

Gestion intégrée et territorialisée du risque sanitaire en Côte d'Ivoire : cas de la flambée épizootique d'influenza aviaire hautement pathogène en 2021

Ibrahima Mamby Keita ^{1,2*} Rosalie Martine Nde Seck ^{2,3}
 Christophe Yao Kouakou ⁴ Douyeri Thierry Ouattara ⁴
 Catherine Linard ^{2,5} Aminata Diène Niang ⁶
 Nicolas Antoine-Moussiaux ² Bassirou Bonfoh ^{2,7}
 Isaac Tiembre ⁸ Vessaly Kallo ⁴

Mots-clés

Volaille, grippe aviaire, système de surveillance, gouvernance, territoire, Côte d'Ivoire

OPEN ACCESS

© I.M. Keita *et al.*, 2025
 published by Cirad



This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).

Type: Research article

Submitted: 15 April 2024

Accepted: 10 December 2024

Online: 28 February 2025

DOI: 10.19182/remvt.37449

Résumé

Contexte : Grand-Bassam joue un rôle économique clé en Côte d'Ivoire grâce à l'aviculture et au tourisme. Elle accueille également des aires de repos pour les oiseaux migrateurs, potentiels réservoirs de l'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP). Son marché de volailles présente toutefois des insuffisances en biosécurité.

Objectif : Cette étude visait à déterminer si le mode de gestion de l'épidémie de 2021 avait favorisé ou limité la propagation du virus. **Méthodes :** Une analyse territorialisée, basée sur l'approche « Une seule santé », a été menée en mai 2023. Une enquête rétrospective a permis d'identifier les acteurs de la riposte et leurs interactions. En parallèle, une régression logistique sur les données épidémiologiques a identifié les facteurs de risque et cartographié les zones sensibles. **Résultats :** Les principaux acteurs de la riposte étaient la Direction départementale de la santé animale et la Direction nationale des services vétérinaires. Par ailleurs, 60 % des intervenants mobilisés ne possédaient ni profil scientifique ni expertise technique. L'analyse territoriale et intégrée des risques a mis en évidence plusieurs facteurs clés contribuant à l'aggravation de la flambée d'IAHP, notamment des facteurs : (i) environnementaux, tels que la présence d'une aire de repos à 10 km ou plus et la distance d'au moins 15 km par rapport à un marché de volailles ; (ii) liés à l'élevage, notamment le mode d'élevage traditionnel et la présence d'un cheptel de pintades d'au moins 85 individus. Aucun lien significatif n'a été observé pour les ansériformes (canards et oies). **Conclusions :** L'étude met en évidence la diffusion accrue de l'IAHP en périphérie du zonage de riposte, soulignant l'importance d'un renforcement du réseau de réponse. Elle recommande une approche territoriale et transdisciplinaire pour améliorer la résilience et propose un suivi synchronisé combinant détection précoce chez l'avifaune et dépistage des populations à risque.

■ Comment citer cet article : Keita, I.M., Seck, R.M.N., Kouakou, C.Y., Ouattara, D.T., Linard, C., Niang, A.D., Antoine-Moussiaux, N., Bonfoh, B., Tiembre, I., & Kallo, V., (2025). Gestion intégrée territorialisée du risque sanitaire en Côte d'Ivoire : cas de la flambée épizootique d'influenza aviaire hautement pathogène en 2021. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 78, 37449. <https://doi.org/10.19182/remvt.37449>

■ INTRODUCTION

L'influenza aviaire hautement pathogène (IAHP) est une maladie zoonotique touchant les volailles et l'avifaune, et pouvant affecter l'homme (Brugere-Picoux, 2005 ; Nzamba, 2018). Son émergence voire sa réémergence est en partie favorisée par une augmentation de l'interface homme / animal / environnement (Keck, 2013 ; FAO, 2019). Cette maladie menace d'une part la biodiversité, *a fortiori* en raison du phénomène migratoire de l'avifaune, et d'autre part la sécurité sanitaire mondiale, du fait de son potentiel pandémique (Keck, 2013; OMSA, 2022). Elle peut décimer rapidement tout un cheptel, avec une mortalité avoisinant les 100 %, et entraînant des conséquences économiques

1. Ministère de la Santé et de l'Action sociale, Sénégal
 2. Master de spécialisation en Gestion intégrée des risques sanitaires, Université de Liège, Belgique
 3. Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté alimentaire et de l'Élevage, Sénégal
 4. Ministère des Ressources animales et halieutiques, Côte d'Ivoire
 5. Université de Namur, Belgique
 6. Université Cheikh Anta DIOP de Dakar, Sénégal
 7. Centre suisse de Recherche en Santé, Côte d'Ivoire
 8. Ministère de la Santé et de l'Hygiène publique, Côte d'Ivoire
 *Auteur pour la correspondance
 Tél. : +221 77 697 09 80 ; E-mail: kibrahimamby@gmail.com

considérables pour les élevages et les filières avicoles. Celles-ci, associées aux conséquences sanitaires tant sur la volaille (domestique et avifaune) que chez l'homme, font de l'IAHP un véritable problème de santé publique (Perdue & Swayne, 2005 ; Ngom *et al.*, 2015).

En effet, l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA) confirme une distribution ubiquitaire de l'influenza aviaire, avec une endémicité de sa forme H5N1 en Asie du Sud-Est et en Afrique (OMSA, 2024). Au même moment, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a enregistré, du côté humain, entre 2003 et 2022, 873 infections liées au variant H5N1, dont 458 mortelles, soit une mortalité de 52,5 % (OMS, 2024). En Afrique, on note une introduction de ce variant en 2006 et une réintroduction en 2014 dans la région ouest-africaine. Depuis, le variant H5N1 a présenté plusieurs clades de réassortiments provoquant parfois des cas humains, comme au Nigéria en 2021. La Côte d'Ivoire n'a pas encore enregistré de cas humains, mais elle présente de façon périodique des épizooties, dont celle de 2021 à Grand-Bassam, qui a eu une ampleur considérable, avec l'abattage de plus de 170 000 volailles dans les fermes avicoles pour un total de 150 éleveurs sinistrés (FAO, 2024 ; FAO, 2024 ; Yacouba, 2007). Ainsi, pour mieux gérer ce type d'urgences, la région africaine de l'OMS a mis en place depuis plus de vingt ans une stratégie de surveillance intégrée des maladies et de la riposte (SIMR), dont l'application effective par les États membres doit contribuer à prévenir et/ou contrôler les conséquences de la rupture de la barrière d'espèces par les zoonoses comme l'IAHP (Comité régional de l'Afrique, 2019). La Côte d'Ivoire a également adopté et contextualisé cette stratégie régionale, qui cependant souffre encore d'une insuffisance de gestion intégrée du risque sanitaire (selon une approche « une seule santé »). La coordination intégrée et l'opérationnalisation sont parmi les principales priorités des autorités ivoiriennes, *a fortiori* de la Direction des services vétérinaire (DSV).

