HAL open science

Intensification des systèmes d'élevage et risques pandémiques

Alexis Delabouglise, Jean-Luc Guerin, Antoine Lury, Aurélie Binot, Mathilde Paul, Marisa Peyre, François Roger, Etienne Bonbon

To cite this version:

Alexis Delabouglise, Jean-Luc Guerin, Antoine Lury, Aurélie Binot, Mathilde Paul, et al.. Intensification des systèmes d'élevage et risques pandémiques. Cahiers Agricultures, 2022, 31, pp.16. 10.1051/cagri/2022012 . hal-03744317

HAL Id: hal-03744317

https://hal.inrae.fr/hal-03744317

Submitted on 2 Aug 2022

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.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Cah. Agric. 2022, 31, 16
© A. Delabouglise et al., Hosted by EDP Sciences 2022
https://doi.org/10.1051/cagri/2022012

Cahiers Agricultures

Disponible en ligne :
www.cahiersagricultures.fr

Article d'opinion / Opinion Article

Open Access

Intensification des systèmes d'élevage et risques pandémiques

Alexis Delabouglise[1,2,*], Jean-Luc Guerin[3], Antoine Lury[4], Aurélie Binot[1,2], Mathilde Paul[3], Marisa Peyre[1,2], François Roger[5,6] et Etienne Bonbon[7]

[1] CIRAD, UMR ASTRE, 34398 Montpellier, France
[2] ASTRE, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Montpellier, France
[3] IAHP, Université de Toulouse, INRAE, ENVT, Toulouse, France
[4] Agronomes et vétérinaires sans frontière, Lyon, France
[5] CIRAD, DGDRS, Hanoï, Vietnam
[6] Université de Montpellier, Montpellier, France
[7] Centre de gestion des urgences de santé animale, FAO, Rome, Italie

Résumé – Le lien supposé entre intensification des productions animales et fréquence grandissante des maladies humaines émergentes à potentiel pandémique est une des controverses majeures qui touchent le système alimentaire mondial. Historiquement, les animaux domestiques ont contribué à l'apparition de maladies humaines majeures et sont le réservoir ou l'hôte intermédiaire de plusieurs zoonoses émergentes. Cependant, l'impact des pratiques associées à l'intensification des productions animales sur la santé humaine reste à déterminer avec objectivité. La concentration des animaux en forte densité dans des structures d'élevage de plus en plus grandes, de même que l'intensité croissante des flux d'animaux vivants aux échelles nationale et internationale constituent des facteurs de risque avérés. Cependant, l'intensification de l'élevage peut aussi conduire à une diminution des risques d'émergence à l'interface faune sauvage–faune domestique–humains, grâce à la généralisation des mesures de biosécurité et à l'encadrement des pratiques d'élevage et des réseaux commerciaux, une évolution très dépendante du contexte socio-économique propre à chaque pays et région.

Mots clés : élevage intensif / production animale / zoonose / maladie infectieuse / épidémiologie

Abstract – Intensification of livestock systems and pandemic risks. The supposed link between the intensification of livestock production and the increasing frequency of emerging human diseases with a pandemic potential is one of the major controversies affecting the global food system. Domestic animals have contributed to the appearance of some major human diseases and are the reservoir or intermediary host of several recently emerged zoonoses. However, the impact of practices associated with the intensification of livestock production on human health has yet to be determined objectively. The concentration of animals in high density in increasingly large breeding structures, as well as the growing intensity of flows of live animals at the national and international levels, constitute well established risk factors. On the other hand, the intensification of animal husbandry can lead to a reduction in the risks of emergence at the interface between wildlife, livestock and humans, through enhanced application of biosecurity measures and controls on farming practices and commercial networks, although this evolution strongly depends on the socioeconomic context specific to each country or region.

Keywords: intensive farming / livestock production / zoonosis / infectious disease / epidemiology

*Auteur de correspondance : alexis.delabouglise@cirad.fr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License CC-BY-NC (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, except for commercial purposes, provided the original work is properly cited.

1 Introduction

La crise de la Covid-19 a relancé le débat ancien sur la contribution des activités humaines aux émergences de maladies infectieuses et aux risques pandémiques (Karesh *et al.*, 2012). Parmi ces enjeux, le rôle de l'intensification des productions animales, qui s'est accélérée depuis la seconde moitié du XXe siècle, suscite de vives controverses qui recoupent un débat plus large sur la durabilité des pratiques de l'élevage industriel et leurs conséquences sur le bien-être animal ou l'environnement. Au-delà de ces importantes questions éthiques et écologiques et des questions sociétales que soulèvent la place et le statut des animaux, il paraît plus que jamais nécessaire de faire un état des lieux des arguments en faveur et en défaveur d'une contribution de l'intensification de l'élevage aux émergences passées, présentes et futures de maladies infectieuses chez l'homme.

