ils ne soutiennent pas les pratiques qui portent atteinte à l'intégrité
753 physique des animaux (castration sans anesthésie, meulage des dents, épointage du bec...),
754 désapprouvent l'élevage des animaux en cage et souhaitent que les animaux puissent se mouvoir
755 librement. Suite à une initiative citoyenne « *End the Cage Age* »

756 (<https://www.endthecage.eu/>), la commission Européenne s'est engagée à proposer un cadre
757 d'évolution législative qui impose l'arrêt de l'élevage en cage pour la fin de 2023 et évoque une
758 entrée en vigueur en 2027. Les ateliers d'élevage d'animaux monogastriques sont
759 particulièrement visés par cette initiative : animaux reproducteurs et lapins en croissance, etc.
760 Les systèmes d'élevage d'animaux monogastriques vont ainsi devoir évoluer fortement et la
761 gestion de la santé devra être repensée en conséquence. Il est à noter qu'une meilleure prise en
762 compte du bien-être peut parfois avoir des conséquences négatives sur la santé des animaux
763 dans ces systèmes d'élevage. C'est le cas des lapines ou des truies élevées en groupe (blessures
764 voire mortalité ou réduction des performances de reproduction, Szendrő et al., 2019). Leur
765 donner la possibilité d'avoir des interactions sociales avec des congénères se traduit par des
766 combats fréquents et un taux de blessure très élevé jusqu'à l'établissement de la hiérarchie
767 sociale. Des travaux ont également montré que si les animaux qui ont un accès à l'extérieur
768 semblent moins affectés par des maladies respiratoires que les animaux élevés en bâtiments
769 fermés, ils sont plus concernés par des problématiques de mortalité périnatale et de reproduction
770 que dans les systèmes en claustration (Delsart et al, 2020). Cela est expliqué notamment par
771 une faible maîtrise des conditions lumineuses et thermiques. La gestion de la santé dans ces
772 systèmes devra donc intégrer une aide à l'adaptabilité des animaux aux variations climatiques
773 (brise vent, abris, refuge ; Skuce et al., 2013), une capacité à prévoir ces variations (accès à des
774 données ou alertes climatiques) pour anticiper la mise à l'abri des animaux et l'aménagement
775 des surfaces extérieures (arbres, haies coup vents, barrières de protection, etc.). De plus, les
776 animaux ayant un accès à l'extérieur sont plus exposés aux parasites et à d'autres agents
777 infectieux non rencontrés en bâtiment (via l'aliment, le sol, les contacts avec de la faune
778 sauvage). Cela conduira probablement à une augmentation de la diversité des systèmes
779 d'élevage, à une augmentation de la variabilité de l'état de santé et de bien-être entre les
780 animaux. De tels changements nécessiteront sans doute des modes de suivi et de gestion du
781 comportement et de paramètres de santé plus individualisés qui pourraient bénéficier
782 d'applications numériques (Grosse-Kleimann et al., 2021). Un agencement du milieu de vie ou
783 des pratiques innovantes devront être réfléchis pour gérer ces nouveaux enjeux. Les expériences
784 acquises dans les élevages qui respectent le cahier des charges de l'agriculture biologique
785 pourront être précieuses (Vaarst et Alroe, 2012).

786 **Conclusion**

787
788 La santé animale, à la fois état et processus, se construit tout au long de la vie des animaux.
789 Dans les élevage porcins, cunicoles et avicoles, de nombreux leviers d'actions sont disponibles
790 et doivent être mobilisés de manière cohérente dans une logique de gestion intégrée de la santé
791 des animaux. Ils ont principalement pour objectif de favoriser la construction de la santé, de
792 prévenir le contact avec les éléments biotiques et abiotiques nuisibles et de soutenir les capacités
793 adaptatives des animaux afin qu'ils soient tolérants à ces éléments. Pourtant, dans ces élevages,
794 l'utilisation d'antibiotiques et d'antiparasitaires reste aujourd'hui non négligeable. Cette
795 situation est expliquée notamment par des choix techniques ou organisationnels, motivés par
796 des raisons économiques, qui aboutissent à des situations qui dépassent les capacités
797 d'adaptation des animaux. C'est le cas en élevage porcin où l'immaturité digestive et
798 immunitaire des porcelets au moment du sevrage est un facteur de risque de troubles digestifs.
799 C'est aussi le cas en élevage avicole, où les conditions de transport des animaux entre le couvoir
800 et l'élevage génèrent un stress qui affecte de manière durable la santé des animaux et où la
801 sélection génétique orientée sur la fonction de production affaiblie les capacités d'adaptation
802 des animaux.