Cette étude présente un intérêt à plusieurs niveaux : managérial, en assurant la conformité aux obligations régionales de la SIMR ;

socioéconomique, en optimisant la gestion des impacts sociaux et économiques de l'IAHP ; et scientifique, en permettant de vérifier localement la variabilité génétique des sous-types viraux et la saisonnalité de l'IAHP (Perdue & Swayne, 2005 ; Cauchard *et al.*, 2017 ; Comité régional de l'Afrique, 2019). Ainsi, il était important de réaliser en mai 2023 une analyse territoriale, intégrée du risque de dissémination de la flambée épizootique d'IAHP de 2021 à Grand-Bassam en Côte d'Ivoire afin d'en tirer des leçons pour les futures épizooties.

■ MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la ville de Grand-Bassam, située dans le département du même nom de la région de Sud-Comoé (figure 1). Cette ville longe l'océan atlantique et est limitée au nord par Bingerville et Oghlwapo, à l'est par Bonoua et à l'ouest par Abidjan (République de Côte d'Ivoire, 2011). Sa position stratégique en fait un carrefour qui contribue à l'économie ivoirienne à travers la filière avicole et le tourisme. L'aviculture sous toutes ses formes, artisanale et industrielle, y est fortement pratiquée et est en pleine expansion (Ministère du Plan et du Développement, 2024). La ville présente aussi des aires de repos d'avifaune (ARA) recevant périodiquement des oiseaux migrateurs souvent réservoirs du virus de l'IAHP, ainsi qu'un marché à volaille (MV) où le respect des mesures de biosécurité est insuffisant. D'où les enjeux économique, politique et sanitaire des épizooties, qui sont assez récurrentes dans cette ville du fait de son potentiel avicole (Yacouba, 2007 ; Odoukpe & Gueye, 2022).

Cadre d'analyse

Une étude quantitative, observationnelle de type transversal et rétrospectif à visée analytique du risque de dissémination de la flambée épizootique d'IAHP au cours du second semestre de 2021 a été

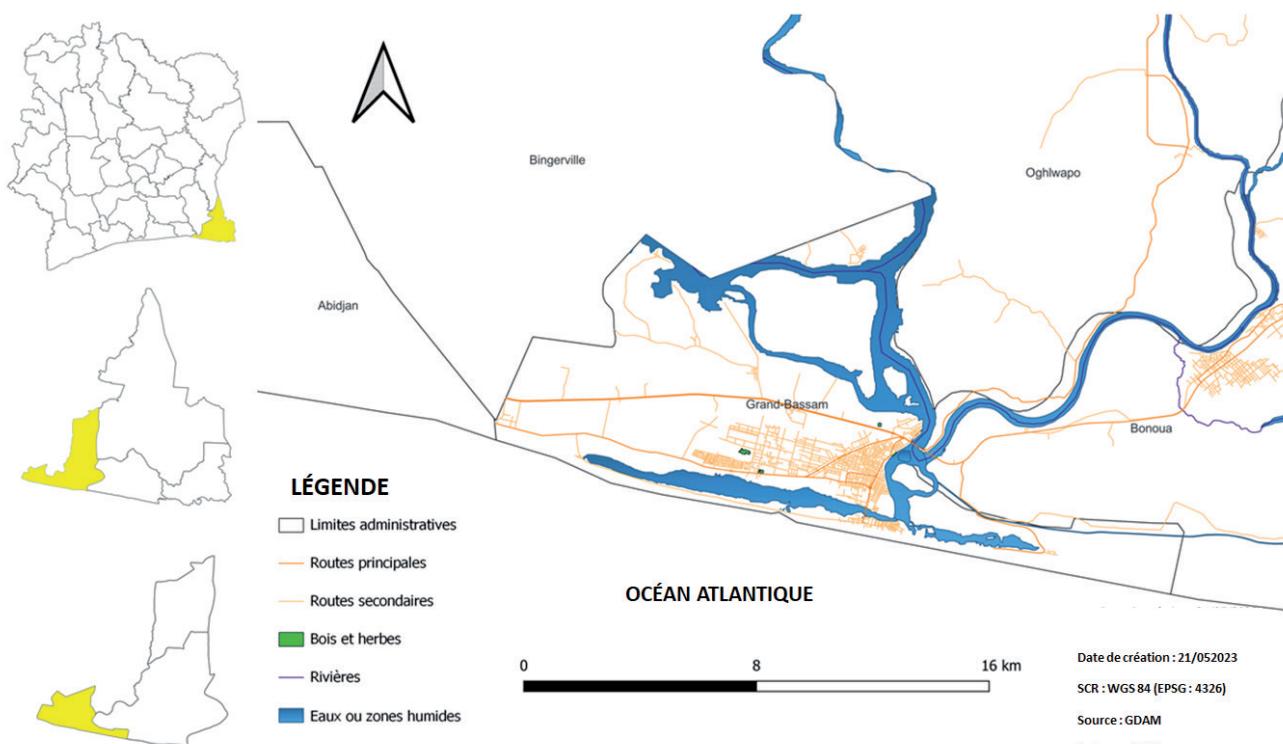


Figure 1 : Situation géophysique et découpage administratif de Grand-Bassam en 2021, Côte d'Ivoire // Geophysical situation and administrative division of Grand-Bassam in 2021, Côte d'Ivoire

réalisée en mai 2023, en utilisant un schéma à trois volets consécutifs. Ce schéma consistait d'abord, dans le cadre de la gouvernance territoriale, à cartographier les acteurs de la riposte en vue d'en analyser leur réseau social. Puis, les facteurs de risque de dissémination de l'IAHP ont été identifiés avant d'être spatialisés pour en ressortir les zones (territoires) les plus à risque d'IAHP. Enfin, une évaluation de risque a été réalisée sur ces dits territoires plus à risque tout en prenant en compte les résultats de l'analyse du réseau social.

Volet de gouvernance territoriale

La population d'étude était constituée par les acteurs clés de la riposte de 2021. Étaient inclus dans l'étude tous les techniciens scientifiques ou non, du secteur public ou privé, impliqués dans ladite riposte. Étaient non inclus ceux n'ayant pas intégralement participé à la riposte et étaient exclus ceux qui étaient absents des lieux après trois tentatives de visite ou qui refusaient l'entretien, indépendamment du moment et quelle que soit leur raison. L'échantillonnage était empirique à effet boule de neige et la taille de l'échantillon a été calculée à l'aide de la formule de Schwartz :

$$n = [\varepsilon^2(p \times q)] / i^2$$

Avec : n : est la taille minimale de l'échantillon ; ε : est le niveau de confiance de 95% (1,96) ; p : est la probabilité de survenue de décès ; q : est la probabilité inverse ou $(1-p=q)$; i : est la précision.

La mortalité liée à l'IAHP étant de 99 % et la précision souhaitée de 4,2 %, cela a donné une taille minimale de 22 acteurs de la riposte à interroger (Maitre, 2021 ; Hanley & Moodie, 2011 ; Nolet & Gravel, 2014). La collecte de données a été faite au moyen d'entretiens individuels structurés et fermés au sujet des interactions entre acteurs durant la riposte. L'analyse réalisée sur la plateforme Kumu Inc. a permis de faire ressortir les centralités et surtout d'évaluer la densité du réseau social de la riposte de 2021.