2 Domestication des animaux et émergence de maladies infectieuses humaines

Historiquement, plusieurs maladies infectieuses humaines majeures sont le fait d'agents pathogènes transmis par les animaux domestiques. C'est le cas de la rougeole, de la coqueluche et, dans une certaine mesure, de l'influenza (Dux *et al.*, 2020 ; Pearce-Duvet, 2006 ; Taubenberger *et al.*, 2005 ; Wolfe *et al.*, 2007). Par ailleurs, un des coronavirus humains les plus répandus, HCoV-OC43, est apparenté au coronavirus bovin et au virus de l'encéphalomyélite hémagglutinante porcine (PHEV) (Vijgen *et al.*, 2006). La contribution de la domestication animale aux épidémies humaines n'est donc pas un phénomène nouveau (Diamond, 2002). Depuis le milieu du XXe siècle, on observe une accélération dans le nombre et la fréquence d'émergences de maladies, dont plus de 60 % sont d'origine animale (Jones *et al.*, 2008). En parallèle, les productions animales, en particulier des volailles et du porc, ont connu un développement accéléré. La population de poulets est ainsi passée de 4 à 26 milliards de têtes entre 1961 et 2019, tandis que la population humaine passait de 3,1 à 7,7 milliards sur la même période (FAOSTAT, 2020 ; United Nations, 2021). Bien qu'une majorité des nouvelles espèces de pathogènes émergents d'origine animale proviennent de la faune sauvage, les animaux domestiques sont, de très loin, la principale source d'infection par des pathogènes zoonotiques, c'est-à-dire transmis des animaux vertébrés non humains à l'homme (Haider *et al.*, 2020 ; Jones *et al.*, 2013 ; Kock et Caceres-Escobar, 2022 ; Rohr *et al.*, 2019). Parmi les émergences récentes de maladies imputables aux productions animales, on peut citer la fièvre de la vallée du Rift (Gerdes, 2004) et la plupart des nouvelles souches d'influenza aviaire et porcine pathogènes pour l'homme (Claas *et al.*, 1998 ; Dawood *et al.*, 2009 ; Gao *et al.*, 2013). Par ailleurs, les animaux domestiques jouent fréquemment le rôle de « relais » indispensable à la transmission du pathogène de son réservoir sauvage à l'homme (Caron *et al.*, 2015). C'est le cas, par exemple, pour l'encéphalite à virus Nipah (Chua *et al.*, 1999) et le coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS-CoV) (Azhar *et al.*, 2014). Les populations d'animaux domestiques peuvent également constituer un réservoir de virus, donnant lieu à l'émergence de nouvelles souches par recombinaison, comme dans le cas de l'influenza aviaire (Dhingra *et al.*, 2018). De récents travaux montrent que certaines espèces d'animaux domestiques, dont le porc, hébergent une grande diversité de coronavirus susceptibles d'entraîner l'émergence d'une nouvelle souche virale transmissible à l'homme par recombinaison (Wardeh *et al.*, 2021). Le saut de barrière d'espèce complet, avec adaptation du pathogène à l'homme, reste cependant rarissime (Jones *et al.*, 2008 ; Plowright *et al.*, 2017) : dans la grande majorité des cas, les transmissions interhumaines sont absentes ou sont trop rares pour permettre une circulation pérenne dans la population humaine, comme dans le cas de l'influenza aviaire (Li *et al.*, 2014). La circulation du pathogène est entretenue dans des populations animales domestiques ou sauvages.

Le développement de l'élevage peut jouer un rôle plus indirect dans les émergences de pathogènes à l'interface entre faune sauvage et populations humaines. L'anthropisation croissante des milieux naturels, notamment à travers l'expansion des pâturages et des terres agricoles, en grande partie utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage, est statistiquement associée à une fréquence plus élevée d'émergences de maladies et à une plus grande abondance d'espèces de mammifères hôtes de pathogènes zoonotiques (Allen *et al.*, 2017 ; Gibb *et al.*, 2020). Ces corrélations sont établies à partir d'études globales sur des données agrégées, et donc fortement limitées dans leur exploration analytique des mécanismes sous-jacents. Il est communément suggéré que la conversion des aires naturelles en terres agricoles par la déforestation ou l'assèchement des zones humides conduit à des contacts plus fréquents entre les humains, les animaux domestiques et les espèces de la faune sauvage réservoirs de pathogènes, augmentant le risque de saut de barrière d'espèce (Mann *et al.*, 2015 ; McMahon *et al.*, 2018 ; Plowright *et al.*, 2017). De plus, la perte de biodiversité animale associée à ces changements faciliterait également la transmission d'agents pathogènes chez les mammifères réservoirs de pathogènes ; en effet, une perte de biodiversité se traduit par une plus grande abondance d'un nombre réduit d'espèces hôtes, facilitant la transmission d'agents infectieux propres à ces espèces. Cependant, l'impact réel de ces mécanismes sur le risque d'émergence de maladies humaines reste sujet à débat (Keesing *et al.*, 2010).