803 Certains de ces choix, notamment ceux concernant le logement, sont aujourd'hui critiqués par
804 la société car jugés non respectueux du bien-être animal. Ces critiques font émerger de
805 nouveaux systèmes d'élevage qui posent des questions inédites concernant la santé des
806 animaux. L'accès des animaux à l'extérieur modifie également les frontières et la dynamique
807 des flux (matière, xénobiotique, agent pathogène, individu, gènes) entre l'élevage et la faune
808 sauvage d'une part, et les milieux à forte anthropisation d'autre part. En référence au concept
809 « *One Health* », la plus grande proximité des vecteurs, des réservoirs d'agents pathogènes ou
810 des xénobiotiques présents dans les milieux sauvages ou anthropisés avec les élevages,
811 représente un défi pour la gestion intégrée de la santé (Esther et al., 2016).

812 **Contribution des auteurs**

813 Anne Collin, Sylvie Combes, Stéphane Ferchaud, Laurence Fortun-Lamothe, Karine Germain,
814 Laurence Guilloteau, Mélanie Gunia, Nathalie Lefloc'h, Lucile Montagne et Davi Savietto ont
815 contribué de manière équivalente à la réflexion conceptuelle ainsi qu'à la rédaction et aux
816 illustrations portant sur le système biotechnique. Claire Manoli a contribué à la rédaction des
817 sections portant sur le système décisionnel. Laurence Fortun-Lamothe a coordonné la réflexion
818 globale et la rédaction manuscrit.

819 **Remerciements**

820 Les auteurs remercient Catherine Schouler pour sa contribution aux réflexions et sa relecture,
821 Cécile Berri sa contribution expertes relative aux troubles musculaires aviaires et Agnès Girard
822 pour son aide dans les recherches bibliographiques.

823 **Références**

- 824
- 825 Abd El-Hack M.E., El-Saadony M.T., Shafi M.E., Qattan S.Y.A., Batiha G.E., Khafaga A.F.,
826 Abdel-Moneim A.E., Alagawany M., 2020. Probiotics in poultry feed: A comprehensive
827 review. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 104: 1835-1850. doi:10.1111/jpn.13454
- 828 Anses, 2014. Évaluation des risques d'émergence d'antibiorésistances liées aux modes
829 d'utilisation des antibiotiques dans le domaine de la santé animale. Avis, 240pp
- 830 Anses, 2020. Suivi des ventes de médicaments vétérinaires contenant des antibiotiques en
831 France en 2019, Anses-ANMV, France, novembre 2020, rapport, 97 pp.
832 <https://www.anses.fr/system/files/ANMV-Ra-Antibiotiques2019.pdf> consulté le
833 04/08/2021
- 834 Bhagwat V.G., Balamurugan E., Rangesh P., 2021. Cocktail of chelated minerals and
835 phytogetic feed additives in the poultry industry: A review. *Vet. World.*, 4: 364-371.
836 doi: 10.14202/vetworld.2021.364-371.
- 837 Beauclercq S., Lefèvre A., Montigny F., Collin A., Tesseraud S., Leterrier C., Emond P.,
838 Guilloteau L.A., 2019. A multiplatform metabolomic approach to characterize fecal
839 signatures of negative postnatal events in chicks: a pilot study. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*
840 9, 21. doi: 10.1186/s40104-019-0335-8.
- 841 Berry R., López-Martínez, G., 2020. A dose of experimental hormesis: When mild stress
842 protects and improves animal performance. *Comparative Biochemistry and Physiology*
843 Part A: *Mol. Integr. Physiol.* 242, 110658. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110658>