Volet de territorialisation des facteurs de risque

La population d'étude était constituée par la volaille domestique et l'avifaune de Grand-Bassam. Étaient incluses dans l'étude toutes les volailles sensibles, c'est-à-dire les cas avérés, les volailles mortes ou abattues dans le zonage de la riposte. Étaient non incluses toutes les volailles domestiques des fermes après abattage ou oiseaux sauvages des aires de repos d'avifaune sans individus vivants durant la collecte primitive des données. Étaient exclues de l'étude toutes les volailles dont le propriétaire (fermier) ou le gardien était absent des lieux après trois tentatives de visite ou refusait l'entretien, indépendamment du moment et quelle que soit sa raison. L'échantillonnage était de type exhaustif et concernait la volaille domestique et l'avifaune du zonage (jusqu'à 10 km autour du cas index), ainsi que la volaille domestique et l'avifaune situées à plus ou moins 10 km hors du zonage (soit jusqu'à 20 km autour du cas index). La base de sondage était extraite des rapports de surveillance de Kobo ToolBox lors de la riposte. Ainsi, la collecte de données a été faite sous forme d'exploitation de bases de données et de revue documentaire. Les données collectées étaient en rapport avec la notification secondaire de mortalité (variable dépendante de l'étude). La définition opérationnelle de la « notification secondaire de mortalité » consiste en tout rapport de cas de mortalité de volailles après la déclaration officielle de l'épidémie dans Grand-Bassam en lien avec le processus de surveillance de la riposte. Les variables indépendantes de l'étude étaient les suivantes : le milieu, les distances par rapport à un marché à volaille (MV) ou à une aire de repos d'avifaune (ARA), le type d'élevage, l'espèce, etc. La qualité des données a été vérifiée et traitée au besoin avec le logiciel Microsoft Excel. Par ailleurs, le logiciel Stata (version SE/15) a permis des analyses uni-, bi- puis multi-variées pour une prise en compte des facteurs de confusion éventuels sous forme de régression logistique binaire multiple. La variable dépendante était qualitative, dichotomique

catégorielle, avec comme modalités « Oui » si une mortalité liée à l'IAHP a été secondairement notifiée dans une ferme ou ARA, et « Non » si l'il n'y avait pas de mortalité secondairement notifiée. Le modèle d'analyse retenu pour détecter les facteurs explicatifs a été développé suivant l'approche décrite par Hosmer et Lemeshow en 2008 (Bursac *et al.*, 2008). Toutes les variables dont la valeur p était inférieure à 0,25 dans les analyses bi-variées (Greenland, 1989) ont été incluses dans le modèle initial d'analyse multi-variée (Greenland *et al.*, 2016). Les autres modèles ont été conçus selon la démarche « pas-à-pas descendante ». Le modèle final a été retenu en utilisant les tests statistiques de significativité globale, de calibrage et de pouvoir discriminatoire du modèle. La significativité globale du modèle a été évaluée en utilisant le Chi2 de Wald, alors qu'il a été utilisé pour le calibrage du modèle le Chi2 d'Hosmer-Lemeshow. Le pouvoir discriminatoire du modèle a été vérifié avec l'aire sous la courbe ROC. Pour finir, les facteurs de risque significatifs ont été spatialisés à l'aide du logiciel QuantumGIS (version 3.22) pour la détermination des territoires les plus à risque de dissémination de l'IAHP en 2021.

Volet d'évaluation territoriale du risque

L'évaluation du risque a utilisé les résultats des deux précédents volets sus-décris et a consisté en un calcul de la criticité du risque, qui est le produit entre la probabilité de survenue de mortalités secondaires liées à l'IAHP et la gravité définie qualitativement : parmi les critères de gravité figuraient les capacités de gestion de la riposte touchant aux ressources, connaissances, informations, coordination, réactivité et conformité aux procédures. La probabilité de survenue de mortalités secondaires liées à l'IAHP, a été classée de 1 à 5 en rapport avec la détermination des territoires à risque, de la manière suivante : 1 = improbable (situé dans le foyer index déjà abattu et désinfecté) ; 2 = rare (situé à moins de 3 km du foyer index, zone de protection ou de contrôle) ; 3 = occasionnelle (situé à moins de 10 km du foyer index, zone de surveillance) ; 4 = probable (situé entre 10 et 20 km du foyer index) ; et 5 = fréquente (situé à plus de 20 km du foyer index) (OMSA, 2024 ; Sarry *et al.*, 2022). La gravité de la situation influençait la gestion de la riposte par l'intermédiaire de la densité du réseau. En effet, plus le réseau social est dense, plus la cohésion sociale est importante et le système de gestion de la riposte résilient (Schipper & Spekkink, 2015). Or la densité varie de 0 (absence totale de cohésion et de résilience) à 1 (cohésion optimale et résilience parfaite). Ainsi, la gravité a également été cotée de 1 à 5, de la manière suivante : la cote 1 correspondait à une densité de 0 (négligeable) ; la cote 2 correspondait à une densité inférieure ou égale à 0,33 (faible) ; la cote 3 correspondait à une densité supérieure à 0,33 et inférieure ou égale à 0,66 (moyenne) ; la cote 4 correspondait à une densité supérieure à 0,66 et inférieure ou égale à 0,99 (considérable) ; et la cote 5 correspondait à une densité de 1 (catastrophique).

■ RESULTATS

Gouvernance territoriale de la riposte épizootique d'IAHP

L'analyse du réseau social de la riposte a révélé plusieurs types de centralités, mettant en évidence les acteurs les plus influents (figure 2) : (i) Centralité d'interdépendance : la Direction départementale (DD) de la santé animale de Grand-Bassam est l'acteur le plus représentatif (87 %), suivie de la Direction des services vétérinaires (DSV) (50 %), de la Préfecture (18,6 %), des fermes (18,1 %) et des villages (9,5 %) ; (ii) Centralité de proximité : la DD de la santé animale domine (75 %), suivie de la DSV (63 %), de la Préfecture (50 %), des fermes (48 %) et des vétérinaires privés (44 %) ; (iii) Centralité des entités « leaders » : la DSV (14 %) devance la DD de la santé animale (13 %), le cabinet du MIRAH (6 %), la Préfecture (5 %) et les fermes (4 %).

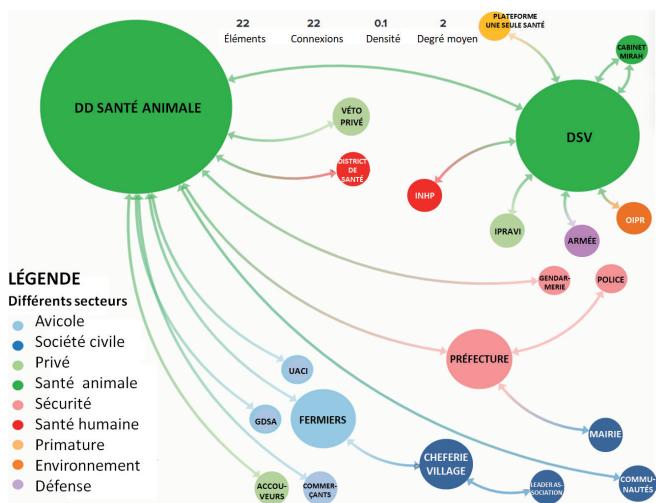


Figure 2 : Cartographie des acteurs clés (réseau social) de la riposte épidézootique d'IAHP de Grand-Bassam en 2021 /// *Mapping the key players (social network) in Grand-Bassam's HPAI epizootic response in 2021*

Les acteurs clés du réseau restent la DD de la santé animale, la DSV, le préfet de Grand-Bassam, les fermiers et la chefferie villageoise. Par ailleurs, 60 % des acteurs impliqués n'étaient pas des scientifiques, soulignant ainsi l'importance de la transdisciplinarité. Enfin, la densité du réseau social était de 0,1 (10 %), indiquant que seules 10 % des interactions potentielles avaient été exploitées.