3 L'intensification des systèmes d'élevage : un phénomène récent aux dynamiques contrastées

L'intensification désigne un ensemble de processus visant à augmenter la productivité des systèmes d'élevage, c'est-à-dire la quantité de produits obtenus par rapport au coût investi, notamment en main-d'œuvre et en surface agricole. En règle générale, l'intensification de l'élevage se traduit par une augmentation du volume de production, afin de réaliser des économies d'échelle, et par un recours accru aux intrants technologiques, aux aliments concentrés, à la claustration et à l'amélioration génétique. Dans certains cas, elle s'accompagne d'investissements destinés à améliorer la santé animale par l'utilisation de produits vétérinaires comme les antimicrobiens et les vaccins, ainsi que de mesures de biosécurité destinées à limiter l'introduction et la diffusion d'agents pathogènes dans les élevages. Enfin, l'intensification des structures d'élevage

va de pair avec une plus grande spécialisation des éleveurs dans un seul type de production, ou une étape spécifique de la chaîne de valeur, et une intégration aux circuits commerciaux nationaux ou internationaux (FAO, 2011 ; Robinson *et al.*, 2011 ; Steinfeld *et al.*, 2010).

L'intensification de l'élevage est un phénomène relativement nouveau, qui a pris son essor à partir de la fin de la Seconde Guerre mondiale dans les pays industrialisés, où le modèle intensif est désormais dominant. Elle connaît actuellement un progrès rapide dans un grand nombre de pays du Sud, en lien avec la croissance de la population urbaine, l'augmentation des revenus et de la demande en produits d'origine animale (Chen *et al.*, 2015 ; Gilbert *et al.*, 2015 ; Steinfeld *et al.*, 2010 ; Zhou et Staatz, 2016). En améliorant le rendement des productions, l'intensification a amélioré notre accès aux protéines d'origine animale. Ainsi, malgré l'accroissement de la population humaine, la quantité de viande disponible par habitant a quasiment doublé au niveau mondial entre 1961 et 2019, passant de 23 à 44 kg/an, malgré de fortes disparités géographiques (FAOSTAT, 2020). L'élevage intensif est néanmoins remis en cause aujourd'hui, en particulier dans les pays industrialisés, notamment en raison de ses conséquences environnementales et sociétales (FAO, 2006).

Le processus d'intensification de l'élevage peut prendre des formes très diverses en fonction des contextes. Dans certains pays asiatiques, où l'espace est la principale contrainte, on observe, par exemple, une mobilisation plus forte de la main-d'œuvre dans les élevages semi-commerciaux (Robinson *et al.*, 2011). Les pays à revenu faible ou intermédiaire voient se développer une forme de production qu'on peut qualifier d'élevage de « transition ». C'est le cas, par exemple, de l'aviculture, traditionnellement dominée par l'élevage de basse-cour, et marquée par le développement rapide de structures de plus grande échelle, intégrées aux circuits commerciaux, mais avec des changements limités des pratiques d'élevage et, en particulier, une faible application de mesures préventives contre les risques sanitaires (Burgos *et al.*, 2008 ; Hosny, 2006 ; Obi *et al.*, 2008 ; Sudarman *et al.*, 2010). Enfin, en Europe et, dans une bien moindre mesure, en Amérique du Nord, un mouvement de retour à des formes d'élevage plus extensives, plus respectueuses du bien-être animal et de l'environnement, est en plein essor. Contrairement aux élevages extensifs des pays du Sud, ces systèmes, qu'on regroupera sous la dénomination d'élevages « alternatifs » dans le reste du manuscrit, sont très encadrés. Il s'agit notamment de l'agriculture biologique ainsi que d'autres signes de qualité garantis par des organismes certificateurs. Cette évolution est pour partie le résultat d'une évolution de la réglementation, mais aussi, et plus directement, d'une pression sociétale relayée par les circuits de distribution alimentaire (Magdelaine *et al.*, 2008).

4 L'intensification porteuse de facteurs de risque d'émergence : considérations théoriques et connaissances empiriques

La contribution potentielle de l'intensification, ou tout du moins de la concentration de l'élevage, au processus d'émergence des maladies infectieuses peut être illustrée par au moins deux exemples. Les élevages avicoles commerciaux de moyenne à grande échelle semblent avoir joué un rôle crucial dans la propagation rapide de l'influenza aviaire hautement pathogène due à H5N1 dans plusieurs pays, notamment en Asie du Sud-Est entre 2003 et 2006 (Otte *et al.*, 2008 ; Van Boeckel *et al.*, 2012 ; Walker *et al.*, 2012) et en Chine (Gilbert *et al.*, 2017). En particulier, les grands élevages de canards, comptant plusieurs milliers de têtes et pratiquant la divagation sur zones inondées, ont joué un rôle prépondérant. Par ailleurs, les réseaux de commerce et les marchés de volailles vivantes, utilisés pour la vente des volailles issues d'élevages commerciaux, sont un facteur de risque important de la propagation du virus au sein des pays et entre pays (Biswas *et al.*, 2009 ; Desvaux *et al.*, 2011 ; Kilpatrick *et al.*, 2006 ; Kung *et al.*, 2007). Un autre exemple est celui de l'émergence de l'infection à virus Nipah en Malaisie, associée au développement d'élevages de porcs à grande échelle à proximité des zones de culture de manguiers. Le développement de ces activités agricoles a permis la mise en contact de chauves-souris frugivores réservoirs du virus avec les populations de porcs domestiques. Les mouvements de porcs vivants vendus à d'autres fermes ont ensuite entraîné la diffusion du virus dans la population porcine et des contaminations humaines plus nombreuses au contact des porcs infectés (Chua *et al.*, 1999 ; Pulliam *et al.*, 2012).