- 844 Bertin C., Ramonet Y., 2016. Etat des lieux des bâtiments d'élevage de porcs en Bretagne
845 chez les naisseurs-engraisseurs en 2015. Journ. Rech. Porcine, 48, 1-7.
- 846 Blanc F., Ollion E., Puillet L., Delaby L., Ingrand S., Tichit M., Friggens N., 2013. Evaluation
847 quantitative de la robustesse des animaux et du troupeau : quels principes retenir ?
848 20èmes Rencontres Rech. Ruminants, Paris, France, 365-272.
- 849 Blanco-Penedo I., Fernández González C., Tamminen L.M., Sundrum A., Emanuelson U.,
850 2018. Priorities and Future Actions for an Effective Use of Phytotherapy in Livestock—
851 Outputs from an Expert Workshop. Front. Vet. Sci., 22
852 <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00248>
- 853 Blavi L., Solà-Oriol D., Llonch P., López-Vergé S., Martín-Orúe S.M., Pérez J.F., 2021.
854 Management and Feeding Strategies in Early Life to Increase Piglet Performance and
855 Welfare around Weaning: A Review. Animals, 11, 302.
- 856 Bowling M., Forder R., Hughes R.J., Weaver S., Hynd P.I., 2018. Effect of restricted feed
857 intake in broiler breeder hens on their stress levels and the growth and immunology of
858 their offspring. Transl. Anim. Sci., 2, 263-271. doi: 10.1093/tas/txy064.
- 859 Brambell F.W.R., 1970. The Transmission of Passive Immunity from Mother to Young.
860 Amsterdam: North-Holland Research Monographs Frontiers of Biol. 18, 385 pp.
- 861 Chatelet A., Gondret F., Merlot E., Gilbert H., Friggens N.C., Le Floc'h N., 2018. Impact of
862 hygiene of housing conditions on performance and health of two pig genetic lines
863 divergent for residual feed intake. Animal, 12, 350-358.
- 864 Combes S., Massip K., Martin O., Furbeyre H., Cauquil L., Pascal G., Bouchez O., Le Floc'h
865 N., Zemb O., Oswald I.P., Gidenne T., 2017. Impact of feed restriction and housing
866 hygiene conditions on specific and inflammatory immune response, the cecal bacterial
867 community and the survival of young rabbits. Animal, 11, 854–863.
868 doi:10.1017/S1751731116002007
- 869 Corrége I., Hémonic A., 2018. La biosécurité en élevage de porcs : enjeux, observance, freins
870 et perspectives de progrès. J. Rech. Porcine, 50, 177-188.
- 871 Coudert P., Rideaud P., Kpodékon M., 1999. Le point sur les pasteurelloses du lapin : Rapport
872 de synthèse. 8èmes Journ. Rech. Cunicole, Paris, France, 9-10 juin, 3-12.
- 873 Darré J.P., Mathieu A., Lasseur J., 2004. Le sens des pratiques. Conceptions d'agriculteurs et
874 43 modèles d'agronomes. Inra Editions, Coll. Science Update, 320p.
- 875 Decuypere E., Bruggeman V., Everaert N., Li Y., BoonenR., De Tavernier J., Janssens S.,
876 Buys N., 2010. The broiler breeder paradox: ethical, genetic and physiological
877 perspectives, and suggestions for solutions. Br. Poultry Sci. 51, 569-579,
878 DOI10.1080/00071668.2010.519121
- 879 Dedieu B., Ingrand S., 2010. Incertitude et adaptation : cadres théoriques et application à
880 l'analyse de la dynamique des systèmes d'élevage. INRA Prod. Anim., 23, 81-90.
- 881 Dedieu, B., Faverdin, P., Dourmad, J.Y. , Gibon, A. Système d'élevage, un concept pour
882 raisonner les transformations de l'élevage. (2008) INRA Prod. Anim., 21, 45-58. ISSN
883 2273-774X