Territorialisation des facteurs de risque de dissémination de l'IAHP

Analyse univariée

La riposte s'est focalisée sur 144 foyers épizootiques ayant subi un abattage sanitaire (figure 3), dont 81,3 % [IC: 73,9-86,9] en milieu urbain. Les villes de Mondoukou (45,8 %) et Modeste (34,7 %) étaient les plus représentées, tandis que les villes de Motobé, Gbamélé et 3kilos étaient les moins représentées (0,8 % toutes ensemble). La distance moyenne par rapport à un MV était de $10,8 \pm 3,4$ km et celle par rapport à une ARA de $5,8 \pm 4,85$ km. Le type d'élevage prédominant était l'élevage semi-moderne, suivi de l'élevage traditionnel dans 14,6 % des cas [IC: 9,7-21,4]. En ce qui concerne les espèces, les fermes avec un cheptel de moins de 901 poulets de chair étaient les plus représentées (32,6 % [IC: 25,4-40,8]), suivies de façon décroissante de celles comprenant plus de trois canards (13,9 % [IC: 9,1-20,6]), des fermes comprenant plus de 359 poules pondeuses (10,4 % [IC: 6,3-16,6]), des fermes comprenant plus de 84 pintades (8,3 % [IC: 4,8-14,2]), de celles comprenant moins de 38 oies (4,9 % [IC: 2,3-9,9]), ensuite de celles comprenant plus de sept souches de poules métissées (4,9 % [IC: 2,3-9,9]) et enfin les fermes de cailles et pigeons (0,7 % [IC: 0,1-4,9]).

Analyse bivariée

Cette analyse a objectivé des associations entre la notification secondaire de mortalité liée à l'IAHP et le mode d'élevage ($p = 0,0321$), la distance par rapport à un MV ($p = 0,0001$), la distance par rapport à une ARA ($p = 0,0270$), les poules de basse-cour ($p = 0,0335$), les poulets de chair ($p = 0,0096$), les pintades ($p = 0,0106$) et les hybrides ($p = 0,0007$). Par contre, il n'y avait pas de liens statistiquement

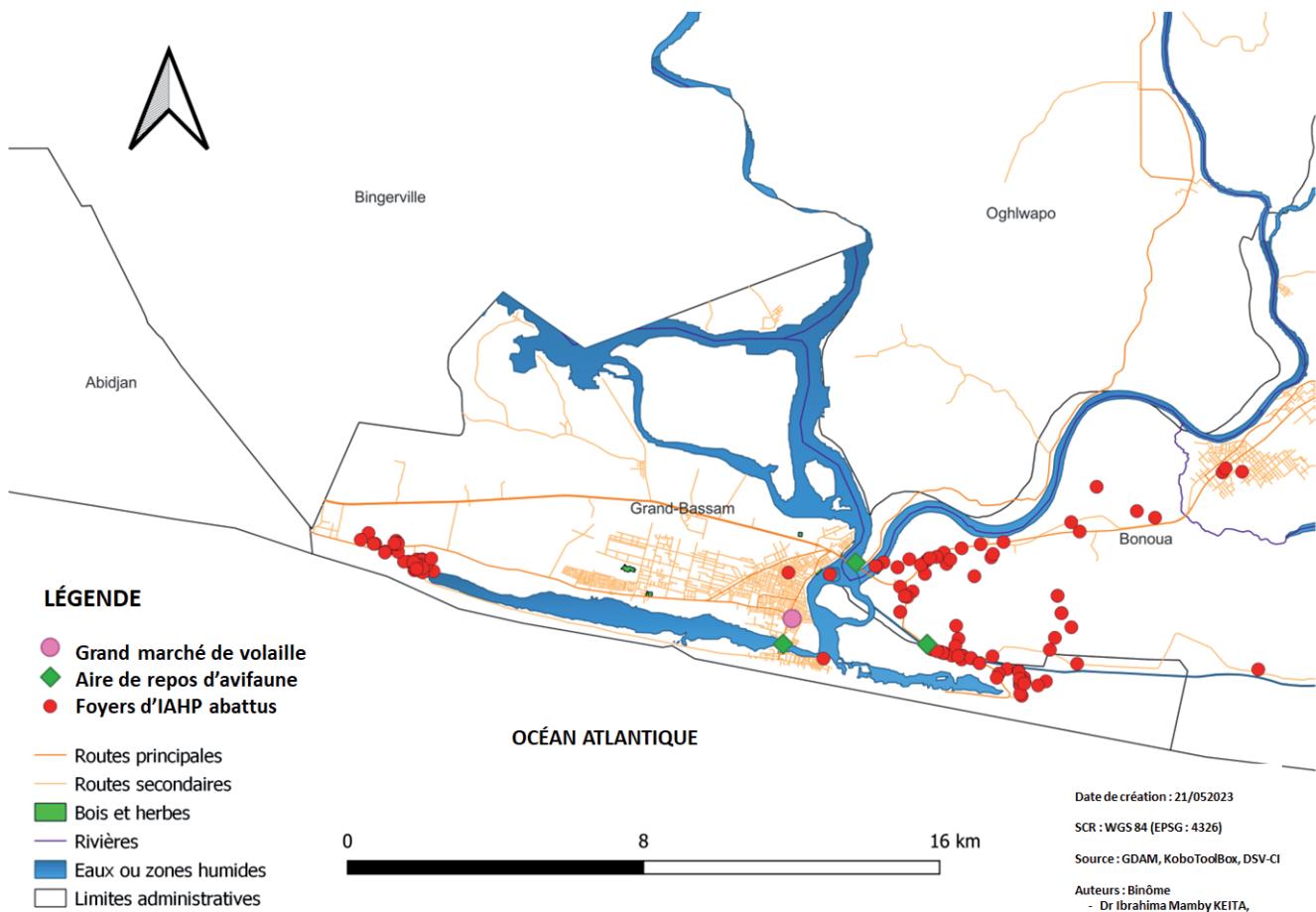


Figure 3 : Distribution des foyers abattus lors de la riposte épidézootique d'IAHP de Grand-Bassam en 2021 /// *Distribution of outbreaks slaughtered during the Grand-Bassam HPAI epizootic response in 2021*

significatifs entre la notification secondaire de mortalité liée à l'IAHP et les ansériformes, ni pour les canards ($p = 0,3024$), ni pour les oies ($p = 0,3745$).