L'intensification de l'élevage présente donc, *a priori*, deux risques avérés :

- les densités élevées d'animaux favorisent les contacts infectieux et la propagation des pathogènes au sein des élevages ;
- la circulation d'animaux vivants sur de longues distances *via* les réseaux commerciaux favorisent leur diffusion rapide sur de larges zones géographiques.

L'intégration croissante des éleveurs à des chaînes de productions complexes et des circuits commerciaux étendus se traduit par l'accroissement des flux intra- et internationaux d'animaux vivants qui accélèrent la diffusion des pathogènes et les possibilités de recombinaison entre virus de différentes lignées (Kilpatrick *et al.*, 2006 ; Trovao et Nelson, 2020). Cette tendance est liée à la spécialisation croissante des élevages dans une étape donnée de la chaîne de production (sélection génétique, reproduction, engraissement) au sein de filières de plus en plus segmentées, ainsi qu'à la concentration de la consommation dans les pôles urbains et la globalisation des échanges.

Les modèles théoriques suggèrent que les pratiques d'élevage apportées par l'intensification donnent un avantage sélectif aux souches de pathogènes plus virulentes et accroissent la vulnérabilité des populations animales aux infections (Kennedy *et al.*, 2016). Parmi ces pratiques, on peut citer la concentration des animaux en forte densité et sur des cycles de vie courts, – qui avantagent les pathogènes très virulents qui se transmettent rapidement aux dépens des pathogènes moins virulents qui persistent longtemps chez l'hôte –, et la perte de diversité génétique – qui entraîne une spécialisation des pathogènes au profil génétique de l'hôte, et donc un accroissement de leur virulence chez cet hôte. La reproduction étant entièrement sous contrôle humain, avec une sélection des reproducteurs fondée en premier lieu sur la productivité, les mécanismes de sélection naturelle favorisant

les individus plus résistants aux maladies infectieuses sont beaucoup moins opérants dans les conditions contrôlées de l'élevage intensif qu'en milieu naturel ou dans les élevages extensifs assurant leur propre renouvellement. Bien que ce postulat reste avant tout théorique, cette sélection adverse est considérée comme l'explication la plus plausible à l'accroissement de la virulence de certains virus comme celui de la maladie de Marek des poulets, une maladie non zoonotique (Atkins *et al.*, 2013). L'émergence de nouvelles souches d'influenza aviaire hautement pathogènes pourrait également avoir été favorisée par le développement d'élevages avicoles à forte densité, mais cette hypothèse reste à investiguer (Dhingra *et al.*, 2018).

5 L'intensification porteuse d'une meilleure gestion sanitaire : un postulat à moduler selon les contextes géographiques

Les deux exemples d'émergence cités précédemment ne constituent pas la preuve d'une corrélation entre fréquence d'émergence et intensification, d'autant que cette dernière peut aussi s'accompagner d'une meilleure gestion des risques sanitaires. Dans les pays industrialisés, l'intensification de l'élevage a en effet apporté des changements de pratiques qui peuvent limiter les risques infectieux et ont permis le contrôle de zoonoses à réservoir sauvage comme la trichinellose chez le porc domestique (Pyburn *et al.*, 2005). La biosécurité ou la prophylaxie médicale (vaccination notamment) sont en principe plus faciles à mettre en œuvre dans un contexte de productions de grande taille, en raison des économies d'échelle et d'un meilleur accès aux crédits et à l'appui technique et financier des acteurs privés. L'élevage intensif s'accompagne, dans la plupart des cas, d'un confinement relatif des animaux, limitant les contacts entre faune domestique et sauvage, et ainsi les risques de saut de barrière d'espèce entre ces différents compartiments. L'intensification des productions peut également s'accompagner d'un meilleur contrôle des flux commerciaux d'animaux et de leurs conditions d'élevage, de transport et de stockage, davantage régulés par des contrats formels. Selon une étude conduite au Vietnam, la vente en urgence des volailles faisant suite à des cas de mortalité dus à des maladies, qui accroît la diffusion des pathogènes *via* les réseaux commerciaux, est moins fréquente pour les lots de grande taille (Delabouglise *et al.*, 2020). Cette information demande néanmoins à être vérifiée dans d'autres contextes.

De manière générale, le contexte socioéconomique et institutionnel propre à chaque pays est un élément déterminant du niveau de gestion des risques sanitaires des élevages intensifs (Gilbert *et al.*, 2021). Dans les pays industrialisés, où l'intensification est un phénomène relativement ancien, la transformation des systèmes d'élevage s'est accompagnée de mesures d'encadrement associant surveillance sanitaire, réglementation, mesures incitatives et soutien aux filières. Cet encadrement facilite la mise en œuvre des plans de maîtrise des risques zoonotiques, dont l'appropriation effective par les éleveurs peut néanmoins varier selon le contexte local, les pratiques et les perceptions des risques (Enticott *et al.*, 2012). Par ailleurs, la généralisation du recours aux contrats, aux assurances et à la certification des produits permet de répercuter plus efficacement les demandes sociétales de sécurité des aliments et de bonne santé des animaux sur les pratiques d'élevage (Ifft *et al.*, 2012). Dans les pays où l'intensification des systèmes d'élevages est récente, ces mécanismes institutionnels sont souvent absents ou embryonnaires. Ce déficit d'encadrement est souvent aggravé par la faiblesse des institutions gouvernementales ou leur discrédit auprès des acteurs des filières et par l'instabilité économique ou politique qui décourage les investissements du secteur privé (Delabouglise *et al.*, 2015 ; Ebata *et al.*, 2020 ; Hennessey *et al.*, 2021).