- 884 Delsart M., Pol F., Dufour B., Rose, N., Fablet C., 2020. Pig Farming in Alternative Systems:
885 Strengths and Challenges in Terms of Animal Welfare, Biosecurity, Animal Health and
886 Pork Safety. *Agriculture-Basel*, 10, article 261, DOI10.3390/agriculture10070261
- 887 Döring T.F., Vieweger A., Pautasso, M., Vaarst, M., Finkh, M.R., Wolfe, M.S., 2015.
888 Resilience as a universal criterion of health. *J. Sci. Food Agric.*, 95, 455–465.
- 889 Ducarmon Q. R., Zwittink R. D., Hornung B. V. H., van Schaik W., Young V. B., Kuijper, E.
890 J., 2019. Gut microbiota and colonization resistance against bacterial enteric infection.
891 *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 83, e00007-19. doi:10.1128/MMBR.00007-19.
- 892 Ducos A., Douhard F., Saviotto D., Sautier M., Fillon V., Gunia M., Rupp R., Moreno-
893 Romieux C., Mignion-Grasteau S., Gilbert, H., Fortun-Lamothe L., 2021.
894 Contributions de la génétique animale à la transition agroécologique des systèmes
895 d'élevage. *INRAE Prod. Anim.*, In press.
- 896 Ducrot C., Adam C., Beaugrand F., Belloc C., Bluhm J., Chauvin C., Cholton M., Collineau
897 L., Faisnel J., Fortané N., Hellec F., Hémonic A., Jloy N., Lhermie G., Magne M.A.,
898 Paul M., Poizat A., Raboisson D., Rousset N., 2018. Apport de la sociologie à l'étude
899 de la réduction d'usage des antibiotiques. *INRAE Prod. Anim.*, 31, 307–324.
900 <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2018.31.4.2395>
- 901 Dumont, B., Fortun-Lamothe, L., Jouven, M., Thomas, M., & Tichit, M. 2013. Prospects from
902 agroecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal*,
903 7, 1028-1043. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002418>
- 904 D. Durand, A. Collin, E. Merlot, E. Baéza, L. A. Guilloteau, N. Le Floc'h, A. Thomas, S.
905 Fontagné-Dicharry, F. Gondret. 2021. Review on the implication of redox imbalance in
906 animal health and performance: evidence from different farm species at critical periods.
907 *Animal* (soumis)
- 908 Faccin J.E.G., Tokach M.D., Allerson M.W., Woodworth J.C., DeRouchey J.M., Dritz S.S.,
909 Bortolozzo F.P., Goodband R.D., 2020. Relationship between weaning age and
910 antibiotic usage on pig growth performance and mortality. *J. Anim. Sci.*, 98, skaa363.
911 doi: 10.1093/jas/skaa363. PMID: 33188416; PMCID: PMC7755175.
- 912 Falker-Gieske C., Mott A., Preu S., Franzenburg S0, Bessei W0, Bennewitz J., Tetens J.,
913 2020. Analysis of the brain transcriptome in lines of laying hens divergently selected for
914 feather pecking. *B.M.C. Genomics*, 21, 595. doi: 10.1186/s12864-020-07002-1. PMID:
915 32854615; PMCID: PMC7457272.
- 916 Foong J.P.P, Hung L.Y., Poon S., Savidge T.C., Bornstein J.C., 2020. Early life interaction
917 between the microbiota and the enteric nervous system. *Am. J. Phys. Gastro. Liver*
918 *Phys.*, 319, G541-G548. DOI 10.1152/ajpgi.00288.2020
- 919 Fortun-lamothe L., Collet P.S., Read A.K., Mariana J.C., 2000. Effects of concurrent
920 pregnancy and lactation in rabbit does on the growth of follicles in daughters' ovaries.
921 *World Rabbit Sci.* 8, 33-40.
- 922 Fortun-Lamothe L., Combes S., Balmissse E., Collin A., Ferchaud S., Germain K., Pinard-Van
923 Der Laan M. H., Schouler C., Le Floc'h N., 2017. A conceptual framework to promote
924 integrated health management in monogastrics. In *Proc. 68th EAAP annual Meeting*,
925 Tallinn, Estonia, 28 August to 1 September, p245.
- 926 Fortun-lamothe L., Prunier A., Bolet G., Lebas F., 1999. Physiological mechanisms involved
927 in the effects of concurrent pregnancy and lactation on foetal growth and survival in the
928 rabbit. *Livest. Prod. Sci.* 60, 229-241.

- 929 Foury A., Collin A., Helbling J.C., Leterrier C., Moisan M.P., Guilloteau L.A., 2020.
 930 Spontaneous intake of essential oils after a negative postnatal experience has long-term
 931 effects on blood transcriptome in chickens. *Sci. Rep.* 10, 20702. doi: 10.1038/s41598-
 932 020-77732-5.
- 933 Fraser D., Duncan I.J., Edwards S.A., Grandin T., Gregory N.G., Guyonnet V., Hemsworth
 934 P.H., Huertas S.M., Huzzey J.M., Mellor D.J., Mench J.A., Spinka M., Whay H.R.,
 935 2013. General Principles for the welfare of animals in production systems: the
 936 underlying science and its application. *Vet. J.*, 198, 19-27. doi:
 937 10.1016/j.tvjl.2013.06.028. Epub 2013 Jul 27. PMID: 23899406.
- 938 Friggens N.C., Blanc F., Berry D.P., Puillet L. Review: Deciphering animal robustness. A
 939 synthesis to facilitate its use in livestock breeding and management. *Animal*, 11, 2237-
 940 2251. <https://doi.org/10.1017/S175173111700088X>
- 941 Ganiere J.P., Andre-Fontaine G., Drouin P., Faye B., Madec F., Rosnere G., Fourichon C.,
 942 Wang B. Tillon J.P., 1991. L'écopathologie : une méthode d'approche de la santé en
 943 élevage. *INRA Prod. Anim.*, 4, 247-256.
- 944 Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L., 2012. Feed intake limitation strategies for the
 945 growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology
 946 and health: a review. *Animal*, 6, 1407–1419.
- 947 Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L., 2012. Feed intake limitation strategies for the
 948 growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology
 949 and health: a review. *Animal*, 6, 1407-1419. DOI10.1017/S1751731112000389
- 950 Gidenne T., Fortun-Lamothe L., 2002. Feeding strategy for young rabbits around weaning: A
 951 review of digestive capacity and nutritional needs. *Anim. Sci.*, 75, 169-184.
 952 <https://doi.org/10.1017/S1357729800052942>
- 953 Gidenne T., García J., Lebas F., Licois D., 2010. 10 Nutrition and feeding strategy:
 954 interactions with pathology. *CABI*, 233–252.
- 955 Gilbert H., Ruesche J., Muller N., Billon Y., Begos V., Montagne L. 2019. Responses to
 956 weaning in two pig lines divergently selected for residual feed intake depending on diet.
 957 *J. Anim. Sci.* 97:43-54. doi: 10.1093/jas/sky416.
- 958 Gotti V., Manoli C., Dedieu B., 2021a. Work organization and integrated management of
 959 animal health: What connections do they have? ISWA, 2nd International Symposium on
 960 Work in Agriculture: Thinking the future of work in agriculture, Clermont-Ferrand,
 961 France, March 29th – April 1st, 2021.
- 962 Gotti V., Manoli C., Dedieu B., 2021b. Exploration of health practices in dairy farms: links
 963 with the farming system and work organization. 72nd annual meeting of the European
 964 Federation of Animal Science (EAAP), 30th August - 3rd September 2021, Davos
 965 (Switzerland).
- 966 Grosse-Kleimann J., Plate H., Meyer H., Gerhardy H., Heucke C.E., Kreienbrock L., 2021.
 967 Health monitoring of finishing pigs by secondary data use - a longitudinal analysis.
 968 *Porcine Health Manag.*, 7, n°20, DOI10.1186/s40813-021-00197-z
- 969 Groves P.J., 2021. Non-infectious diseases and laying hen welfare. *Anim. Prod. Sci.*, 61,
 970 1013-1017 <https://doi.org/10.1071/AN19680>
- 971 Guilloteau L.A., Collin A., Koch A., Leterrier C., 2019. Spontaneous Intake and Long-Term
 972 Effects of Essential Oils After a Negative Postnatal Experience in Chicks. *Front. Vet.*
 973 *Sci.*, 6, DOI10.3389/fvets.2019.00072

