



Evaluation du bien-être animal : de l'utilisation des antibiotiques et de leurs implications sur la productivité à la résistance microbienne et la sécurité sanitaire des aliments dans les élevages porcins (Maluku/RD Congo)

Ikasa Grâce¹, Bamuene Solo D.³, Ngoyi Malongi L.^{1,2}, Mboma Mburawamba J.¹, Ibanda Kasongo B.², Luvingisa Lukombo A.², Bwayome Mbo A.², Kihandi H.⁴, Uмба di M'balu J.^{1,2,3}

¹Université Loyola du Congo (ULC) Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 7 avenue Père Boka, Kinshasa, B.P. 3724/Kinshasa-Gombe, RD Congo

² Université Pédagogique Nationale (UPN) B.P. 8815/Kinshasa-Ngaliema, RD Congo.

³ Université Président Joseph Kasa Vubu (UKV), B.P. 314 Boma/Kongo Central

⁴ Université Catholique du Congo (UCC), B.P. 1534 Kinshasa/Limete

Résumé

La présente étude a été menée dans la commune de Maluku à Kinshasa (RDC) dans une approche One Health, visant à évaluer le bien-être animal, les pratiques d'utilisation des antibiotiques et les implications sur la santé publique dans les élevages porcins. Il s'agit d'une étude transversale descriptive et analytique réalisée sur une période de cinq mois (septembre 2025 à janvier 2026) auprès de 50 exploitations porcines et 50 acteurs du secteur. Les données ont été collectées par questionnaires structurés et complétées par des analyses microbiologiques, des tests de sensibilité aux antibiotiques et la recherche de résidus dans différentes matrices biologiques (viande, sang et fèces). Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de tests du Chi-deux, ANOVA, Kruskal-Wallis, corrélation de Spearman et régression linéaire.

Les résultats montrent une prédominance des élevages semi-intensifs (62 %) de taille moyenne (64 %), avec une forte implication des propriétaires (82 %) et un niveau d'instruction relativement élevé (50 % universitaire). Le bien-être animal est globalement perçu comme satisfaisant (100 %), bien que des problèmes d'hygiène (78 %) persistent. La morbidité reste faible à modérée dans 72 % des cas, mais 18 % des exploitations présentent une mortalité élevée. L'usage des antibiotiques est généralisé, dominé par les tétracyclines (64 %) et administré principalement par voie injectable (90 %). Une proportion de 20 % des éleveurs pratique l'automédication. Les analyses microbiologiques ont identifié *Escherichia coli* (57,1 %) comme bactérie dominante, suivie d'*Enterococcus* spp. (28,6 %) et *Staphylococcus* spp. (14,3 %), avec une résistance élevée aux tétracyclines, amoxicilline et érythromycine.

Les analyses de résidus révèlent une contamination importante de la viande (80 % pour tétracyclines et sulfamidés). Les analyses statistiques montrent une relation négative forte entre bien-être animal et usage des antibiotiques ($\rho = -0,787$), et une influence significative du niveau d'instruction sur les pratiques d'élevage. Ces

résultats soulignent un risque sanitaire important lié à la résistance antimicrobienne et à la contamination des produits d'origine animale, nécessitant des interventions urgentes en biosécurité et formation des éleveurs.

Mots-clés : Bien-être animal, porcs, antibiotiques, résistance aux antimicrobiens et Maluku.

Abstract

The present study was carried out in the commune of Maluku in Kinshasa (DRC) in a One Health approach, aiming to evaluate animal welfare, antibiotic use practices and the implications on public health in pig farms. This is a descriptive and analytical cross-sectional study carried out over a period of five months (September 2025 to January 2026) with 50 pig farms and 50 players in the sector. The data were collected by structured questionnaires and supplemented by microbiological analyses, antibiotic sensitivity tests and the search for residues in different biological matrices (meat, blood and feces). Statistical analyzes were performed using Chi-square tests, ANOVA, Kruskal-Wallis, Spearman correlation and linear regression.

The results show a predominance of semi-intensive farms (62%) of medium size (64%), with strong involvement of owners (82%) and a relatively high level of education (50% university). Animal welfare is generally perceived as satisfactory (100%), although hygiene problems (78%) persist. Morbidity remains low to moderate in 72% of cases, but 18% of farms have high mortality. The use of antibiotics is widespread, dominated by tetracyclines (64%) and administered mainly by injection (90%). A proportion of 20% of breeders practice self-medication. Microbiological analyzes identified *Escherichia coli* (57.1%) as the dominant bacteria, followed by *Enterococcus* spp. (28.6%) and *Staphylococcus* spp. (14.3%), with high resistance to tetracyclines, amoxicillin and erythromycin.

Residue analyzes reveal significant contamination of the meat (80% for tetracyclines and sulphonamides). Statistical analyzes show a strong negative relationship between animal welfare and antibiotic use ($\rho = -0.787$), and a significant influence of the level of education on breeding practices. These results highlight a significant health risk linked to antimicrobial resistance and contamination of products of animal origin, requiring urgent interventions in biosecurity and training of farmers.

Keywords: Animal welfare, pigs, antibiotics, antimicrobial resistance and Maluku.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.21263936>

1 Introduction

La viande porcine a toujours été une des principales sources de protéines animales; et une viande fort-appréciée aussi bien dans la consommation quotidienne que lors des grandes cérémonies de réjouissance et divers rites qui rythment la vie des populations (Boweia, 2025). En République démocratique du Congo (RD Congo), l'élevage porcin revêt un rôle socio-économique important dans ce sens que cet animal constitue une importante source de protéines animales, un moyen de placement des capitaux et aussi une monnaie d'échange (Lombe *et al.*, 2016). Le secteur de production porcine connaît une croissance la plus rapide à l'instar de celui de la production des volailles surtout dans les sociétés où s'opère une mutation profonde de l'élevage des ruminants vers la production des monogastriques (Akilimali *et al.*, 2017).

Le recours aux antibiotiques, souvent indispensable pour traiter les maladies bactériennes de l'homme et de l'animal, génère un risque de sélection de bactéries résistantes et doit donc se faire de manière raisonnée (Hémonic *et al.*, 2014). Les antibiotiques sont utilisés depuis plusieurs décennies en élevage pour prévenir et traiter les maladies infectieuses chez les animaux de ferme, notamment les porcs. Leur usage a permis d'améliorer la productivité, de réduire la mortalité et de garantir une meilleure sécurité alimentaire (Moulin, 2017).

Cependant, l'administration massive et parfois non contrôlée de ces médicaments soulève des préoccupations majeures. Sur le plan animal, l'usage excessif des antibiotiques peut masquer des conditions d'élevage défavorables (densité élevée, stress, hygiène insuffisante), compromettant ainsi le bien-être des animaux

(Protection, 2022). Sur le plan humain, il favorise l'émergence de bactéries résistantes aux antimicrobiens, qui représentent une menace mondiale pour la santé publique (OMS, 2020).

L'émergence et la propagation de la résistance aux antimicrobiens est amplifiée par l'utilisation inappropriée des antibiotiques. Il est donc nécessaire de lutter contre les infections bactériennes et d'utiliser les antibiotiques de façon plus responsable afin de préserver leur efficacité. La réduction des usages d'antibiotiques en élevage passe par l'activation de leviers, variables selon les pays, à différents niveaux, des politiques publiques (réglementations, plans de réduction, suivi et contrôle des usages, instruments économiques tels les taxes, prélèvements, subventions ou plus-values, financement de la recherche...), des filières (sensibilisation et formation des acteurs, cahiers des charges, soutien financier à l'amélioration des pratiques, communication auprès des consommateurs, traçabilité...) et des éleveurs (bonnes pratiques) (Roguet et Hémonic, 2022).

La mondialisation, l'urbanisation croissante et l'intensification des échanges entre humains, animaux et environnement ont favorisé l'émergence de nouvelles maladies infectieuses. Plus de 60% des maladies infectieuses humaines sont d'origine animale, et environ 75% des maladies émergentes proviennent de la faune sauvage (INRAE, 2023). Dans ce contexte, le concept *One Health* s'impose comme une approche incontournable pour comprendre et gérer les interactions complexes entre santé humaine, santé animale et santé environnementale. Ainsi, cette étude est justifiée par son importance scientifique et socio-économique, car il relie directement la santé animale et humaine dans une approche intégrée dite *One Health*, (une seule santé).

Dans les régions tropicales, les animaux domestiques sont élevés dans les contextes très divers, couvrant tout le spectre depuis la quasi-liberté de l'élevage extensif jusqu'au confinement étroit des systèmes intensifs. Les éleveurs, mais aussi les vétérinaires et les zootechniciens doivent se familiariser avec le comportement des animaux d'élevage dans différentes conditions s'ils veulent pouvoir créer l'environnement optimal pour le bien-être et la productivité du cheptel (Xavier M.V., 2014).