On peut ajouter que l'intensification pourrait avoir un effet préventif plus indirect sur les risques d'émergence. Dans les pays tropicaux à faible revenu, où sont concentrés les principaux risques d'émergence (Allen *et al.*, 2017), la réduction des coûts de production permise par l'intensification des productions animales pourrait améliorer l'accès des populations pauvres aux produits de l'élevage et, par effet de substitution, diminuer le recours à la chasse (Duonamou *et al.*, 2020). Ces changements de mode d'alimentation conduiraient à limiter les contacts entre humains et réservoirs environnementaux de pathogènes et à diminuer une prédation facteur de déséquilibre de la biodiversité, à son tour potentiel facteur d'émergence. Cet effet bénéfique reste cependant à confirmer car la substitution du gibier par la viande d'animaux domestiques dans les habitudes alimentaires n'est pas aussi évidente et dépend fortement du contexte social et culturel propre à chaque pays.

6 Conclusion

Le débat sur le rôle de l'intensification de l'élevage est donc plus complexe qu'il n'y paraît au premier abord. Une revue bibliographique exhaustive des connaissances sur les différents mécanismes – biologiques mais aussi économiques – par lesquels l'intensification de l'élevage peut potentiellement accroître ou circonscrire les risques d'émergence devrait être entreprise. Étant donné la nature sensible du sujet, une telle revue devrait s'intéresser aux influences politiques et sociétales qui guident la production des connaissances et construisent notre représentation commune du problème. Par ailleurs, des études précises, analytiques – et non pas seulement des approches corrélationnelles globales, très limitées – sont nécessaires pour évaluer plus précisément ce rôle de l'élevage intensif au sein du système complexe constitué par les interrelations entre agriculture, élevage, santé et environnement.

En se fondant sur les éléments de connaissance résumés dans cet article, on peut postuler que les systèmes d'élevage dits de « transition » rassemblent de nombreux facteurs de risque. Ces systèmes sont fréquemment rencontrés dans les pays à revenu faible ou intermédiaire et répondent à une croissance rapide de la demande en produits animaux en lien avec l'urbanisation et l'émergence d'une classe moyenne. Ils se caractérisent par des élevages à densité moyenne à élevée mais au niveau de biosécurité faible, associés à l'expansion de réseaux de commerce d'animaux vivants peu régulés, le tout dans un contexte d'offre de services vétérinaires et d'encadrement institutionnel encore faibles. Il convient de mieux caractériser les risques spécifiques associés aux pratiques d'élevages propres à ces systèmes de transition ainsi qu'aux

élevages extensifs de petite échelle. Les acteurs de ces systèmes ont en effet des stratégies de gestion des risques sanitaires, qui incluent notamment une diversification des activités agricoles plutôt qu'une spécialisation, pour atténuer l'effet des aléas sur les revenus des ménages, ou une alternance entre stockage et déstockage des troupeaux en fonction des risques sanitaires encourus. Ces stratégies, plus réactives que préventives, mais en cohérence avec leur modèle de production et leur contexte socioéconomique, devraient être mieux comprises afin d'améliorer les programmes de gestion gouvernementaux qui prennent souvent comme modèle les politiques des pays industrialisés.

Dans le même temps, le mouvement de retour vers des systèmes d'élevage plus extensifs observé dans les pays industrialisés nous oblige à reconsidérer la maîtrise sanitaire des productions animales. Intuitivement, il paraît probable que ces systèmes d'élevage dits « alternatifs » présentent des risques plus élevés d'infections zoonotiques (par exemple par les salmonelles et *Campylobacter* sp.) en raison des contacts plus fréquents entre animaux et environnement extérieur. Cependant, les résultats des études menées jusqu'à présent sur les niveaux d'exposition au risque zoonotique dans les filières alternatives et conventionnelles sont contrastés et ne permettent pas de tirer de conclusion définitive (Golden *et al.*, 2021).

Au niveau planétaire, la redéfinition des modèles agroalimentaires et du rôle de l'élevage dans nos sociétés, déjà engagée dans certaines parties du monde, doit se baser sur des évaluations objectives des facteurs de risque sanitaire et une meilleure articulation entre sciences, acteurs politiques et société civile.

Références

Allen T, Murray KA, Zambrana-Torrelio C, Morse SS, Rondinini C, Di Marco M, *et al.* 2017. Global hotspots and correlates of emerging zoonotic diseases. *Nature Communications* 8(1): 1124. https://doi.org/10.1038/s41467-017-00923-8.

Atkins KE, Read AF, Savill NJ, Renz KG, Islam AF, Walkden-Brown SW, *et al.* 2013. Vaccination and reduced cohort duration can drive virulence evolution: Marek's disease virus and industrialized agriculture. *Evolution* 67(3): 851–860. https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2012.01803.x.