- 974 Gunia M., David I., Hurtaud J., Maupin M., Gilbert H., Garreau H., 2018. Genetic parameters
975 for resistance to non-specific diseases and production traits measured in challenging and
976 selection environments; Application to a Rabbit Case. *Front. Genet.*, 9, 467.
977 <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00467>
- 978 Gunnarsson S., 2006. "The conceptualisation of health and disease in veterinary medicine."
979 *Acta Vet. Scand.*, 48, 20.
- 980 Halfon N., Larson K., Lu M., Tullis E., Russ E., 2014. Lifecourse Health Development: Past,
981 Present and Future. *Matern. Child Health J.*, 18,344–365. DOI 10.1007/s10995-013-
982 1346-2
- 983 Hellec F., Manoli C., De Joybert M., 2021. Alternative medicines on the farm: a study of
984 dairy farmers' experiences in France. *Front Vet. Sci.*, 8, n° 563957,
985 DOI10.3389/fvets.2021.563957
- 986 Hémonic A., Poissonnet A., Chauvin C., Corrége I., 2019. Evolution des usages
987 d'antibiotiques dans les élevages de porcs en France entre 2010 et 2016 au travers des
988 panels J. Rech. Porcine, 51, 278-282.
- 989 Hertzman C., Power C., 2011. Health and Human Development: Understandings From Life-
990 Course Research. *Dev. Neuropsych.* 719-744, DOI: 10.1080/87565641.2003.9651917
- 991 Hickman R.A., Leangapichart T., LunhaK., Jiwakanon J., AngkititrakulS., MagnussonU.,
992 SundeM., JarhultJ.D., 2021. Exploring the Antibiotic Resistance Burden in Livestock,
993 Livestock Handlers and Their Non-Livestock Handling Contacts: A One Health
994 Perspective. *Front. Microbiol.*, 12, n°651461, DOI10.3389/fmicb.2021.651461
- 995 Hieke A.C., Hubert S.M., Athrey G., 2019. Circadian disruption and divergent microbiota
996 acquisition under extended photoperiod regimens in chicken. *PeerJ.*, 7, e6592. doi:
997 10.7717/peerj.6592. PMID: 30886778; PMCID: PMC6421066.
- 998 Hollemans M.S., de Vries S., Lammers A., Clouard C., 2018. Effects of early nutrition and
999 transport of 1-day-old chickens on production performance and fear response. *Poultry*
1000 *Sci.*, 97, 2534-2542
- 1001 Jiang X., Lu N., Zhao H., Yuan H., Xia D., Lei H., 2020. The Microbiome-Metabolome
1002 Response in the Colon of Piglets Under the Status of Weaning Stress. *Front Microbiol.*,
1003 11, 2055. doi: 10.3389/fmicb.2020.02055. PMID: 32983040; PMCID: PMC7483555.
- 1004 Ko H. L., Lopez-Verge S., Chong Q., Gasa J., X., Llonch P., 2021. "Short communication:
1005 Prewaning socialization and environmental enrichment affect short-term performance
1006 after regrouping in commercially reared pigs." *Animal* 15, 100115
- 1007 Kukielka1 E.A., Jori F., Martínez-López B., Chenais E., Masembe C., Chavernac D., Ståhl
1008 K., 2016. Wild and Domestic Pig Interactions at the Wildlife–Livestock Interface of
1009 Murchison Falls National Park, Uganda, and the Potential Association with African
1010 Swine Fever Outbreaks. *Front. Vet. Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00031>
- 1011 Laclef E., Savietto D., Warin L., Huang Y., Bonnemère J.M., Combes S., Gidenne T., Fortun-
1012 Lamothe L., 2021. Part-time group housing if familiar rabbit does in large partitioned
1013 space : effects on performance and behaviour. 12th World Rabbit Congress, 3-5
1014 November 2021, Nantes, France.
- 1015 Lanning D., Sethupathi P., Rhee K.J., Zhai S.K., Knight K.L., 2000. Intestinal microflora and
1016 diversification of the rabbit antibody repertoire. *J. Immunol.* 165, 2012–2019.