Analyse multivariée

Le tableau I illustre les facteurs de risques associés à la notification de mortalité à la riposte. Après ajustement de la variable dépendante aux variables indépendantes du modèle, les facteurs de risque statistiquement significatifs étaient les suivants : (i) la distance par rapport à un MV, puisque les fermes situées à 15 km et plus du MV avaient près de 89 fois plus de chance de notifier secondairement une mortalité liée à l'IAHP ($p = 0,000$; OR = 88,979 [IC: 12,022-658,574]) ; (ii) la distance par rapport à une ARA, les fermes situées à plus de 10 km des ARA ayant moins de chances de notifier secondairement cette mortalité ($p = 0,027$; OR = 0,157 [IC: 0,03-0,808]) ; (iii) le mode d'élevage traditionnel, qui donnait moins de chances aux fermes de notifier une mortalité liée à l'IAHP ($p = 0,007$; OR = 0,148 [IC: 0,037-0,586]) ; (iv) l'espèce « pintade », les fermes à plus de 84 individus ayant notamment neuf fois plus de chances de notifier une mortalité liée à l'IAHP ($p = 0,000$; OR = 9,519 [IC: 2,761-32,816]).

Tableau I : Facteurs de risque associés à la mortalité liée à l'IAHP lors de la riposte à l'épidootique de 2021 à Grand-Bassam, Côte d'Ivoire
/// *Risk factors associated with HPAI-related mortality during the 2021 epizootic response in Grand-Bassam, Côte d'Ivoire*

Mortalité liée à l'IAHP	OR [Intervalle de confiance]	Valeur de p
Distance d'un marché à volaille		
[0-10]	1	
]10-14]	1,142 [0,332-3,932]	0,833
]14-Plus]	88,979 [12,022-658,574]	***0,000
Distance d'aire de repos d'avifaune		
[0-10]	1	
]10-Plus]	0,157 [0,03-0,808]	**0,027
Mode d'élevage		
Moderne + semi moderne	1	
Traditionnel	0,148 [0,037-0,586]	***0,007
Pintades		
Pas de pintades	1	
]1-84]	2,499 [0,324-19,245]	0,379
]84-Plus]	9,519 [2,761-32,816]	***0,000
Canards		
[0-3]	1	
]3-Plus]	1,258 [0,355-4,458]	0,722
Oies		
[0-38]	0,234 [0,004-13,252]	0,481
]38-Plus]	1	
Constant	0,554 [0,184-1,673]	0,295

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; Nombre d'obs. 139 ; Significaté Glob. $\rightarrow \chi^2$
Wald 40,734 & Prob> χ^2 0,000 ; Calibrage \rightarrow Hosmer-Lemeshow $\chi^2(4)=6,20$ & Prob> χ^2 =0,1848 ; Pouvoir discriminatoire \rightarrow ROC 0,7769 (Très bon)/// ***
 $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$; Number of obs 139 ; Ov. Significance \rightarrow Wald Chi² 40,734 & Prob> χ^2 0,000 ; Calibrage \rightarrow Hosmer-Lemeshow $\chi^2(4)=6,20$ & Prob> χ^2 =0,1848 ; Discr.Power \rightarrow ROC 0,7769 (Very good).

Par contre, les espèces « canards » ($p = 0,72$) et « oies » ($p = 0,48$), bien que forcées dans le modèle initial et retenues au modèle final, n'étaient pas statistiquement associées à la notification secondaire de mortalité liée à l'IAHP.

Évaluation territoriale du risque de dissémination d'IAHP

L'analyse de la spatialisation des facteurs de risque (figure 4) révèle que les zones les plus exposées se situent à plus de 15 km, entre 10 et 20 km, et en dehors du périmètre de riposte. Le tableau II illustre la matrice d'évaluation du risque de dissémination de l'IAHP à Grand-Bassam en 2021. La probabilité de notification secondaire de mortalité liée à l'IAHP est ainsi estimée à 4 = probable. L'analyse du réseau social de la riposte confirme une gestion décentralisée, avec les acteurs départementaux en position centrale, et une densité de réseau de 0,1. La gravité est donc évaluée à 4 = considérable. Ainsi, la criticité du risque (probabilité \times gravité) atteint 16 sur 25 (64 %), soit un niveau élevé.

■ DISCUSSION

La présente étude a objectivé l'importance d'une riposte territorialisée (c'est-à-dire décentralisée) en mettant en avant les acteurs de la lutte contre l'épidootie agissant au même niveau territorial. En effet, une centralité départementale du réseau social de la riposte a été notée. Cette notion de gouvernance locale est confirmée par l'étude de Ruducha *et al.* (2019) en Inde, qui a également mis en évidence une centralité axée sur le gestionnaire de la santé au niveau villageois, là où l'événement s'est produit. En ce qui concerne les facteurs de risque associés à la mortalité liée à l'IAHP, la présente étude a mis en évidence que les fermes localisées au-delà de 15 km – c'est-à-dire éloignées – d'un marché à volaille avaient plus de chances de notifier l'IAHP, même si les études de Landman & Schrier (2004) stipulent que ces marchés jouaient un rôle important dans l'épidémiologie de l'IAHP et le maintien de la contamination. Selon ces auteurs, plus un élevage est proche d'un marché, plus le risque d'être contaminé est grand. Dans notre cas, l'abattage sanitaire précoce et anticipé sur Grand-Bassam ainsi que le respect des règles de biosécurité semblent expliquer cette différence entre nos deux études.

Concernant l'avifaune de Grand-Bassam, nous avons trouvé que les fermes situées à moins de 10 km des aires de repos d'oiseaux sauvage présentaient plus de risque de mortalité liée à l'IAHP. Les recherches de Picoux *et al.* (2005) en France ont ainsi indiqué que l'avifaune peut servir de réservoir qui entretiendrait les épidooties d'IAHP. L'idée selon laquelle plus la volaille est en divagation, plus elle aura de chances de rencontrer des oiseaux sauvages et donc d'être à risque, a été infirmée par la présente étude, qui a trouvé un lien statistiquement significatif avec le type d'élevage traditionnel (pastoral en liberté) comme facteur protecteur de la mortalité due à l'IAHP (Brugere-Picoux, 2005). Par ailleurs, la littérature, incluant les recherches de Gaidé *et al.* (2015) dans le sud de la France, a montré que les ansériformes étaient plus résistants à l'IAHP que les galliformes. Cette étude expose des résultats similaires, avec une mortalité due à l'IAHP statistiquement liée à l'espèce pintade (galliforme), et non aux oies et canards (ansériformes) (Gaidé *et al.*, 2022). Cependant, le niveau élevé de la criticité du risque de mortalité secondaire (64 %), associé à la faible densité du réseau social de la riposte (10 %), oriente vers des perspectives urgentes de renforcement de la cohésion sociale des acteurs (institutions / entités) d'une part et de la résilience du système de surveillance intégrée d'autre part. Ceci améliorerait le niveau de préparation des acteurs et la réactivité du système. Ainsi, la stratégie de SIMR serait mieux coordonnée et plus opérationnalisée dans le cadre du suivi de l'application des exigences du Règlement sanitaire international (RSI) en Côte d'Ivoire, à l'ère de la promotion de la santé globale et de l'approche « une seule santé » (Comité régional de l'Afrique, 2019 ; OMS, 2016).