Azhar EI, El-Kafrawy SA, Farraj SA, Hassan AM, Al-Saeed MS, Hashem AM, *et al.* 2014. Evidence for camel-to-human transmission of MERS coronavirus. *The New England Journal of Medicine* 370 (26): 2499–2505. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1401505.

Biswas PK, Christensen JP, Ahmed SS, Barua H, Das A, Rahman MH, *et al.* 2009. Risk factors for infection with highly pathogenic influenza A virus (H5N1) in commercial chickens in Bangladesh. *Veterinary Record* 164(24): 743–746. https://doi.org/164/24/743 [pii].

Burgos S, Hinrichs S, Otte J, Pfeiffer D, Roland-Holst D. 2008. Poultry, HPAI and livelihoods in Viet Nam – A review. Rome (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

Caron A, Cappelle J, Cumming GS, de Garine-Wichatitsky M, Gaidet N. 2015. Bridge hosts, a missing link for disease ecology in multi-host systems. *Veterinary Research* 46: 83. https://doi.org/10.1186/s13567-015-0217-9.

Chen D, Abler D, Zhou D, Yu X, Thompson W. 2015. A meta-analysis of food demand elasticities for China. *Applied Economic Perspectives and Policy* 38(1): 50–72. https://doi.org/10.1093/aepp/ppv006.

Chua KB, Goh KJ, Wong KT, Kamarulzaman A, Tan PSK, Ksiazek TG, *et al.* 1999. Fatal encephalitis due to Nipah virus among pig-farmers in Malaysia. *The Lancet* 354(9186): 1257–1259. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(99)04299-3.

Claas ECJ, Osterhaus ADME, van Beek R, De Jong JC, Rimmelzwaan GF, Senne D.A. *et al.* 1998. Human influenza A H5N1 virus related to a highly pathogenic avian influenza virus. *The Lancet* 351(9101): 472–477. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(97)11212-0.

Coopérer en information scientifique et technique. [2016/10/19]. http://coop-ist.cirad.fr/

Dawood FS, Jain S, Finelli L, Shaw MW, Lindstrom S, Garten RJ, *et al.* 2009. Emergence of a novel swine-origin influenza A (H1N1) virus in humans. *The New England Journal of Medecine* 360(25): 2605–2615. https://doi.org/10.1056/NEJMoa0903810.

Delabouglise A, Thanh NTL, Xuyen HTA, Nguyen-Van-Yen B, Tuyet PN, Lam HM, *et al.* 2020. Poultry farmer response to disease outbreaks in smallholder farming systems in southern Vietnam. *Elife* 9. https://doi.org/10.7554/eLife.59212.

Delabouglise A, Dao TH, Truong DB, Nguyen TT, Nguyen NT, Duboz R, *et al.* 2015. When private actors matter: information-sharing network and surveillance of highly pathogenic avian influenza in Vietnam. *Acta Tropica* 147: 38–44. https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.03.025.

Desvaux S, Grosbois V, Pham TTH, Fenwick S, Tollis S, Pham NH, *et al.* 2011. Risk factors of highly pathogenic avian influenza H5N1 occurrence at the village and farm levels in the Red River Delta Region in Vietnam. *Transboundary Emerging Diseases* 58(6): 492–502. https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2011.01227.x.

Dhingra MS, Artois J, Dellicour S, Lemey P, Dauphin G, Von Dobschuetz S, *et al.* 2018. Geographical and historical patterns in the emergences of novel highly pathogenic avian influenza (HPAI) H5 and H7 viruses in poultry. *Frontiers in Veterinary Science* 5. https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00084.

Diamond J. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418(6898): 700–707. https://doi.org/10.1038/nature01019.

Duonamou L, Konate A, Djego Djossou S, Mensah GA, Xu J, Humle T. 2020. Consumer perceptions and reported wild and domestic meat and fish consumption behavior during the Ebola epidemic in Guinea, West Africa. *Peer J* 8: e9229. https://doi.org/10.7717/peerj.9229.

Dux A, Lequime S, Patrono LV, Vrancken B, Boral S, Gogarten JF, *et al.* 2020. Measles virus and rinderpest virus divergence dated to the sixth century BCE. *Science* 368(6497): 1367–1370. https://doi.org/10.1126/science.aba9411.

Ebata A, MacGregor H, Loevinsohn M, Win K.S.. 2020. Why behaviours do not change: structural constraints that influence household decisions to control pig diseases in Myanmar. *Preventive Veterinary Medicine* 183. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105138.

Enticott G, Franklin A, Van Winden S. 2012. Biosecurity and food security: spatial strategies for combating bovine tuberculosis in the UK. *The Geographical Journal* 178(4): 327–337. https://doi.org/10.1111/j.1475-4959.2012.00475.x.

FAO. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and options. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization of the United Nations.

FAO. 2011. A value chain approach to animal diseases risk management – Technical foundations and practical framework for field application. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization of the United Nations.

FAOSTAT. 2020. Database. [2021/07/12]. http://www.fao.org/faostat/en/#data.