- 1017 Le Floc'h N., Boudon A., Montagne A., Gilbert H., Gondret F., Lebreton B., Lefaucheur L.,
 1018 Louveau I., Merlot E., Pèrè M.C., Meunier-Salaün M.C., Prunier A., Quesnel H., 2021.
 1019 Santé et bien-être de la truie gestante et du porc en croissance. INRAE Prod. Anim.,
 1020 (Submitted)
- 1021 Le Roy P., Ducos A., Phocas F. (2019). Quelles performances pour les animaux de demain ?
 1022 Objectifs et méthodes de sélection. INRAE Prod. Anim., 32, 233–246.
 1023 <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.2.2466>
- 1024 Lemery B., 2003. Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture. Sociol.
 1025 Travail, 45, 9-25.
- 1026 Lhermie G., Raboisson D., Krebs S., Dupraz P., 2015. Facteurs déterminants et leviers de
 1027 réduction de l'usage des antibiotiques en productions animales. Economie rurale, 348,
 1028 DOI : 10.4000/economierurale.4671
- 1029 Liao S. F., 2021. Maintain or Improve Piglet Gut Health around Weanling: The Fundamental
 1030 Effects of Dietary Amino Acids. Animals, 11, 1110, DOI10.3390/ani11041110
- 1031 Licois D., MARLIER D., 2008. Pathologies Infectieuses Du Lapin En élevage Rationnel.
 1032 INRAE Prod. Anim., 21, 257-68. [https://doi.org/10.20870/productions-](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2008.21.3.3400)
 1033 [animales.2008.21.3.3400](https://doi.org/10.20870/productions-animales.2008.21.3.3400)
- 1034 Licois, D., 2009. Pathologie d'origine bactérienne et parasitaire chez le lapin : apports de la
 1035 dernière décennie. In Proc. 13^{ème} Journ. Rech. Cunicole, 17-18 novembre 2009. Le
 1036 Mans, France
- 1037 Loyau T., Bedrani L., Berri C., Métayer-Coustard S., Praud C., Coustham V., Mignon-
 1038 Grasteau S., Duclos M.J., Tesseraud S., Rideau N., Hennequet-Antier C., Everaert N.,
 1039 Yahav S., Collin A., 2015. Cyclic variations in incubation conditions induce adaptive
 1040 responses to later heat exposure in chickens: a review. Animal, 9, 76-85. doi:
 1041 10.1017/S1751731114001931. Epub 2014 Aug 14. PMID: 25118598.
- 1042 Lyte M., 2013. Microbial endocrinology in the microbiome-gut-brain axis: how bacterial
 1043 production and utilization of neurochemicals influence behavior. PLoS Pathog., 9,
 1044 e1003726. doi: 10.1371/journal.ppat.1003726.
- 1045 Madderm J.G., Walkers J., Van Rooyen D., Knobel E., Vandamme E., Berkvens D.,
 1046 Vanwambeke S.O., De Clerc E.M., 2012. e-Surveillance in Animal Health: use and
 1047 evaluation of mobile tools. Parasitol., 139, 1831–1842.
 1048 doi:10.1017/S0031182012000571
- 1049 Manoli C., Gambarà T., Di Bianco S., Bareille N., Kaufmann P., Dufay-Lefort A.C.,
 1050 Poissonnet A., Wache A., 2021. How are animal health monitoring tools used ? The
 1051 point of view of french livestock farmers. 72nd annual meeting of the European
 1052 Federation of Animal Science (EAAP), 30th August - 3rd September 2021, Davos,
 1053 Switzerland.
- 1054 Melkebeek V., Goddeeris B.M., Cox E., 2013. ETEC vaccination in pigs. Vet. Immunol.
 1055 Immunopathol., 152, 37-42. doi: 10.1016/j.vetimm.2012.09.024. Epub 2012 Sep 26.
 1056 PMID: 23068270).
- 1057 Menjon P., d'Orgeval R., 1983. Entre atelier et filière: le système d'élevage. Agriscope, I (1),
 1058 « L'exploitation agricole, une approche globale », 42-53.
- 1059 Nilsson E.E., Sadler-Riggelman I., Skinner M.K., 2018. Environmentally induced epigenetic
 1060 transgenerational inheritance of disease. Environ. Epigenetics, 4,
 1061 <https://doi.org/10.1093/eep/dvy016>