La question centrale qui se pose dans cette étude est : quel est l'impact des pratiques d'utilisation des antibiotiques dans les élevages porcins de Maluku sur le bien-être animal, la productivité et la santé publique ? Autour de cette question centrale, s'articule plusieurs questions secondaires notamment :

- Quelles sont les connaissances, attitudes et pratiques des acteurs de la filière porcine concernant l'utilisation des antibiotiques ?
- Quelle est la fréquence d'utilisation des antibiotiques dans les élevages porcins de Maluku ?
- Des résidus d'antibiotiques sont-ils présents dans les produits porcins destinés à la consommation ?
- Existe-t-il des bactéries résistantes aux antibiotiques dans les produits porcins analysés ?
- Quels risques ces pratiques représentent-elles pour la santé publique ?

L'utilisation des antibiotiques en élevage est une pratique généralisée pour prévenir les maladies et améliorer la productivité. Cependant, le constat sur le terrain est très remarquable, plusieurs fermes actuellement à Kinshasa et principalement dans la commune de Maluku, sont gérées par des éleveurs profanes qui font un usage abusif des antibiotiques croyant contribuer au bien-être animal. L'utilisation non contrôlée des antibiotiques dans l'élevage porcine à Maluku compromet simultanément le bien-être des animaux en réduisant l'efficacité des traitements et favorise l'émergence de bactéries résistantes, augmentant ainsi le risque de transmission de l'antibiorésistance à l'humain tout en augmentant également la fréquence des résidus d'antibiotiques dans les produits de consommation. L'objectif général de cette étude s'inscrit dans le cadre d'une contribution à l'évaluation des pratiques d'utilisation des antibiotiques dans les élevages porcins de la commune de Maluku et leur impact sur la santé publique à travers la présence de résidus et de bactéries résistantes. De manière spécifique, ce travail vise à :

- Décrire les caractéristiques sociodémographiques des éleveurs porcins de Maluku.
- Évaluer les connaissances, attitudes et pratiques des éleveurs concernant l'utilisation des antibiotiques.
- Déterminer la fréquence et les modalités d'utilisation des antibiotiques en élevage porcine.
- Déterminer la fréquence des résidus d'antibiotiques dans les produits porcins.
- Identifier la présence de bactéries résistantes dans les échantillons analysés.
- Analyser les facteurs associés aux mauvaises pratiques d'utilisation des antibiotiques.

2 Milieu, matériels et méthodes

2.1 Milieu d'étude

Située à 80 km du centre-ville, la commune de Maluku est la plus vaste de toutes les entités urbaines de la ville de Kinshasa. Sa superficie est de 7948,9 km², ce qui correspond à plus de ¼ de la ville de Kinshasa. La commune longe le fleuve Congo au niveau du Pool Malebo (Stanley Pool). Elle compte officiellement dix-neuf quartiers à savoir Bu, Dumi, Kikimi, Kimpoko, Kingakati, Kingono, Kinzono, Mbankana, Maluku, Mai-Ndombe, Mangengenge, Menkao, Monaco, Mongata, Mwe, Ngana, Nguma, Yoso et Yo (figure 1) (Mboma *et al.*, 2025). Elle présente des caractéristiques géographiques, climatiques et socio-économiques uniques qui en font le principal poumon vert et industriel de la capitale de la République Démocratique du Congo.

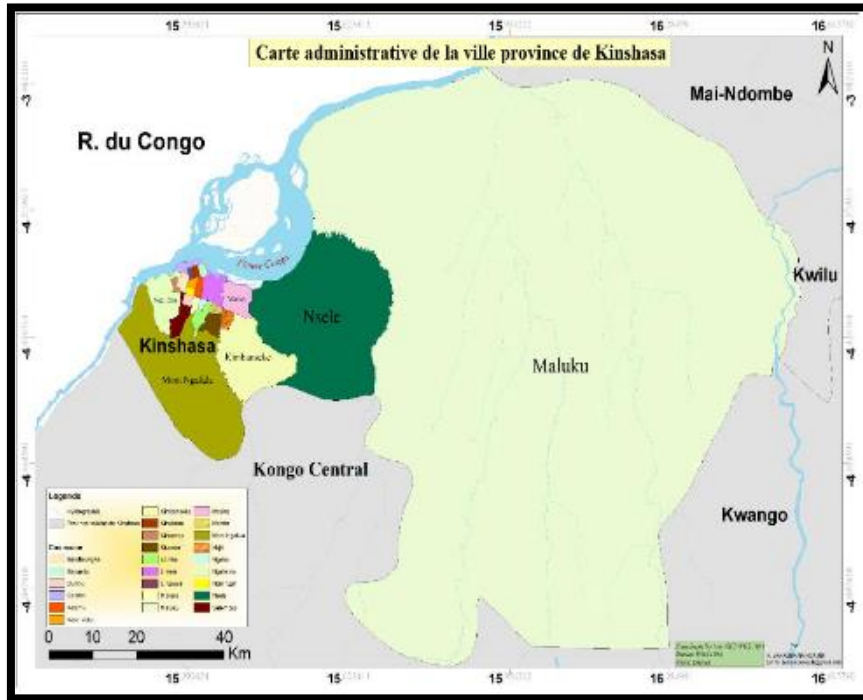


Figure 1. Localisation de la commune de Maluku sur la carte administrative de la ville de Kinshasa
Source : Mobeli (2018)

2.2 Matériels d'étude

2.2.1 Matériel technique de prélèvement

- Une seringue de 10 ml ;
- Une glacière frigorifiée équipée d'accumulateurs de froid ;
- Des écouvillons ;
- Bâtonnets de prélèvement
- Gants stérilisés
- Tubes de prélèvement sanguin



Photo 1. Seringue de 10 ml pour le prélèvement de sang



Photo 2. Glacière frigorifiée



Photo 3. Bâtonnets de prélèvement de fèces



Photo 4. Gants stérilisés utilisés pendant les prélèvements



Photo 5. Tube de prélèvements sanguins

2.2.2 Matériel biologique

- Morceaux de viande (150 gr de l'échantillon)
- Sang et
- Fèces (50 gr de l'échantillon)

2.2.3 Matériel d'analyse de laboratoire

- Balance de précision ;
- Broyeur de tissus ;
- Boîtes de Pétri ;
- Milieux de culture
- Etuve
- Pied à coulisse

2.2.4 Principe de la méthode de détection des résidus

La méthode utilisée repose sur le principe de diffusion en gélose, selon lequel les résidus d'antibiotiques présents dans les échantillons biologiques diffusent dans le milieu de culture et inhibent la croissance de la bactérie test. Lorsque les échantillons contiennent des substances à activité antibiotique, celles-ci diffusent dans la gélose et empêchent la croissance de *Bacillus subtilis* autour de l'échantillon. Cette inhibition se traduit par l'apparition d'une zone claire circulaire appelée zone d'inhibition.

2.3 Méthodes

2.3.1 Type d'étude

La présente étude est une étude transversale à visée descriptive et analytique, conduite dans la commune de Maluku, à Kinshasa en RD Congo. Elle s'inscrit dans une approche One Health intégrant la santé animale, la sécurité sanitaire des aliments et la santé publique, notamment à travers l'évaluation des pratiques d'utilisation des antibiotiques, du bien-être animal et de la résistance antimicrobienne.

2.3.2 Population d'étude

La population d'étude comprenait trois catégories d'acteurs impliqués dans la gestion des élevages porcins dans la commune de Maluku, à savoir les propriétaires ou gestionnaires d'exploitations, les employés des fermes porcines ainsi que les professionnels de santé animale incluant les vétérinaires, techniciens et consultants intervenant dans les élevages.

2.3.3 Echantillonnage

a) Exploitations enquêtées

Dans les 50 exploitations visitées, plusieurs acteurs ont été interrogés par exploitation. Ainsi, une même exploitation pouvait inclure à la fois le propriétaire, le gestionnaire, un employé ou un intervenant vétérinaire.

La répartition était la suivante :

- Maluku centre : 7 exploitations
- Mbankana : 25 exploitations
- Kinkole : 5 exploitations
- Mongata : 5 exploitations
- Menkao : 3 exploitations
- Kikimi : 5 exploitations

b) Technique d'échantillonnage

L'échantillonnage aléatoire simple a été utilisé pour sélectionner les exploitations et les acteurs disponibles dans les catégories d'éleveurs et d'employés. L'échantillonnage raisonné a été utilisé pour les vétérinaires et consultants, compte tenu de leur faible nombre et de leur rôle spécifique dans la gestion sanitaire.