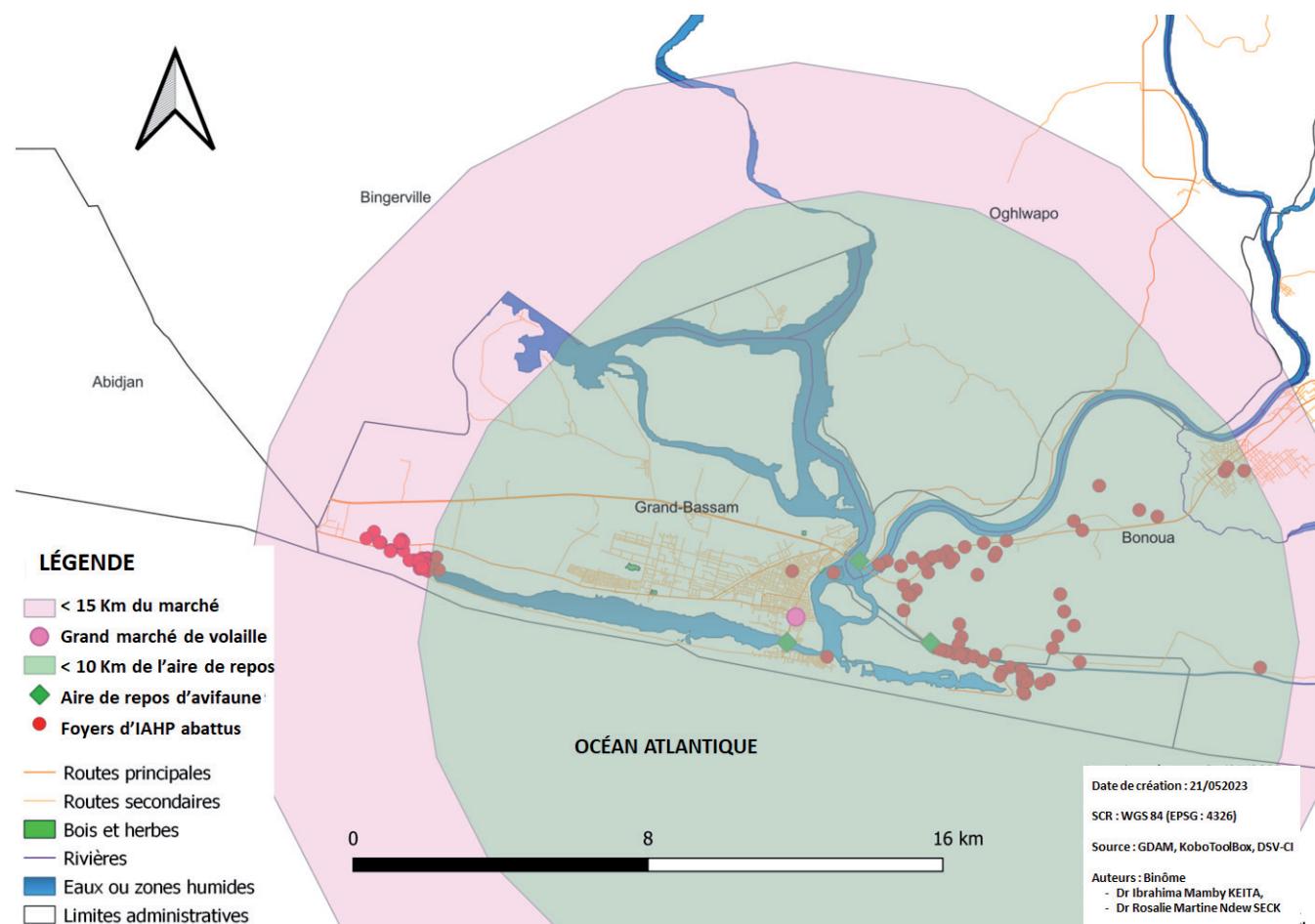


Figure 4 : Analyse des territoires à risque lors de la riposte épidémiologique d'IAHP de Grand-Bassam en 2021 // Analysis of territories at risk during the Grand-Bassam HPAI epizootic response in 2021

Tableau II : Matrice de risque lors de la riposte face à la flambée épidémiologique d'IAHP de 2021 à Grand-Bassam, Côte d'Ivoire // Risk matrix for the 2021 HPAI outbreak in Grand-Bassam, Côte d'Ivoire

GRAVITÉ	Catastrophique	5	10	15	20	25
	Considérable	4	8	12	16	20
Moyenne	3	6	9	12	15	
Faible	2	4	6	8	10	
Négligeable	1	2	3	4	5	
Sur une échelle de 1 à 5, la probabilité et la gravité sont à 4.		Improbable	Rare	Occasionnelle	Probable	Fréquente
PROBABILITÉ						

Néanmoins, l'étude présente plusieurs limites. Tout d'abord, l'approche quantitative choisie pour l'analyse du réseau social de la riposte, renseigne plus sur la fréquence (centralité) et la force (densité) des relations entre acteurs (institutions / entités), et moins sur la clarification des raisons qui expliquent les centralités et la densité trouvées. Une étude qualitative associée permettrait de préciser les relations entre les différents acteurs (sanitaires, institutionnels, commerciaux, ...) afin d'affiner les calculs de fréquence et de force de ces relations. La seconde limite porte sur l'échantillonnage à effet boule de neige qui est connu pour présenter des biais de sélection (les acteurs appartiennent au même réseau donc ils ont les mêmes opinions) gérés dans cette étude par une diversification des profils des acteurs ; et enfin, la troisième limite est constituée par le choix d'un

modèle basé davantage sur la significativité globale du modèle le plus parcimonieux, de son calibrage et de son pouvoir discriminatoire qui est susceptible de ne pas trop minimiser les critères d'information de Akaike (AIC) et Bayésien (BIC) car la modélisation de cette présente étude était à visée explicative et non prédictive.

■ CONCLUSION

Le risque de dissémination de la flambée épidémiologique de 2021 a été dans cette étude jugé élevé en périphérie du zonage de la riposte et au-delà. Cette évaluation s'est basée sur une criticité élevée du risque (64 %) et une faible densité (10 %) du réseau social de la riposte.

Les autorités ivoiriennes gagneraient à davantage miser sur l'amélioration de la densité de leur réseau social de riposte pour plus de cohésion sociale et une meilleure résilience, quelle que soit l'ampleur de l'épidémie / épidémie. Notons un important apport de l'approche territoriale de la riposte. La riposte était décentralisée, avec 60 % de transdisciplinarité (impliquant des acteurs non scientifiques). Les ARA restent des zones à surveiller de façon conjointe avec les acteurs environnementaux pour une meilleure proactivité du système.