- 1062 Paul M., Belloc C., Rousset N., Hemonic A., Margueries J., Le Coz P., Le Normand B.,
 1063 Hercule J., Roguet C., Leblanc-Maridor M., Chauvin C., Ducrot C., 2022. Evolution de
 1064 l'usage des antibiotiques en filières monogastriques : état d'avancement et perspectives.
 1065 INRAE Prod. Anim., xxx
- 1066 Piel Y., Le Gall A., Belloc C., Leblanc-Maridor M., 2019. Pratiques et perceptions de l'usage
 1067 des antibiotiques chez les éleveurs porcins. *J. Rech. Porcine*, 51, 283-288.
- 1068 Piestun Y., Shinder D., Ruzal M., Halevy O., Brake J., Yahav S., 2008. Thermal
 1069 manipulations during broiler embryogenesis: Effect on the acquisition of
 1070 thermotolerance. *Poultry Sci.* 87, 1516-1525, DOI10.3382/ps.2008-00030
- 1071 Pluske J.R., Turpin D.L., Kim J.C., 2018. Gastrointestinal tract (gut) health in the young pig.
 1072 *Anim. Nutr.*, 4,187-196. doi: 10.1016/j.aninu.2017.12.004. Epub 2018 Jan 10. PMID:
 1073 30140758; PMCID: PMC6104527.
- 1074 Postma M., Vanderhaeghen W., Sarrazin S., Maes D., Dewulf J. 2017. Reducing
 1075 Antimicrobial Usage in Pig Production without Jeopardizing Production Parameters.
 1076 *Zoonoses Public Health*, 64, 63-74. doi: 10.1111/zph.12283. Epub 2016 Jun 30. PMID:
 1077 27362766.
- 1078 Praud C., Jimenez J., Pampouille E., Courousse N., Godet E., Le Bihan-Duval E., Berri C.,
 1079 2020. Molecular Phenotyping of White Striping and Wooden Breast Myopathies in
 1080 Chicken. *Front. Physiol.*, 11, n°633, DOI 10.3389/fphys.2020.00633
- 1081 Pullinger G.D., van Diemen P.M., Carnell S.C., Davies H., Lyte M., Stevens M.P. 6-
 1082 hydroxydopamine-mediated release of norepinephrine increases faecal excretion of
 1083 *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in pigs. *Vet. Res.*,41, 68. doi:
 1084 10.1051/vetres/2010040. Epub 2010 Jul 9. PMID: 20609329; PMCID: PMC2913729.
- 1085 Sinha R., Sahoo N.R., Shrivastava K., Kumar P., Qureshi S., De U.K., Kumar A., Kumar
 1086 G.V.P.P.S.R., Bhushan B. 2019. Resistance to ETEC F4/F18-mediated piglet diarrhoea:
 1087 opening the gene black box. *Trop. Anim. Health Prod.* 51:1307-1320. doi:
 1088 10.1007/s11250-019-01934-x.
- 1089 Råberg L., Sim D., Read A.F., 2007. Disentangling genetic variation for resistance and
 1090 tolerance to infectious diseases in animals. *Sci.*, 318, 812-4.
 1091 <https://doi.org/10.1126/science.1148526>
- 1092 Rabot S., 2015. Axe intestin cerveau : comment le microbiote intestinal influence la réponse
 1093 au stress. *Bull. Acad. Vét. France*.168, 267-273. DOI : 10.4267/2042/57938
- 1094 Rödel H.G., Bautista A., Hudson R., 2008. Why do heavy littermates grow better than lighter
 1095 ones? A study in wild and domestic European rabbits. *J. Phys. Behav.*
 1096 <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.07.011>
- 1097 Rodenburg T.B., van Krimpen M.M., de Jong I. C., de Haas E.N., Kops, M.S., Riedstra B.J.,
 1098 Nordquist R.E., Wagenaar J.P., Bestman M., Nicol C.J, 2013. The prevention and
 1099 control of feather pecking in laying hens: identifying the underlying principles. *Worlds*
 1100 *Poultry Sci. J.*, 69, 361-373. DOI 10.1017/S0043933913000354
- 1101 Rosell J.M., De la Fuente L., 2013. Assessing ulcerative pododermatitis of breeding rabbits.
 1102 *Animals*, 3, 318-326. <https://doi.org/10.3390/ani3020318>
- 1103 Rosell J.M., De la Fuente L.F., 2009. Effect of footrests on the incidence of ulcerative
 1104 pododermatitis in domestic rabbit does. *Anim. Welf.*, 18, 199-204.