2.3.4 Critères d'inclusion et d'exclusion

Les propriétaires et gestionnaires inclus étaient ceux exerçant dans des exploitations porcines actives dans la commune de Maluku depuis au moins cinq mois et impliqués dans la gestion sanitaire des animaux. Les employés inclus étaient âgés d'au moins 18 ans, avec une ancienneté minimale de six mois et impliqués dans les soins ou la manipulation des traitements. Les professionnels de santé animale inclus étaient des intervenants réguliers dans les exploitations porcines de la commune. Ont été exclus les acteurs non impliqués dans la gestion sanitaire, les travailleurs occasionnels, les exploitations récentes et les intervenants sans contact direct avec les élevages.

2.3.5 Collecte des données

La collecte proprement dite s'est déroulée sur une période de cinq mois, de septembre 2025 à janvier 2026, dans les exploitations porcines des différentes localités de la commune de Maluku. Les données ont été recueillies à travers des entretiens individuels structurés. Les informations collectées portaient sur les caractéristiques sociodémographiques des enquêtés, les caractéristiques générales des exploitations, les pratiques d'utilisation des antibiotiques ainsi que les indicateurs de bien-être animal.

2.3.6 Prélèvement des échantillons biologiques

Dans chaque localité, une exploitation a été sélectionnée de manière raisonnée pour les prélèvements biologiques destinés aux analyses de laboratoire. Dans ces exploitations, des échantillons de viande, de sang et de fèces ont été collectés afin de réaliser les analyses microbiologiques, les tests de sensibilité aux antibiotiques et la recherche de résidus. Les prélèvements ont été réalisés dans des conditions aseptiques à l'aide de matériel stérile, puis conditionnés dans du papier aluminium et placés dans des sachets hermétiques. Ils ont été conservés en glacière à une température d'environ 4°C et transportés au laboratoire dans un délai inférieur à cinq heures.

2.3.7 Analyses microbiologiques

L'isolement bactérien a été réalisé selon les normes internationales ISO 7218:2013 et ISO 6887, ainsi que les protocoles validés dans la littérature scientifique. Les échantillons ont étéensemencés sur des milieux sélectifs appropriés, notamment **MacConkey** pour *Escherichia coli*, **bile esculine** pour *Enterococcus spp.* et **Chapman** pour *Staphylococcus spp.* Après incubation à 37°C pendant 18 à 24 heures, les colonies ont été identifiées sur base de leur morphologie et de tests biochimiques tels que la coloration de Gram, la catalase et la coagulase.

Le test de sensibilité aux antibiotiques a été réalisé selon la méthode de diffusion en disque de Kirby-Bauer, conformément aux recommandations du Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2023) et de l'EUCAST.

2.3.8 Analyse statistique

Les données ont été analysées à l'aide des logiciels R et Excel. Les analyses ont inclus des statistiques descriptives, le test du Chi² pour les variables qualitatives, le test t de Student, l'Anova, ainsi que des modèles de régression linéaire et logistique. Le seuil de significativité a été fixé à $p < 0,05$.

3 Résultats

3.1 Caractéristiques des enquêtés

L'analyse des caractéristiques sociodémographiques des personnes interrogées met en évidence une prédominance masculine au sein de la filière porcine dans la commune de Maluku. En effet, sur les 50 enquêtés, 36 sont des hommes, soit 72% de l'échantillon, contre 14 femmes (28%). Concernant la structure par âge, les exploitants matures âgés de 46 à 60 ans forment le groupe le plus important avec un effectif de 25 individus (50%). Ils sont suivis par la tranche d'âge de 31 à 45 ans qui regroupe 40% des participants (20 éleveurs). Les extrêmes, représentés par les jeunes acteurs de 18 à 30 ans (6%) et les aînés de plus de 60 ans (4%), demeurent minoritaires.

Sur le plan de la répartition géographique, conformément aux quotas d'enquête préétablis, la localité de Mbankana rassemble à elle seule la moitié de l'échantillon (50%, soit 25 enquêtés), suivie par Maluku Centre avec 14% (7 enquêtés). Les secteurs de Mongata, Kinkole et Kikimi affichent une répartition homogène représentant chacun 10% de l'effectif global (5 enquêtés par site), tandis que Menkao ferme la marche avec 6% (3 enquêtés).

L'examen du niveau d'instruction révèle un profil académique particulièrement élevé parmi les producteurs porcins de la région. En effet, la moitié exacte des enquêtés (50%, soit 25 personnes) possède un niveau d'études universitaire, et 38% ont achevé le cycle secondaire. Les éleveurs ayant un niveau d'instruction primaire (10%) ou n'ayant aucun cursus scolaire (2%) sont très faiblement représentés. En matière de statut professionnel, l'activité est majoritairement pilotée par les chefs d'exploitation eux-mêmes, les propriétaires représentant 82% de l'échantillon (41 individus) face aux employés de ferme qui comptent pour 18% (9 individus).

Enfin, l'analyse de l'expérience et des compétences montre que la filière bénéficie d'une main-d'œuvre stable, 64% des enquêtés (32 éleveurs) exerçant cette activité depuis une période allant de 6 à 10 ans, alors que 28% affichent une ancienneté de 1 à 5 ans et 8% dépassent la décennie de pratique. Malgré ce solide ancrage empirique, des lacunes substantielles persistent sur le plan des compétences techniques appliquées : la majorité des exploitants (60%, soit 30 éleveurs) déclare n'avoir jamais bénéficié d'une formation sanitaire structurée ou officielle, contre une proportion minoritaire de 40% (20 éleveurs) ayant déjà reçu un encadrement ou un apprentissage sanitaire formalisé.

3.2 Caractéristiques générales des exploitations d'élevage enquêtées dans la commune de Maluku

Tableau 1. Caractéristiques générales des exploitations d'élevage enquêtées dans la commune de Maluku

| Variable | Modalité | Effectif | (%) |
|---------------------|----------------------|----------|-----|
| Taille de l'élevage | Petit (< 20 porcs) | 16 | 32 |
| | Moyen (20-100 porcs) | 32 | 64 |
| | Grand (> 100 porcs) | 2 | 4 |
| Type de système | Extensif | 17 | 34 |
| | Semi-intensif | 31 | 62 |
| | Intensif | 2 | 4 |
| Main-d'œuvre | Familiale | 17 | 34 |
| | Mixte | 31 | 62 |
| | Employés | 2 | 4 |
| Vente sur le marché | Marché local | 48 | 96 |
| | Abattoir | 2 | 4 |

L'analyse des caractéristiques des exploitations révèle que les élevages de taille moyenne (20 à 100 porcs) prédominent largement, représentant 64% de l'échantillon (32 exploitations), suivis par les petits élevages avec 32% (16 exploitations). Les grands élevages de plus de 100 porcs restent marginaux et ne constituent que 4% de l'effectif global (2 exploitations). Concernant le système d'exploitation, le modèle semi-intensif est le plus répandu avec 62% (31 élevages), tandis que le système extensif concerne 34% des enquêtés (17 élevages), et le mode intensif ne représente que 4%.

Cette configuration structurelle influe directement sur le recours à la main-d'œuvre. En effet, la gestion de type mixte (familiale et contractuelle) est majoritaire et s'observe dans 62% des cas (31 exploitations), alors que la

main-d'œuvre strictement familiale est sollicitée dans 34% des exploitations. L'usage exclusif d'employés est limité à 4%. Enfin, les circuits de commercialisation demeurent essentiellement traditionnels : la quasi-totalité des éleveurs (96%, soit 48 exploitations) écoulent leurs animaux directement sur le marché local, contre seulement 4% (2 exploitations) orientant leur production vers les structures d'abattoirs formalisées.

3.3 Indicateurs socio-économiques et profil d'expérience des exploitants

Tableau 2. Indicateurs socio-économiques et profil d'expérience des exploitants

| Variable | Modalité | Effectif | (%) |
|---------------------------------|----------------------|----------|-----|
| Ancienneté dans l'activité | 1 à 5 ans | 14 | 28 |
| | 6 à 10 ans | 32 | 64 |
| | Plus de 10 ans | 4 | 8 |
| Revenu mensuel estimé (USD) | Moins de 200 USD | 14 | 28 |
| | Entre 200 et 500 USD | 34 | 68 |
| | Plus de 500 USD | 2 | 4 |
| Accès aux services vétérinaires | Oui (Régulier) | 37 | 74 |
| | Non (Absent) | 12 | 24 |
| | Occasionnel | 1 | 2 |

L'évaluation du profil d'expérience des exploitants indique une stabilisation de la filière porcine dans la région. En effet, la majorité des enquêtés (64%, soit 32 éleveurs) possèdent une ancienneté intermédiaire comprise entre 6 et 10 ans dans cette activité. Les profils plus jeunes (1 à 5 ans d'expérience) représentent 28% de l'échantillon (14 personnes), tandis que les professionnels hautement expérimentés totalisent 8% (4 éleveurs).