Enfin, cette étude pourrait ouvrir des perspectives pour d'autres recherches dans le cadre du suivi synchrone de la détection précoce au niveau de l'avifaune d'une part, et du dépistage de cas asymptomatiques chez les personnes à risque, *a fortiori* celles appartenant à la filière avicole, d'autre part. L'épidémiologie moléculaire pourrait aider à l'identification de l'origine (spatiale) phylogénique des éventuelles souches trouvées dans l'avifaune ou chez l'humain, à corrélérer avec l'origine des souches trouvées dans la volaille domestique.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements aux directions centrale de la Côte d'Ivoire et départementale de Grand-Bassam en charge de la santé animale (publique / privée), de la santé humaine, de l'environnement (Eaux et forêts, parcs et réserves, etc.), de la défense (santé des armées) et de la sécurité (police, gendarmerie, etc.). De sincères remerciements vont aussi à l'endroit de l'interprofession, des fermiers et du personnel connexe (accouveurs, producteurs, commerçants, restaurateurs, etc.) sans oublier les autorités locales (préfet, maire, chefferie). Nous remercions également l'académie de recherche et d'enseignement supérieur de Belgique de nous avoir donné l'opportunité de rencontrer une équipe dynamique, généreuse et qualifiée des Universités de Liège, Namur et Libre de Bruxelles, ainsi que ses partenaires et collaborateurs, spécialement le Centre suisse de Recherche en Santé de la Côte d'Ivoire et l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar au Sénégal.

Financement

L'étude a été réalisée dans le cadre d'un stage de formation professionnelle du Master de spécialisation en Gestion intégrée des risques sanitaires, financé par l'académie de recherche et d'enseignement supérieur (ARES) de Belgique. Ce travail a également bénéficié d'un appui financier par DSV-MIRAH et CSRS (Côte d'Ivoire).

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent que l'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

Déclaration des contributions des auteurs

IMK et RMNS : conception du projet, collecte des données, analyse des données et présentation des résultats, rédaction du manuscrit initial. VK : supervision, conception du projet, collecte des données. CYK : collecte des données. IT, BB : supervision, conception du projet. CL, NAM : supervision, conception du projet, analyse des données et présentation des résultats. ADN : conception du projet, analyse des données et présentation des résultats. DTÖ : supervision, collecte des données, analyse des données et présentation des résultats.

Ethique de la recherche

L'étude a été réalisée dans des conditions de respect strict des considérations éthiques, à savoir l'anonymat et la confidentialité. Les données à caractère personnel ont été codifiées et supprimées de la base analysée. Le refus de participation a été respecté à chaque fois sans demander les raisons. L'étude n'a pas nécessité de manipulation d'animaux, mais les visites de sites (fermes pour la volaille domestique et ARA pour l'avifaune) réalisées se sont à chaque fois conformées aux règles de biosécurité et écologiques, dans un souci de respect du bien-être animal et de l'environnement. Sur le plan déontologique, l'étude a bénéficié d'autorisations d'enquêter de la part des autorités

ivoiriennes, tant ministérielles (DSV) que préfectorales (préfecture) et locale (chefferie), avant la phase de terrain.

Accès aux données de la recherche

Les données n'ont pas été déposées dans un dépôt officiel. Les données qui étaient les résultats de l'étude sont disponibles sur demande auprès des auteurs.

Déclaration de l'IA générative dans la rédaction scientifique

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

REFERENCES

Brugere-Picoux, J. (2005). L'influenza aviaire hautement pathogène ou peste aviaire et le risque pour l'Homme. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 189(8), 1817-1826. [https://doi.org/10.1016/S0001-4079\(19\)33438-7](https://doi.org/10.1016/S0001-4079(19)33438-7)

Bursac, Z., Gauss, C.H., Williams, D.K., & Hosmer, D.W. (2008). Purposeful selection of variables in logistic regression. *Source Code for Biology and Medicine*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.1186/1751-0473-3-17>

Cauchard, J., Mercier, A., Falala, S., Van De Wiele, A., Guillemain, M., Bronner, A.-C., & Calavas, D. (2017). Episode d'influenza aviaire hautement pathogène en Europe en 2016-2017. *Bulletin Épidémiologique* 79, 22-26.

Comité régional de l'Afrique 69. (2019). *Stratégie régionale pour la surveillance intégrée de la maladie et la riposte 2020-2030 : rapport du Secrétariat*. eAccepted: 2020-03-18T13:00:52Z

FAO. (2019). *Un guide tripartite pour la gestion des zoonoses à travers l'approche multisectorielle « Une seule santé »*. FAO/OIE/WHO. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca2942fr>

FAO. (2024). *Global Avian Influenza Viruses with Zoonotic Potential Animal Health*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.fao.org/animal-health/situation-updates/global-aiv-with-zoonotic-potential/en>

FAO. (2024). *Situation de l'IAHP en Afrique sub-saharienne*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.fao.org/animal-health/situation-updates/sub-saharan-africa-hpai/fr>

Gaide, N., Lucas, M.-N., Delpont, M., Croville, G., Bouwman, K.M., Papanikolaou A., van der Woude R., et al. (2022). Pathobiology of highly pathogenic H5 avian influenza viruses in naturally infected Galliformes and Anseriformes in France during winter 2015–2016. *Veterinary Research*, 53(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s13567-022-01028-x>

Greenland, S., Senn, S.J., Rothman, K.J., Carlin, J.B., Poole, C., Goodman, S.N., & Altman, D.G. (2016). Statistical tests, Pvalues, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *European Journal of Epidemiology*, 31, 337-350. <https://doi.org/10.1007/s10654-016-0149-3>

Hanley, J.A., & Moodie, EMM. (2011). Sample Size, Precision and Power Calculations: A Unified Approach. *Journal of Biometrics & Biostatistics*, 2(5), 124. <https://doi.org/10.4172/2155-6180.1000124>

Keck, F. (2013). Santé animale et santé globale : la grippe aviaire en Asie. *Revue Tiers Monde*, 215(3), 35-52. <https://www.who.int/publications/item/9789241580410>

Landman, W.J.M., & Schrier, C.C. (2004). Avian influenza: eradication from commercial poultry is still not in sight. *Tijdschr Diergeneesk*, 129(23), 782-796

Maitre, Y. (2021). *Méthode d'échantillonnage dans les études épidémiologiques transversales nationales auprès des professionnels de santé en France application odontologie*. [Thèse de doctorat, Université Montpellier]. Hal theses. <https://theses.hal.science/tel-03384092/>

Ministère du Plan et du Développement. (2024). *Plan national de développement (PND) 2021-2025 - une Côte d'Ivoire solidaire*. Consulté le 4 mars 2024 sur https://www.gouv.ci/_grandossier.php?recordID=263

Ngom, Y., Duteurtre, G., Niang, A., & Djama, M., (2015). Grippe aviaire et barrières sanitaires : comment les acteurs nationaux se saisissent des opportunités offertes par une crise sanitaire mondiale (cas du Sénégal). *RAEStud*, 96(04), 677-701. <https://doi.org/10.4074/S1966960715004051>

Nolet, A.-M., & Gravel, S. (2014). *L'analyse de réseau*. Trajetvi. https://www.trajetvi.ca/files/publications/1426183946_fiche_synth_se_analyse_r_seaux.pdf

Nzamba, T., (2018). L'influenza aviaire A virus A (H5N1) chez les oiseaux domestiques et sauvages [Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré – Nancy 1]. HAL open science. <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01739134/document>

Odoukpe, S.G., & Gueye, M.F. (2022). Données préliminaires sur l'avifaune de la Réserve Naturelle Partielle d'Aghien (Sud-Est Côte d'Ivoire). *Bulletin de la Société zoologique de France*, 147, 61-68

OMS. (2005). *Troisième Edition du Règlement sanitaire international*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241580410>

OMS. (2016). *Troisième édition du Règlement sanitaire international (2005)*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241580410>.