- 1105 Round J., Mazmanian S. 2009. The gut microbiota shapes intestinal immune responses during
1106 health and disease. *Nat. Rev. Immunol.* 9, 313–323. <https://doi.org/10.1038/nri2515>
- 1107 Schneider D., Ayres J., 2008. Two ways to survive infection: what resistance and tolerance
1108 can teach us about treating infectious diseases. *Nat. Rev. Immunol.* 8, 889–895 (2008).
1109 <https://doi.org/10.1038/nri2432>
- 1110 Schneitz C., 2005. Competitive exclusion in poultry—30 years of research. *Food Control* 16,
1111 657-667, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.06.002>
- 1112 Shrestha M., Garreau H., Balmisse E., Bed’hom B., David I., Guitton E., Helloin E., Lenoir
1113 G., Maupin M., Robert R., Lantier F., Gunia M., 2020. Genetic parameters of resistance
1114 to pasteurellosis using novel response traits in rabbits. *Gen. Sel. Ev.*, 52, 14 p., doi:
1115 10.1186/s12711-020-00552-8
- 1116 Skuce P.J., Morgan E.R., van Dijk J. Mitchell M., 2013. Animal health aspects of adaptation
1117 to climate change: beating the heat and parasites in a warming Europe. *Animal* 7, 333–
1118 345
- 1119 Suzuki K., 2017. The developing world of DOHaD. *J. Dev. Orig. Health Dis.*, 9, 266-269.
- 1120 Szendrő Z., Trocino A., Hoy S., Xiccato G., Villagrà A., Maertens L., 2019. A review of
1121 recent research outcomes on the housing of farmed domestic rabbits: reproducing does.
1122 *World Rabbit Sci.*, 27, 1-14.
- 1123 Tran T.S., Beaumont C., Salmon N., Fife M., Kaiser P., Le Bihan-Duval E., Vignal A., Velge
1124 P., Calenge F., 2012. A maximum likelihood QTL analysis reveals common genome
1125 regions controlling resistance to *Salmonella* colonization and carrier-state. *BMC*
1126 *Genom.*, 13, 198. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-13-198>
- 1127 Travel A., Petit A., Barat P., Collin A., Bourrier-Clairat C., Pertusa M., Skiba F., Crochet S.,
1128 Cailleau-Audouin E., Chartrin P., Guillory V., Bellenot D., Guabiraba R., Guilloteau L.,
1129 2021. Methodologies to assess the bioactivity of a plant extract on redox balance,
1130 inflammation, health, welfare and performance in the chicken: the case of *Melissa*
1131 *officinalis* L. extract. *Front. Vet. Sci.* doi: 10.3389/fvets.2021.759456
- 1132 Vaarst M. Alroe H.F., 2012. Concepts of animal health and welfare in organic livestock
1133 systems. *J. Agric. Environ. Ethics* 25, 333–347.
- 1134 van de Ven L.J., van Wagenberg A.V., Debonne M., Decuypere E., Kemp B., van den Brand
1135 H. 2011. Hatching system and time effects on broiler physiology and posthatch growth.
1136 *Poult Sci.*, 90,1267-75. doi: 10.3382/ps.2010-00876.
- 1137 Van der Waaij E.H., van den Brand H., van Arendonk J.A.M., Kemp B., 2011. Effect of
1138 match or mismatch of maternal-offspring nutritional environment on the development of
1139 offspring in broiler chickens . *Animal*, 5, 741-748. DOI10.1017/S1751731110002387
- 1140 Villemin M., 1981. *Bull. Acad. Vét. de France*, 54, 1385-392.
- 1141 Weström B., Arévalo Sureda E., Pierzynowska K., Pierzynowski S.G., Pérez-Cano F.J., 2020.
1142 The Immature Gut Barrier and Its Importance in Establishing Immunity in Newborn
1143 Mammals. *Front. Immunol.* 11, doi: 10.3389/fimmu.2020.01153
- 1144 Zepp M., Louton H., Erhard M., Schmidt P., Helmer F., Schwarzer A., 2018. The influence
1145 of stocking density and enrichment on the occurrence of feather pecking and aggressive
1146 pecking behavior in laying hen chicks. *J. Vet. Behav.-Clin. Appl. Res.*, 24, 9-18. DOI :
1147 10.1016/j.jveb.2017.12.005

1148 Zhai H.X., Liu, H., Wang S.K., Wu J.L., Klunter A.M., 2018. Potential of essential oils for
1149 poultry and pigs. *Anim. Nutr.*, 4, 179-186, DOI10.1016/j.aninu.2018.01.005