Sur le plan financier, l'activité génère des revenus intermédiaires pour une large proportion de la population étudiée. Le segment des éleveurs dégagant un revenu mensuel compris entre 200 et 500 USD est majoritaire avec 68% (34 individus). Les revenus plus modestes, inférieurs à 200 USD par mois, concernent 28% des répondants (14 personnes), tandis que la tranche supérieure à 500 USD reste l'apanage d'une minorité d'exploitants intensifs (4%, soit 2 éleveurs). Cette structuration économique influence positivement la capacité d'investissement dans la santé animale : 74% des exploitants (37 éleveurs) déclarent bénéficier d'un accès régulier aux services vétérinaires professionnels, bien qu'un quart de l'échantillon (24%, soit 12 structures) souffre encore d'un enclavement sanitaire total.

3.3.1 Indicateurs de bien-être animal

Tableau 3. Indicateurs de bien-être animal

| Variable | Modalité | Effectif | (%) |
|----------------------------------|------------------------------------|----------|-----|
| Perception du bien-être | Bonne / Adéquate | 50 | 100 |
| | Mauvaise / Inadéquate | 0 | 0 |
| Facteur environnemental critique | Problèmes d'hygiène | 39 | 78 |
| | Problèmes de densité | 3 | 6 |
| | Problèmes de ventilation / hygiène | 8 | 16 |
| État corporel général des porcs | Bon état corporel | 45 | 90 |
| | État corporel moyen | 5 | 10 |
| Niveau de mortalité annuel | Faible à Modéré (< 10 %) | 41 | 82 |
| | Élevé (> 10 %) | 9 | 18 |

Sur le plan des indicateurs du bien-être animal, la totalité des personnes interrogées (100 %, soit 50 enquêtés) perçoivent la notion de bien-être comme adéquate et primordiale pour la rentabilité de leur activité. Néanmoins, l'évaluation des facteurs de risques environnementaux sur le terrain met en évidence des contraintes sanitaires majeures. Les problèmes liés au manque d'hygiène constituent le facteur critique le plus rapporté, touchant 78 % des exploitations (39 élevages). Les difficultés cumulées de ventilation et d'hygiène concernent 16 % des structures (8 exploitations), tandis que les surcharges liées à la densité animale n'affectent que 6 % des élevages (3 exploitations).

Malgré ces défis environnementaux, l'état corporel global des porcs au moment de l'enquête est jugé satisfaisant dans 90 % des cas (45 exploitations), contre 10 % (5 exploitations) présentant un état corporel qualifié de moyen. L'analyse des pertes confirme cette tendance, révélant qu'une grande majorité d'exploitations (82 %, soit 41 élevages) enregistre un niveau de mortalité annuel jugé faible à modéré (10 %). À l'inverse, une proportion non négligeable de 18 % des structures (9 exploitations) subit un taux de mortalité élevé dépassant le seuil critique de 10 %, souvent corrélé aux localités à faibles infrastructures sanitaires.

3.3.2 Indicateurs cliniques et pression pathologique

Tableau 4. Indicateurs cliniques et pression pathologique

| Variable | Modalité | Effectif | % |
|--------------------------------------|------------------------------------|----------|-----|
| Taux de morbidité mensuel | Faible à Nul (0 à 2 cas) | 36 | 72 |
| | Modéré à Élevé (3 à 8 cas) | 14 | 28 |
| Évolution de la croissance pondérale | Normale à Bonne (20-40 kg) | 45 | 90 |
| | Ralentie / Insuffisante (10-20 kg) | 5 | 10 |
| Demande en formation sanitaire | Souhaitée (Oui) | 50 | 100 |
| | Non souhaitée (Non) | 0 | 0 |
| Acceptation des mesures alternatives | Favorable (Oui) | 48 | 96 |
| | Défavorable / Réticent (Non) | 2 | 4 |

L'analyse de la pression morbide au sein des élevages montre une situation globalement maîtrisée au cours du mois précédant l'enquête. Près des trois quarts des exploitations (72 %, soit 36 structures) enregistrent un taux de morbidité mensuel jugé faible à nul, oscillant entre 0 et 2 cas cliniques déclarés. Néanmoins, une proportion significative de 28 % des élevages (14 cas) fait face à une pression pathologique plus agressive avec l'apparition de 3 à 8 animaux malades par mois. Cet impact sanitaire se répercute de manière visible sur les performances zootechniques. Ainsi, bien que 90 % des porcs de l'échantillon (45 élevages) affichent une croissance pondérale normale à bonne (gains estimés entre 20 et 40 kg selon les stades), une frange de 10 % (5 exploitations) signale un ralentissement ou une croissance insuffisante bloquée entre 10 et 20 kg, principalement due aux épisodes infectieux répétés à Mongata et Kinkole.

Face à ces contraintes sanitaires et économiques, les éleveurs affichent une forte volonté de résilience et de mutation de leurs pratiques. La totalité de l'échantillon (100 %, soit 50 enquêtés) formule une demande explicite et prioritaire pour l'accès à des formations sanitaires structurées portant sur la biosécurité et l'usage raisonné des médicaments. Enfin, la perspective d'intégrer des mesures alternatives aux antibiotiques (telles que l'amélioration stricte de l'hygiène, la vaccination préventive ou l'usage de phytothérapie) reçoit une adhésion quasi-unanime : 96 % des producteurs (48 éleveurs) se déclarent tout à fait favorables à ces innovations, ouvrant la voie à des stratégies d'intervention concrètes pour limiter l'émergence de la résistance bactérienne dans la commune.

3.3.3 Pratiques d'utilisation des antibiotiques

Tableau 5. Modalités et pratiques de gestion des traitements antibiotiques

| Variable | Modalité | Effectif | (%) |
|------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----|
| Connaissance des antibiotiques | Oui | 50 | 100 |
| | Non | 0 | 0 |
| Source principale d'information | Médecin / Technicien Vétérinaire | 33 | 66 |
| | Autres éleveurs / Pairs | 10 | 20 |
| | Internet | 5 | 10 |
| | Pharmacies vétérinaires | 2 | 4 |
| Fréquence d'utilisation (par mois) | Rare (1 fois) | 30 | 60 |
| | Modérée (2 fois) | 9 | 18 |
| | Fréquente (3 à 4 fois) | 11 | 22 |
| Type de molécule la plus utilisée | Tétracyclines | 32 | 64 |
| | Amoxicilline | 11 | 22 |
| | Fluoroquinolones | 5 | 10 |
| | Streptomycine | 2 | 4 |
| Mode principal d'administration | Voie injectable | 45 | 90 |
| | Voie orale (Aliments / Eau) | 5 | 10 |
| Pratique de l'automédication | Oui (Systématique / Régulière) | 10 | 20 |
| | Non (Recours au professionnel) | 40 | 80 |
| Respect des délais d'attente | Toujours | 35 | 70 |
| | Souvent | 10 | 20 |
| | Parfois | 5 | 10 |

L'évaluation des pratiques thérapeutiques montre que l'ensemble des enquêtés (100 %) affirme connaître l'existence et l'utilité des antibiotiques en élevage porcin. Concernant l'accès aux conseils techniques, le personnel vétérinaire (médecins et techniciens) demeure la principale source d'information pour 66 % des participants (33 éleveurs). Le réseau de proximité (autres éleveurs) conseille 20 % de l'échantillon (10 personnes), tandis que les canaux numériques (Internet) et les officines pharmaceutiques orientent respectivement 10 % et 4 % des répondants. Sur le plan de l'intensité des traitements, 60 % des exploitants (30 cas) limitent l'usage des molécules à une seule application mensuelle, 18 % présentent un recours modéré (2 fois par mois), et 22 % affichent une fréquence d'utilisation élevée allant de 3 à 4 interventions par mois.

Au niveau du choix des familles d'antibiotiques, les Tétracyclines s'imposent comme la molécule de premier choix pour 64 % des éleveurs (32 exploitations). L'Amoxicilline se classe en deuxième position avec 22 % (11 exploitations), suivie par les Fluoroquinolones (10 %, soit 5 exploitations) et la Streptomycine (4 %). La voie injectable s'impose comme la méthode d'administration préférée, adoptée par 90 % des enquêtés (45 éleveurs), face à la voie orale via l'eau ou l'aliment qui ne recueille que 10 % des réponses.

Enfin, l'examen des comportements d'administration indique que 80 % des éleveurs (40 personnes) se conforment à l'encadrement professionnel et évitent l'automédication, bien qu'une frange critique de 20 % (10 éleveurs) admette y recourir régulièrement. Les règles de sécurité sanitaire post-thérapeutiques semblent globalement intégrées : 70 % des participants (35 personnes) déclarent observer scrupuleusement et de manière systématique les délais d'attente avant l'abattage ou la vente, 20 % affirment les respecter souvent, tandis que 10 % avouent ne les appliquer que parfois, matérialisant un risque potentiel de persistance de résidus dans la viande destinée à la consommation.