OMS. (2024). *Infection humaine par le virus de la grippe aviaire A(H5N1) – Chili, 2024*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.who.int/fr/emergencies/diseases-outbreak-news/item/2023-DON461>

OMSA. (2024). *Influenza aviaire*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.woah.org/fr/maladie/influenza-aviaire/>

OMSA. (2024). *L'OMSA lance The Animal Echo : Un espace de connaissances sur la santé et le bien-être des animaux*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://www.woah.org/fr/accueil/>

OMSA. (2021). *La santé animale est la santé de tous*. Consulté le 4 mars 2024 sur <https://woah-report2021.org/fr/>

Perdue, M.L., & Swayne, D.E. (2005). Public health risk from avian influenza viruses. *Avian Diseases*, 49(3), 317-327. <https://doi.org/10.1637/7390-060305R.1>

République de Côte d'Ivoire. (2011). *Décret n°2011-263 du 28 septembre 2011 portant organisation du territoire national en Districts et en Régions*. Decretn°2011-263-du-28-09-2011-portant-organisation-du-territoire-national-en-Districts-et-en-Régions.pdf

Ruducha, J., Hariharan, D., Potter, J., Ahmad, D., Kumar, S., Mohanan, P.S., Irani, L., et al. (2019). Measuring coordination between women's self-help groups and local health systems in rural India: a social network analysis. *BMJ Open*, 9(8), e028943. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-028943>

Sarry, M., Romey, A., Lefebvre, D., Benfrid, S., Dufour, B., Durand, B., Zanella, G., et al. (2022). Le virus de la fièvre aptéuse : transmission, pathogénèse, diagnostic et surveillance. *Virologie*, 26(5), 355 p. <https://doi.org/10.1684/vir.2022.0972>

Schipper, D., & Spekkink, W. (2015). Balancing the Quantitative and Qualitative Aspects of Social Network Analysis to Study Complex Social Systems. *Complexity, governance & Networks*, 2(1), 1-5. <https://doi.org/10.7564/15-CGN23>

Yacouba, K. (2007). *Contribution à l'évaluation de l'incidence socio-économique de la grippe aviaire en Côte d'Ivoire au cours de l'année 2006*. [Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar]. IRD.fr. <https://beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/TD07-8.dir/TD07-8.pdf>

Summary

Keita, I.M., Seck, R.M.N., Kouakou, C.Y., Ouattara, D.T., Linard, C., Niang, A.D., Antoine-Moussiaux, N., Bonfoh, B., Tiembre, I., Kallo, V. Territorialized integrated management of health risk in Côte d'Ivoire: case of the 2021 highly pathogenic avian influenza outbreak

Background: Grand-Bassam plays a key economic role in Côte d'Ivoire, thanks to poultry farming and tourism. It also hosts rest areas for migratory birds, potential reservoirs of highly pathogenic avian influenza. Its poultry market, however, suffers from biosafety shortcomings. **Aim:** The aim of the study was to determine whether the way the 2021 epizootic was managed favored or limited the spread of the virus. **Methods:** A territorialized analysis of the risk of dissemination of the 2021 epizootic outbreak in Grand-Bassam, based on the "One Health" approach, was carried out in May 2023. A retrospective survey identified the central actors and their social network via a questionnaire on their interactions. In parallel, logistic regression on epidemiological surveillance data was used to identify risk factors and map territories at risk of secondary notification of avian mortality. **Results:** The main stakeholders involved in the response network were the Departmental Directorate of Animal Health and the National Directorate of Veterinary Services. In addition, 60% of those involved had neither a scientific profile nor technical expertise. Territorial and integrated risk analysis highlighted key factors contributing to the worsening of the HPAI outbreak. More specifically, statistically significant links were identified between the reporting of HPAI-related secondary mortalities and certain factors: (i) environmental factors, such as the presence of a resting area 10 km or more away, and distance of at least 15 km from a poultry market; (ii) farming-related factors, notably traditional farming methods and the presence of a guinea fowl flock of at least 85 individuals. On the other hand, no significant association was observed for anseriforms (ducks and geese). **Conclusions:** The study highlights the increased spread of HPAI on the periphery of the response zoning, underlining the importance of strengthening the response network. It recommends a territorial and transdisciplinary approach to improve resilience, and proposes synchronous monitoring combining early detection in avifauna and screening of at-risk populations.

Keywords: poultry, avian influenza, surveillance systems, governance, territory, Côte d'Ivoire

Resumen

Keita, I.M., Seck, R.M.N., Kouakou, C.Y., Ouattara, D.T., Linard, C., Niang, A.D., Antoine-Moussiaux, N., Bonfoh, B., Tiembre, I., Kallo, V. Gestión integrada territorializada del riesgo sanitario en Côte d'Ivoire: caso del brote epizoótico de influenza aviar altamente patógena en 2021

Contexto: Grand-Bassam juega un papel económico clave en Costa de Marfil gracias a la avicultura y al turismo. También dispone de zonas de reposo para aves migratorias, potenciales reservas de la gripe aviar altamente patógena. Su mercado de aves de corral presenta, asimismo, carencias en bioseguridad. **Objetivo:** La cuestión era saber si el modo de gestión de la epizootia de IAAP de 2021 había sido un factor de propagación del virus. **Métodos:** En mayo de 2023 se llevó a cabo un análisis territorializado del riesgo de propagación de la oleada epizoótica de 2021 en Grand-Bassam, basada en el enfoque «Una sola salud». Una investigación retrospectiva permitió identificar los actores centrales y su red social mediante un cuestionario sobre sus interacciones. Paralelamente, una regresión logística de los datos de vigilancia epidemiológica permitió identificar los factores de riesgo y cartografiar las zonas de riesgo de notificación secundaria de mortalidad aviar. **Resultados:** Los principales actores implicados en la red de respuesta son la Dirección Departamental de Salud Animal y la Dirección Nacional de Servicios Veterinarios. No obstante, el 60 % de los participantes movilizados no tenían ni perfil científico ni pericia técnica. El análisis territorial e integrado de riesgos puso en evidencia factores clave que contribuyeron a la agravación de la oleada de IAAP. Más concretamente, se identificaron relaciones estadísticamente significativas entre las declaraciones de mortalidad relacionadas con la IAAP y algunos factores: (i) ambientales, tales como la presencia de una zona de reposo a 10 km o más y la distancia de al menos 15 km respecto a un mercado de aves de corral; (ii) relacionados con la cría, especialmente el modo de cría tradicional y la presencia de una granja de pintadas de al menos 85 individuos. En cambio, no se observó ninguna relación significativa para los anseriformes (patos y ocas). **Conclusiones:** El estudio destaca el aumento de la propagación de la IAAP en la periferia de la zonificación de respuesta, lo que subraya la importancia de reforzar la red de respuesta. Recomienda un enfoque territorial y transdisciplinar para mejorar la resiliencia, y propone un seguimiento sincrónico que combine la detección precoz en la avifauna y el cribado de las poblaciones de riesgo.

Palabras clave: aves de corral, gripe aviaria, sistemas de vigilancia, gobernanza, territorio, Côte d'Ivoire