Gao R, Cao B, Hu Y, Feng Z, Wang D, Hu W, *et al.* 2013. Human infection with a novel avian-origin influenza A (H7N9) virus. *The New England Journal of Medecine* 368(20): 1888–1897. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1304459.

Galtier F, David-Benz H, Subervie J, Egg J. 2014. Les systèmes d'information sur les marchés agricoles dans les pays en développement : nouveaux modèles, nouveaux impacts. *Cahiers Agricultures* 23 (4–5): 245–258. https://doi.org/10.1684/agr.2014.0715.

Gerdes GH. 2004. Rift Valley Fever. *Revue scientifique et technique* 23: 613–623. https://doi.org/10.20506/rst.23.2.1500.

Gibb R, Redding DW, Chin KQ, Donnelly CA, Blackburn TM, Newbold T, *et al.* 2020. Zoonotic host diversity increases in human-dominated ecosystems. *Nature* 584: 398–402. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2562-8.

Gilbert M, Xiao X, Robinson TP. 2017. Intensifying poultry production systems and the emergence of avian influenza in China: a "One Health/Ecohealth" epitome. *Archives of Public Health* 75: 48. https://doi.org/10.1186/s13690-017-0218-4.

Gilbert M, Conchedda G, Van Boeckel TP, Cinardi G, Linard C, Nicolas G, *et al.* 2015. Income disparities and the global distribution of intensively farmed chicken and pigs. *PLoS One* 10(7): e0133381. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133381.

Gilbert W, Thomas LF, Coyne L, Rushton J. 2021. Review: mitigating the risks posed by intensification in livestock production: the examples of antimicrobial resistance and zoonoses. *Animal* 15(2): 100–123. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100123.

Golden CE, Rothrock M.J. Jr., Mishra A. 2021. Mapping foodborne pathogen contamination throughout the conventional and alternative poultry supply chains. *Poultry Science* 100(7): 101–157. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101157.

Goodman NW, Edwards MB. 2014. Medical writing: a prescription for clarity, 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 382 p.

Haider N, Rothman-Ostrow P, Osman AY, Arruda LB, Macfarlane-Berry L, Elton L, *et al.* 2020. COVID-19 – Zoonosis or emerging infectious disease? *Front Public Health* 8: 596–944. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.596944.

Hennessey M, Fournie G, Hoque MA, Biswas PK, Alarcon P, Ebata A, *et al.* 2021. Intensification of fragility: poultry production and distribution in Bangladesh and its implications for disease risk. *Preventive Veterinary Medicine* 191: 105–367. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2021.105367.

Hosny FA. 2006. The structure and importance of the commercial and village based poultry systems in Egypt. Rome (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

Ifft J, Roland-Holst D, Zilberman D. 2012. Consumer valuation of safety-labeled free-range chicken: results of a field experiment in Hanoi. *Agricultural Economics* 43(6): 607–620. https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2012.00607.x.

Jones BA, Grace D, Kock R, Alonso S, Rushton J, Said MY, *et al.* 2013. Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(21): 8399–8404. https://doi.org/10.1073/pnas.1208059110.

Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL *et al.* 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451(7181): 990–993. https://doi.org/10.1038/nature06536.

Karesh WB, Dobson A, Lloyd-Smith JO, Lubroth J, Dixon MA, Bennett M, *et al.* 2012. Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. *The Lancet* 380(9857): 1936–1945. https://doi.org/10.1016/s0140-6736(12)61678-x.

Keesing F, Belden LK, Daszak P, Dobson A, Harvell CD, Holt RD, *et al.* 2010. Impacts of biodiversity on the emergence and transmission of infectious diseases. *Nature* 468(7324): 647–652. https://doi.org/10.1038/nature09575.

Kennedy DA, Kurath G, Brito IL, Purcell MK, Read AF, Winton JR, *et al.* 2016. Potential drivers of virulence evolution in aquaculture. *Evolutionary Applications* 9(2): 344–354. https://doi.org/10.1111/eva.12342.

Kilpatrick AM, Chmura AA, Gibbons DW, Fleischer RC, Marra PP, Daszak P. 2006. Predicting the global spread of H5N1 avian influenza. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(51): 19368–19373. https://doi.org/10.1073/pnas.0609227103.

Kock R, Caceres-Escobar H. 2022. Situation analysis on the roles and risks of wildlife in the emergence of human infectious diseases. Gland (Switzerland): IUCN. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2022.01.en.

Kung NY, Morris RS, Perkins NR, Sims LD, Ellis TM, Bissett L, *et al.* 2007. Risk for infection with highly pathogenic influenza A virus (H5N1) in chickens, Hong Kong, 2002. *Emerging Infectious Diseases* 13(3): 412–418. https://doi.org/10.3201/eid1303.060365.

Lepoivre P, Kummert J. 1989. Le diagnostic des maladies parasitaires. In : Semal J, ed. Traité de pathologie végétale. Gembloux (Belgique): Presses agronomiques de Gembloux, pp. 74–96.

Li Q, Zhou L, Zhou M, Chen Z, Li F, Wu H, *et al.* 2014. Epidemiology of human infections with avian influenza A(H7N9) virus in China. *The New England Journal of Medicine* 370(6): 520–532. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1304617.