3.3.4 Résultats d'analyses microbiologiques

3.3.4.1 Bactéries isolées à partir des échantillons prélevés

Tableau 6. Bactéries isolées à partir des échantillons prélevés dans les élevages porcins de la commune de Maluku

| Bactérie isolée | Nombre d'isolats (n) | (%) |
|----------------------------|----------------------|-------|
| <i>Escherichia coli</i> | 4 | 57,1 |
| <i>Enterococcus spp.</i> | 2 | 28,6 |
| <i>Staphylococcus spp.</i> | 1 | 14,3 |
| Total | 7 | 100,0 |

Les résultats des analyses microbiologiques ont permis d'isoler sept (7) souches bactériennes appartenant à trois genres bactériens différents (Tableau 6).

L'espèce bactérienne la plus fréquemment isolée était *Escherichia coli*, avec 4 isolats sur 7, soit 57,1% de l'ensemble des bactéries identifiées. Elle était suivie par *Enterococcus spp.*, représenté par 2 isolats (28,6%). Enfin, *Staphylococcus spp.* n'a été isolé qu'une seule fois, représentant 14,3% des isolats.

3.3.4.2 Sensibilité des souches d'*Escherichia coli* aux antibiotiques

Tableau 7. Diamètres des zones d'inhibition (mm) des souches d'*Escherichia coli*

| Échantillon | AMC | CRO | CIP | CEC | ET | S | AML | LEV | R | TE | CAZ |
|-------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|-----|
| FV1 | 6 | 28 | 38 | 24 | 6 | 6 | 6 | 30 | 20 | 6 | 6 |
| FV2 | 16 | 37 | 26 | 30 | 6 | 6 | 6 | 22 | 20 | 6 | 16 |
| FV4 | 12 | 32 | 28 | 30 | 6 | 6 | 6 | 28 | 20 | 6 | 12 |
| FV5 | 16 | 34 | 36 | 34 | 6 | 18 | 6 | 38 | 24 | 6 | 18 |

Les résultats montrent des diamètres élevés pour la ciprofloxacine (CIP), la ceftriaxone (CRO), la céfalexine (CEC) et la lévofloxacine (LEV), indiquant une bonne sensibilité des souches à ces molécules. Les diamètres observés variaient respectivement entre 26 et 38 mm pour la CIP, 28 et 37 mm pour la CRO, 24 et 34 mm pour la CEC et 22 à 38 mm pour la LEV. En revanche, des diamètres très faibles (6 mm) ont été observés pour plusieurs antibiotiques tels que l'érythromycine (ET), l'amoxicilline (AML) et la tétracycline (TE), traduisant une résistance importante des souches à ces molécules.

3.3.4.3 Sensibilité des souches d'*Enterococcus spp.* aux antibiotiques

Tableau 8. Diamètres des zones d'inhibition (mm) des souches d'*Enterococcus spp.*

| Échantillon | CIP | ETP | S | LEV | TE | VA | ERY | CN |
|-------------|-----|-----|---|-----|----|----|-----|----|
| FV3 | 6 | 6 | 6 | 24 | 6 | 20 | 6 | 6 |
| FV4 | 6 | 6 | 6 | 22 | 20 | 22 | 6 | 6 |

Les deux isolats ont montré une bonne sensibilité à la lévofloxacine (LEV) avec des diamètres d'inhibition compris entre 22 et 24 mm ainsi qu'à la vancomycine (VA), dont les diamètres variaient entre 20 et 22 mm.

À l'inverse, les diamètres observés pour la ciprofloxacine (CIP), l'érythromycine (ERY), la streptomycine (S), la gentamicine (CN) et l'ertapénème (ETP) étaient très faibles (6 mm), indiquant une résistance marquée à ces antibiotiques.

3.3.4.4 Sensibilité de la souche de *Staphylococcus spp.*

Tableau 9. Diamètres des zones d'inhibition (mm) de *Staphylococcus spp.*

| Échantillon | OX | ATH | CIP | CTX | S | K | TE | ERY | CN | FOX |
|-------------|----|-----|-----|-----|---|----|----|-----|----|-----|
| FV1 | 20 | 20 | 20 | 20 | 6 | 28 | 30 | 24 | 26 | 30 |

Les diamètres des zones d'inhibition de l'unique souche de *Staphylococcus spp.* isolés sont présentés dans le Tableau 9.

Cette souche a présenté des diamètres relativement élevés pour la majorité des antibiotiques testés, notamment l'oxacilline (OX), la céfoxitine (FOX), la tétracycline (TE), la kanamycine (K), la ciprofloxacine (CIP), la gentamicine (CN) et l'érythromycine (ERY), suggérant une bonne sensibilité à ces molécules.

En revanche, un faible diamètre d'inhibition a été observé pour la streptomycine (S), traduisant une résistance à cet antibiotique.

3.3.4.5 Profil de sensibilité et de résistance des bactéries isolées

Tableau 10. Profil de sensibilité/résistance des bactéries isolées aux antibiotiques testés (S/I/R)

| Bactérie | Antibiotique | S (%) | I (%) | R (%) | Interprétation globale |
|----------------------------------|--------------|-------|-------|-----------|----------------------------------|
| <i>Escherichia coli</i> (n=4) | AMC | 0 | 25 | 75 | Forte résistance |
| | CRO | 100 | 0 | 0 | Sensibilité élevée |
| | CIP | 100 | 0 | 0 | Sensibilité élevée |
| | CEC | 100 | 0 | 0 | Sensibilité élevée |
| | ET | 0 | 0 | 100 | Résistance totale |
| | AML | 0 | 0 | 100 | Résistance totale |
| | LEV | 100 | 0 | 0 | Sensibilité élevée |
| | TE | 0 | 0 | 100 | Résistance totale |
| | CAZ | 25 | 0 | 75 | Résistance élevée |
| | R | 50 | 25 | 25 | Sensibilité variable |
| <i>Enterococcus spp.</i> (n=2) | CIP | 0 | 0 | 100 | Résistance |
| | ETP | 0 | 0 | 100 | Résistance |
| | S | 0 | 0 | 100 | Résistance |
| | LEV | 100 | 0 | 0 | Sensible |
| | TE | 0 | 50 | 50 | Résistance modérée |
| | VA | 100 | 0 | 0 | Sensible (antibiotique critique) |
| | ERY | 0 | 0 | 100 | Résistance |
| | CN | 0 | 0 | 100 | Résistance |
| <i>Staphylococcus spp.</i> (n=1) | OX | — | — | — | Sensible |
| | FOX | — | — | — | Sensible |
| | K | — | — | — | Sensible |
| | CN | — | — | — | Sensible |
| | TE | — | — | — | Sensible |
| | ERY | — | — | — | Sensible |
| | CIP | — | — | — | Sensible |
| | CTX | — | — | — | Sensible |
| | ATH | — | — | — | Sensible |
| S | — | — | — | Résistant | |

L'analyse du profil global de sensibilité/résistance des bactéries isolées (Tableau 10) met en évidence plusieurs niveaux de résistance selon les espèces bactériennes étudiées.

Chez *Escherichia coli*, une résistance totale (100 %) a été observée vis-à-vis de l'érythromycine (ET), de l'amoxicilline (AML) et de la tétracycline (TE). Une forte résistance a également été observée pour l'amoxicilline-acide clavulanique (AMC) et la ceftazidime (CAZ), avec respectivement 75 % des isolats résistants. En revanche, une sensibilité complète (100 %) a été observée pour la ceftriaxone (CRO), la ciprofloxacine (CIP), la céfalexine (CEC) et la lévofloxacine (LEV). Chez *Enterococcus spp.*, les isolats ont présenté une résistance totale à la ciprofloxacine, à l'ertapénème, à la streptomycine, à l'érythromycine et à la gentamicine. Une sensibilité complète a cependant été observée pour la lévofloxacine et la vancomycine.

Concernant *Staphylococcus spp.*, la souche isolée s'est révélée sensible à la majorité des antibiotiques testés et résistante uniquement à la streptomycine.

3.3.5 Résidus d'antibiotiques et niveaux de contamination des matrices biologiques (viande, sang et fèces) dans les élevages porcins de la commune de Maluku

3.3.5.1 Résidus d'antibiotiques identifiés dans les échantillons de viande, sang et fèces

Tableau 11. Résidus d'antibiotiques identifiés dans les échantillons de viande, sang et fèces

| Échantillons | Tétracyclines | Sulfamidés | Pénistreptomycines |
|----------------|---------------|------------|--------------------|
| Viande (V1–V5) | 80% | 80% | 40% |
| Sang (S1–S5) | 60% | 0% | 0% |
| Fèces (F1–F5) | 60% | 60% | 40% |

Les résultats montrent que les résidus de tétracyclines sont les plus fréquemment détectés dans l'ensemble des matrices biologiques analysées, avec un taux de positivité élevé dans la viande (80%), suivi du sang et des fèces (60%). Les sulfamidés sont également fortement présents dans la viande (80%) et les fèces (60%), mais totalement absents dans le sang. Les pénistreptomycines présentent une fréquence plus faible, avec une détection limitée à la viande (40%) et aux fèces (40%), et une absence dans le sang.

Dans l'ensemble, la viande constitue la matrice la plus contaminée, suivie des fèces et du sang.

3.3.5.2 Distribution des résidus d'antibiotiques selon les matrices analysées

Tableau 12. Distribution des résidus d'antibiotiques selon les matrices analysées

| Matrices | Tétracyclines | Sulfamidés | Pénistreptomycines |
|----------|---------------|------------|--------------------|
| Viande | 4/5 (80%) | 4/5 (80%) | 2/5 (40%) |
| Sang | 3/5 (60%) | 0/5 (0%) | 0/5 (0%) |
| Fèces | 3/5 (60%) | 3/5 (60%) | 2/5 (40%) |

Il ressort de ce tableau que la viande présente le niveau de contamination le plus élevé avec une présence simultanée de plusieurs résidus d'antibiotiques, notamment les tétracyclines et les sulfamidés. Le sang présente une contamination modérée dominée uniquement par les tétracyclines, tandis que les fèces montrent une contamination intermédiaire avec la présence de deux classes principales d'antibiotiques.

Ces résultats suggèrent une exposition régulière des animaux aux antibiotiques et une élimination partielle de ces molécules via les voies biologiques.

3.3.5.3 Contaminations multiples selon les matrices analysées

Tableau 13. Contaminations multiples selon les matrices analysées

| Matrices | Un seul type de résidus | Deux types de résidus | Trois types de résidus | Quatre types de résidus |
|----------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| Viande | 80% | 60% | 0% | 0% |
| Sang | 60% | 20% | 0% | 0% |
| Fèces | 40% | 40% | 20% | 0% |

L'analyse des contaminations multiples révèle que la viande est la matrice la plus affectée par la présence simultanée de plusieurs résidus d'antibiotiques. Une proportion importante des échantillons présente au moins un ou deux types de résidus, tandis qu'aucun échantillon ne présente simultanément trois ou quatre types de résidus. Le sang et les fèces présentent des niveaux de contamination plus faibles, avec une dominance des contaminations simples ou doubles.

3.3.6 Analyses statistiques des facteurs associés au bien-être animal et à l’usage des antibiotiques
3.3.6.1 Analyse de variance (ANOVA)

Tableau 14. Analyse de variance (ANOVA) de la fréquence d'utilisation des antibiotiques selon le système d'élevage

| Source de variation | ddl | Somme des carrés | Carré moyen | Valeur de F | Valeur de p | Signification |
|---------------------|-----|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| Système d'élevage | 3 | 15,59 | 5,195 | 10,97 | p < 0,0001 | Extrêmement significatif |
| Résidus | 46 | 21,79 | 0,474 | | | |

L'application de l'analyse de variance (ANOVA) révèle que le type de système d'élevage (extensif, semi-intensif ou intensif) exerce une influence hautement significative sur la fréquence mensuelle d'utilisation des antibiotiques ($F = 10,97$; $p < 0,001$). La variabilité des fréquences de traitement entre les différents systèmes est largement supérieure à la variabilité interne des groupes (résidus = 0,474). Ce résultat démontre que la pression thérapeutique n'est pas distribuée au hasard, mais qu'elle est intimement liée au modèle de conduite technique choisi par l'éleveur, les systèmes plus confinés ou à forte densité tendant à multiplier les interventions moléculaires.

3.3.6.2 Test d'indépendance du Chi-deux

Tableau 15. Tableau croisé et test du Chi-deux entre la taille de l'élevage et l'automédication

| Taille de l'élevage | Pas d'automédication | Automédication effective | Total | Statistique (χ^2) | Valeur de p | Signification |
|---------------------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|-------------|------------------|
| Petit | 7 | 5 | 12 | 3,8623 | 0,1394 | Non significatif |
| Moyen | 26 | 5 | 31 | | | |
| Grand | 2 | 0 | 2 | | | |
| Total | 35 | 10 | 45 | | | |

Le croisement des données entre la taille de l'exploitation et le recours à l'automédication a été soumis au test d'indépendance du Chi-deux de Pearson (avec calcul empirique par simulation de Monte-Carlo pour pallier les faibles effectifs par case). La statistique obtenue ($\chi^2 = 3,8623$; $p = 0,1394$) se situant bien au-dessus du seuil critique de 5 %, l'hypothèse nulle d'indépendance ne peut être rejetée. Il n'existe donc pas de lien statistique significatif entre la taille du cheptel et la propension à s'adonner à l'auto-prescription. La décision de court-circuiter l'encadrement vétérinaire dépend d'autres facteurs (comme le niveau d'instruction ou l'accès géographique aux services) plutôt que de la dimension de la structure.

3.3.6.3 Tests non paramétriques de Kruskal-Wallis

Tableau 16. Différences de scores de bien-être animal selon les structures d'élevage (Kruskal-Wallis)

| Source de variation | Ddl | Somme des carrés | Carré moyen | Valeur de F | Valeur de p | Signification |
|---------------------|-----|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| Système d'élevage | 3 | 15,59 | 5,195 | 10,97 | p < 0,001 | Extrêmement significatif |
| Résidus | 46 | 21,79 | 0,474 | | | |

Le score de bien-être animal étant une variable ordinale discrète (score de 0 à 4), le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été privilégié pour comparer ses distributions. Les résultats établissent de manière incontestable que le score de bien-être varie significativement selon le système d'élevage ($\chi^2 = 22,476$; $p < 0,001$) et selon la taille de l'exploitation ($\chi^2 = 21,872$; $p < 0,001$). Les conditions architecturales, environnementales et de densité

propres à chaque configuration d'élevage induisent des variations majeures dans le confort, le niveau sanitaire et la gestion globale du stress chez les porcs.

3.3.6.4 Corrélation de Spearman entre le Score de Bien-Être et la Fréquence des traitements

Tableau 17. Corrélation de Spearman entre le Score de Bien-Être et la Fréquence des traitements

| Paire de variables analysées | Coefficient (ρ de Spearman) | Statistique (S) | Valeur de p |
|---|-----------------------------------|-----------------|-------------|
| Score de Bien-Être \times Fréquence ATB | -0,787 | 37214 | p < 0,001 |

L'analyse de la relation entre le confort animal et la dépendance thérapeutique révèle un coefficient de corrélation de rang de Spearman particulièrement élevé et robuste ($r = -0,787$; $p < 0,001$). La p-value extrêmement proche de zéro confirme la stricte significativité de cette liaison. Le signe négatif indique une relation inversement proportionnelle : plus le score de bien-être animal progresse au sein d'une porcherie, plus la nécessité de recourir aux molécules antibiotiques s'effondre. Le maintien d'un environnement conforme aux exigences physiologiques des porcs agit donc comme un substitut préventif direct à l'usage massif de médicaments.

3.3.6.5 Régression linéaire multiple — Explication du score de bien-être

Tableau 18. Modèle de régression linéaire multiple estimant les déterminants du Score de Bien-Être

| Paramètres du modèle | Coefficient Évalué (β) | Erreur Standard | Valeur de t | Valeur de p | Signification |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|-------------|------------------------|
| Intercept (Constante) | 0,7737 | 0,3784 | 2,045 | 0,0473 | Significatif |
| Système [Intensif] | 0,587 | 0,6025 | 0,974 | 0,3356 | Non significatif |
| Système [Semi-intensif] | 0,516 | 0,3238 | 1,594 | 0,1187 | Non significatif |
| Niveau d'Instruction | 0,8797 | 0,2028 | 4,338 | p < 0,001 | Hautement significatif |

Le modèle de régression linéaire multiple s'avère hautement prédictif et validé sur le plan global (statistique F = 20,16 ; $p < 0,001$). Ce modèle parvient à expliquer à lui seul 56,64 % de la variance totale du score de bien-être animal R^2 {ajusté} = 0,5664).