Magdelaine P, Spiess MP, Valceschini E. 2008. Poultry meat consumption trends in Europe. *World's Poultry Science Journal* 64(01): 53–64. https://doi.org/10.1017/s0043933907001717.

Mann E, Streng S, Bergeron J, Kircher A. 2015. A review of the role of food and the food system in the transmission and spread of Ebolavirus. *PLoS Negl Trop Dis* 9(12): e0004160. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004160.

McMahon BJ, Morand S, Gray JS. 2018. Ecosystem change and zoonoses in the Anthropocene. *Zoonoses Public Health* 65(7): 755–765. https://doi.org/10.1111/zph.12489.

Obi TU, Olubukola A, Maina GA. 2008. Pro-poor HPAI risk reduction strategies in Nigeria. Rome (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

Otte J, Pfeiffer DU, Soares Magalhaes R, Burgos S, Roland-Holst D. 2008. Flock size and HPAI risk in Cambodia, Thailand, and Viet Nam. Rome (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

Pearce-Duvet JMC. 2006. The origin of human pathogens: evaluating the role of agriculture and domestic animals in the evolution of human disease. *Biological Reviews* 81(03): 369. https://doi.org/10.1017/s1464793106007020.

Plowright RK, Parrish CR, McCallum H, Hudson PJ, Ko AI, Graham AL, *et al.* 2017. Pathways to zoonotic spillover. *Nature Reviews Microbiology* 15(8): 502–510. https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.45.

Pulliam JR, Epstein JH, Dushoff J, Rahman SA, Bunning M, Jamaluddin AA, *et al.* 2012. Agricultural intensification, priming for persistence and the emergence of Nipah virus: a lethal bat-borne zoonosis. *Journal of the Royal Society Interface* 9(66): 89–101. https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0223.

Pyburn DG, Gamble HR, Wagstrom EA, Anderson LA, Miller LE. 2005. Trichinae certification in the United States pork industry. *Veterinary Parasitology* 132(1–2): 179–183. https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.05.051.

Robinson TP, Thornton PK, Franceschini G, Kruska RL, Chiozza F, Notenbaert A, *et al.* 2011. Global livestock production systems. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Livestock Research Institute (ILRI), 152 p.

Rohr JR, Barrett CB, Civitello DJ, Craft ME, Delius B, DeLeo GA, *et al.* 2019. Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nature Sustainability* 2(6): 445–456. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3.

Steinfeld H, Mooney HA, Schneider F, Neville LE. 2010. Livestock in a changing landscape: drivers, consequences and responses. Washington D.C. (USA): Island Press, 450 p.

Sudarman A, Rich KM, Randolph T, Unger F. 2010. Poultry value chains and HPAI in Indonesia: the case of Bogor. Rome (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

Taubenberger JK, Reid AH, Lourens RM, Wang R, Jin G, Fanning TG. 2005. Characterization of the 1918 influenza virus polymerase genes. *Nature* 437(7060): 889–893. https://doi.org/10.1038/nature04230.

Trovao NS, Nelson MI. 2020. When pigs fly: pandemic influenza enters the 21st century. *PLoS Pathog* 16(3): e1008259. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008259.

United Nations. 2021. Population dynamics. [2021/07/12]. https://population.un.org/wpp/.

Van Boeckel TP, Thanapongtharm W, Robinson T, Biradar CM, Xiao X, Gilbert M. 2012. Improving risk models for avian influenza: the role of intensive poultry farming and flooded land during the 2004 Thailand epidemic. *PLoS One* 7(11): e49528. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049528.

Vijgen L, Keyaerts E, Lemey P, Maes P, Van Reeth K, Nauwynck H, *et al.* 2006. Evolutionary history of the closely related group 2 coronaviruses: porcine hemagglutinating encephalomyelitis virus, bovine coronavirus, and human coronavirus OC43. *Journal of Virology* 80(14): 7270–7274. https://doi.org/10.1128/JVI.02675-05.

Walker P, Cauchemez S, Hartemink N, Tiensin T, Ghani AC. 2012. Outbreaks of H5N1 in poultry in Thailand: the relative role of poultry production types in sustaining transmission and the impact of active surveillance in control. *Journal of The Royal Society Interface* 9(73): 1836–1845. https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0022.

Wardeh M, Baylis M, Blagrove MSC. 2021. Predicting mammalian hosts in which novel coronaviruses can be generated. *Nature Communications* 12(1): 780. https://doi.org/10.1038/s41467-021-21034-5.

Wolfe ND, Dunavan CP, Diamond J. 2007. Origins of major human infectious diseases. *Nature* 447(7142): 279–283. https://doi.org/10.1038/nature05775.

Zhou Y, Staatz J. 2016. Projected demand and supply for various foods in West Africa: implications for investments and food policy. *Food Policy* 61: 198–212. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.04.002.

Citation de l'article: Delabouglise A, Guerin JL, Lury A, Binot A, Paul M, Peyre M, Roger F, Bonbon E. 2022. Intensification des systèmes d'élevage et risques pandémiques. *Cah. Agric.* 31: 16. https://doi.org/10.1051/cagri/2022012