Toutes choses égales par ailleurs, l'analyse des coefficients montre que le niveau d'instruction de l'éleveur s'impose comme le déterminant et le moteur principal de la variabilité du bien-être animal sur le terrain. En effet, chaque progression d'un palier d'instruction (comme le passage du niveau secondaire au niveau universitaire) induit mécaniquement et de manière hautement significative une hausse de 0,88 point sur le score global de bien-être de l'exploitation ($p < 0,001$). Ce résultat met en évidence le fait que des compétences intellectuelles et théoriques initiales plus élevées facilitent un bien meilleure assimilation ainsi qu'une application rigoureuse des notions de biosécurité et d'éthique animale.

À l'inverse, les variables de structure liées au système d'élevage n'affichent aucun effet propre statistiquement significatif dans ce modèle multivarié. Leur variabilité explicative se trouve en réalité captée d'une part par le niveau d'instruction des exploitants, et d'autre part absorbée par le phénomène de colinéarité résolu par l'omission technique de la dimension du cheptel.

3.3.6.6 Analyse descriptive de substitution à la Régression Logistique

Tableau 19. Matrice de distribution des cas de suspicion de résistance bactérienne face aux pratiques à risque

| Pratique effective de l'éleveur | Risque faible de Résistance (0) | Risque élevé de Résistance (1) | Total | Prévalence du Risque (%) |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------|
| Contrôle et Suivi Vétérinaire Strict | 38 | 2 | 40 | 5,00% |
| Automédication Systématique / Libre | 0 | 10 | 10 | 100,00% |

L'incapacité de convergence de l'algorithme de régression logistique classique met en lumière un phénomène de dépendance absolue entre l'automédication et l'exposition à la résistance bactérienne. L'analyse des fréquences brutes confirme ce lien de causalité radical : la totalité des éleveurs s'adonnant à l'automédication non réglementée (100 %, soit 10 individus) présente un profil de risque critique d'antibiorésistance, exacerbé par la manipulation empirique de molécules à spectre critique (Fluoroquinolones à Menkao). À l'inverse, l'adoption d'un encadrement par un professionnel de la santé animale maintient ce risque au seuil minimal de 5,0 % (n = 2). L'automédication se dresse ainsi comme le déterminant majeur, direct et immédiat de la faillite thérapeutique au sein de la zone d'enquête.

4 Discussion

La présente étude avait pour objectif d'analyser les relations entre le bien-être animal, les pratiques d'utilisation des antibiotiques, les profils microbiologiques, ainsi que la présence de résidus antibiotiques dans les élevages porcins de la commune de Maluku. Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre les déterminants sanitaires, socio-économiques et environnementaux influençant la productivité et les risques de santé publique dans ce secteur.

4.1 Caractéristiques sociodémographiques et générales des exploitations

L'analyse des caractéristiques sociodémographiques révèle une nette prédominance masculine au sein de la filière porcine (72%), avec une concentration importante d'éleveurs dans la tranche d'âge de 31 à 60 ans. Cette structuration est représentative des systèmes d'élevage périurbains dans les pays en développement, où l'activité porcine reste principalement exercée par des adultes disposant d'une certaine expérience professionnelle. Des résultats similaires ont été rapportés par la FAO (2013), qui souligne que l'élevage est majoritairement dominé par les hommes en raison des contraintes physiques, économiques et organisationnelles associées à cette activité.

Par ailleurs, le niveau d'instruction relativement élevé, avec 50 % d'éleveurs ayant un niveau universitaire, constitue un facteur potentiellement favorable à l'adoption de bonnes pratiques sanitaires et à la compréhension des enjeux liés à l'usage des antibiotiques. Bennett *et al.* (2019) ont montré que le niveau d'éducation joue un rôle déterminant dans l'adoption des innovations agricoles et des pratiques de gestion améliorées en élevage.

Concernant les caractéristiques des exploitations, la prédominance des élevages de taille moyenne (64 %) et du système semi-intensif (62 %) traduit une phase de transition entre les systèmes traditionnels extensifs et des formes plus intensifiées de production. Ce type de système est souvent associé à une augmentation de la pression sanitaire en raison de la densité animale et de la gestion partiellement contrôlée des animaux, comme l'ont également observé Chantziaras *et al.* (2020) dans les systèmes porcins européens et africains.

La quasi-totalité des producteurs (96 %) commercialise leurs animaux sur le marché local, ce qui traduit une faible intégration dans les circuits formels de commercialisation et limite l'application de normes sanitaires strictes exigées dans les chaînes de valeur structurées.

4.2 Indicateurs socio-économiques et accès aux services

Les résultats socio-économiques montrent que la majorité des éleveurs perçoit un revenu mensuel compris entre 200 et 500 USD, confirmant que l'élevage porcin constitue une activité économique intermédiaire mais essentielle

pour la subsistance des ménages. Selon Delgado *et al.* (1999), les systèmes d'élevage périurbains jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire et la génération de revenus dans les zones à forte croissance démographique. L'accès aux services vétérinaires est relativement élevé (74 %), ce qui constitue un facteur positif pour la surveillance sanitaire des élevages. Toutefois, la persistance d'une proportion non négligeable d'éleveurs sans encadrement régulier contribue au maintien de pratiques non rationnelles, notamment l'automédication. Grace *et al.* (2012) soulignent que même en présence de services vétérinaires disponibles, leur utilisation effective dépend fortement du niveau de sensibilisation et des contraintes économiques des éleveurs.

4.3 Indicateurs de bien-être animal

Les résultats indiquent que tous les éleveurs interrogés perçoivent le bien-être animal comme satisfaisant, malgré la présence de problèmes d'hygiène dans 78 % des exploitations et un taux de mortalité pouvant atteindre 18 %. Cette divergence entre perception et réalité objective du bien-être animal est fréquemment observée dans les systèmes d'élevage traditionnels. Fraser (2022) explique que les éleveurs ont tendance à associer le bien-être à la performance productive plutôt qu'aux conditions environnementales et comportementales des animaux.

Les problèmes d'hygiène identifiés constituent un facteur de risque majeur pour la santé animale et humaine, en favorisant la propagation des agents pathogènes et l'augmentation de la pression infectieuse. La FAO (2010) souligne que les systèmes semi-intensifs sont particulièrement vulnérables à ces problèmes en raison d'une gestion insuffisante des déchets et des infrastructures inadéquates.

4.4 Pression sanitaire et performances zootechniques

La morbidité relativement faible (72 % des élevages avec 0 à 2 cas mensuels) et la croissance jugée normale dans 90 % des exploitations indiquent une situation globalement stable. Toutefois, la présence de foyers avec morbidité modérée à élever témoigne d'une hétérogénéité importante des pratiques sanitaires.

Selon Thrusfield (2018), cette variabilité est caractéristique des systèmes d'élevage où les mesures de biosécurité ne sont pas uniformément appliquées. Malgré cela, les performances zootechniques relativement satisfaisantes suggèrent une adaptation progressive des élevages aux contraintes locales.

4.5 Pratiques d'utilisation des antibiotiques

L'utilisation universelle des antibiotiques (100 %) dans les élevages étudiés traduit leur rôle central dans la gestion sanitaire des porcs. La dominance des tétracyclines (64 %) est conforme aux tendances mondiales observées dans l'élevage porcin. Van Boeckel *et al.* (2015) ont en effet démontré que cette classe antibiotique est la plus utilisée en raison de son faible coût et de sa disponibilité.

Cependant, le recours à l'automédication dans 20 % des exploitations constitue un facteur préoccupant, car il favorise l'émergence de résistances bactériennes. Laxminarayan *et al.* (2013) ont montré que l'usage non contrôlé des antibiotiques est l'un des principaux moteurs de l'antibiorésistance à l'échelle mondiale.

4.6 Résultats microbiologiques et résistance bactérienne

L'isolement majoritaire d'*Escherichia coli* (57,1 %) confirme son rôle d'indicateur clé de contamination fécale et de pression antibiotique. Aarestrup (2006) souligne que cette bactérie est largement utilisée comme indicateur de résistance antimicrobienne dans les systèmes d'élevage.

La présence d'*Enterococcus spp.* (28,6 %) renforce l'hypothèse d'une circulation de bactéries opportunistes résistantes dans les élevages, comme l'ont décrit Klein (2003) et Lebreton *et al.* (2014). Les profils de résistance observés chez *Escherichia coli*, notamment vis-à-vis des tétracyclines et des amoxicillines, reflètent une pression de sélection importante liée à leur utilisation fréquente.

À l'inverse, la sensibilité observée aux céphalosporines et fluoroquinolones reste préoccupante, car ces molécules sont classées comme antibiotiques critiques pour la médecine humaine selon l'OMS (2017).

4.7 Résidus d'antibiotiques dans les matrices biologiques

Les résultats montrent une contamination élevée de la viande par les résidus de tétracyclines et de sulfamidés (80 %), suivie des fèces et du sang. Cette situation indique une utilisation fréquente des antibiotiques sans respect strict des délais d'attente.

Kumar *et al.* (2012) ont démontré que la présence de résidus antibiotiques dans les tissus animaux est directement liée à une mauvaise gestion des traitements vétérinaires. De plus, Okocha *et al.* (2018) soulignent que la viande constitue la principale voie d'exposition humaine aux résidus d'antibiotiques, avec des implications potentielles sur la santé publique.

4.8 Analyses statistiques et facteurs déterminants

Les analyses statistiques montrent que le système d'élevage influence significativement l'usage des antibiotiques ($p < 0,001$), ce qui est cohérent avec les résultats de Filippitzi *et al.* (2014), qui ont démontré que les systèmes plus intensifs présentent une pression thérapeutique plus élevée.

La forte corrélation négative entre le score de bien-être animal et la fréquence d'utilisation des antibiotiques ($\rho = -0,787$) confirme que l'amélioration des conditions d'élevage réduit significativement le recours aux traitements. Albernaz-Gonçalves *et al.* (2020) ont également montré que de meilleures conditions de bien-être réduisent la prévalence des maladies et donc l'usage des antibiotiques.

Enfin, la régression met en évidence que le niveau d'instruction est le principal déterminant du bien-être animal ($\beta = 0,88$; $p < 0,001$), ce qui confirme les travaux de Bennett *et al.* (2019) sur l'importance du capital humain dans l'amélioration des systèmes agricoles.

L'association parfaite entre automédication et risque élevé de résistance bactérienne confirme les conclusions de l'OMS (2020), qui identifie l'usage non encadré des antibiotiques comme un facteur majeur de l'antibiorésistance mondiale.

5 Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les interactions entre le bien-être animal, l'usage des antibiotiques et les risques sanitaires associés dans les élevages porcins de la commune de Maluku.

Les résultats obtenus mettent en évidence un système d'élevage dominé par des structures semi-intensives, caractérisées par une organisation familiale et un accès relativement régulier aux services vétérinaires. Malgré une perception globalement positive du bien-être animal, des insuffisances majeures persistent, notamment en matière d'hygiène, de ventilation et de densité animale.

L'étude révèle également une utilisation importante et parfois non rationnelle des antibiotiques, dominée par les tétracyclines et fortement influencée par le système d'élevage. La pratique de l'automédication, bien que minoritaire, constitue un facteur critique de risque d'antibiorésistance, comme le confirme la totalité des cas à risque observés dans ce groupe.

Sur le plan microbiologique, la présence dominante d'*Escherichia coli* et la forte résistance observée à plusieurs antibiotiques couramment utilisés traduisent une pression sélective importante. La détection de résidus antibiotiques dans la viande, le sang et les fèces confirme une exposition répétée et non maîtrisée des animaux aux molécules antimicrobiennes.

Par ailleurs, les concentrations élevées en métaux lourds dans les matrices environnementales et biologiques traduisent une pollution environnementale sévère, probablement liée aux activités anthropiques locales. Les analyses statistiques démontrent une relation inverse significative entre le bien-être animal et l'usage des antibiotiques, ainsi qu'un rôle déterminant du niveau d'instruction dans les pratiques d'élevage.

En définitive, cette étude souligne la nécessité d'une approche intégrée One Health combinant amélioration des conditions d'élevage, renforcement de la biosécurité, encadrement vétérinaire strict et sensibilisation des éleveurs afin de réduire les risques de résistance antimicrobienne et de contamination alimentaire.

Les perspectives de cette étude portent sur le renforcement des recherches longitudinales sur la résistance antimicrobienne dans une approche One Health, l'intégration d'analyses moléculaires pour mieux caractériser les gènes de résistance, et l'extension des investigations à d'autres espèces animales et à l'environnement. Elles

incluent également l'étude des déterminants socio-économiques de l'automédication, ainsi que l'évaluation des effets combinés des contaminants chimiques et biologiques dans les systèmes d'élevage.

À la lumière des résultats obtenus, plusieurs recommandations sont formulées à l'endroit des différents acteurs impliqués dans la filière porcine.

Aux éleveurs, il est recommandé de :

- Renforcer les pratiques de biosécurité dans les exploitations, notamment l'hygiène des bâtiments, la gestion des effluents et la réduction de la densité animale.
- Éviter strictement l'automédication et recourir systématiquement à un encadrement vétérinaire avant toute administration d'antibiotiques.
- Respecter rigoureusement les délais d'attente avant la mise sur le marché des animaux afin de limiter les résidus d'antibiotiques dans les produits alimentaires.
- Adopter des alternatives aux antibiotiques telles que la vaccination, l'amélioration de l'alimentation et l'utilisation raisonnée de produits phytothérapeutiques validés.

Aux services vétérinaires et autorités sanitaires, il est recommandé de :

- Renforcer la surveillance de l'utilisation des antibiotiques dans les élevages porcins.
- Mettre en place des programmes de formation continue des éleveurs sur l'usage prudent des antimicrobiens et le bien-être animal.
- Intensifier les contrôles sanitaires des produits d'origine animale afin de réduire les risques liés aux résidus médicamenteux.
- Développer un système de pharmacovigilance vétérinaire pour suivre la résistance antimicrobienne dans la région.

Aux autorités environnementales, il est recommandé de :

- Surveiller régulièrement la qualité des eaux et des sols dans les zones d'élevage et industrielles.
- Renforcer la réglementation sur les rejets miniers et industriels afin de limiter la contamination en métaux lourds.
- Mettre en place des programmes de dépollution des écosystèmes aquatiques affectés.

Aux chercheurs et institutions académiques, il est recommandé de :

- Développer des recherches multidisciplinaires intégrant microbiologie, toxicologie et sciences sociales.
- Promouvoir l'utilisation des approches moléculaires pour la caractérisation des bactéries résistantes.
- Encourager la collaboration entre universités, laboratoires et services vétérinaires pour une meilleure surveillance des zoonoses et de la résistance antimicrobienne.

REFERENCES

- [1] Aarestrup (2006) Antimicrobial resistance in bacteria of animal origin. *Clinical Infectious Diseases*, 43(1), 60–67. 10.1086/504486 [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- [2] Akilimali J.I., Wasso D.S., Baenyi P. et Bajope J.B. (2017) Caractérisation des systèmes de production porcine de petits exploitants dans trois zones agro(écologiques du Sud-Kivu en RD Congo. In *Journal of Applied Biosciences* 120 : 12086-12097
- [3] Albernaz-Gonçalves et al. (2020) Pig welfare and antimicrobial use reduction in production systems. *Animal Welfare*, 29(2), 145–156. n 10.7120/09627286.29.2.145 [DOI] [Google Scholar]
- [4] Bennett *et al.* (2019) Education and adoption of livestock innovations. *Agricultural Systems*, 176, 102–113. 10.1016/j.agsy.2019.102651 [DOI] [Google Scholar]
- [5] Boweya M.J.-P. (2025) Contribution à l'étude comparative de la commercialisation et la consommation des viandes de porc et de chien dans la ville de Mbandaka et ses environs, Province de l'Equateur, en RD Congo. In *Revue Internationale de la Recherche Scientifique* vol. 3, n°4, 3635-3652.
- [6] Chantziaras et al. (2020) Antimicrobial use in pig production systems. *Preventive Veterinary Medicine*, 117, 29–40. 10.1016/j.prevetmed.2014.06.008 [DOI] [PubMed] [Google Scholar]

- [7] Delgado *et al.* (1999) Livestock to 2020: The next food revolution. IFPRI / FAO. [Google Scholar]
- [8] FAO (2010) Good practices in pig production systems. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org> [FAO] [Google Scholar]
- [9] FAO (2013) Livestock sector development in developing countries. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org> [FAO] [Google Scholar]
- [10] Filippitzi *et al.* (2014),
- [11] Fraser (2022) Assessing animal welfare at farm level. *Animal Welfare*, 12, 1–15. [Google Scholar]
- [12] Grace *et al.* (2012) Veterinary services and antimicrobial use in low-income countries. ILRI Research Report. [Google Scholar]
- [13] Hémonic A., Chauvin Cl. et Corrége I. (2014) Les utilisations d’antibiotiques en élevage de porcs : motifs et stratégies thérapeutiques associées. In *Journées de la Recherche Porcine*, 46, 135-140
- [14] INRAE (2023) One Health, une seule santé. *Institut national de recherche pour l’agriculture, l’alimentation et l’environnement (INRAE)*., 1-15.
- [15] Klein G. (2003) Antimicrobial resistance in *Enterococcus* spp. *FEMS Microbiology Reviews*, 26(4), 427–445. 10.1111/j.1574-6976.2003.tb00624.x [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- [16] Kumar *et al.* (2012) Antibiotic residues in animal products. *Environmental Science and Pollution Research*, 19, 2201–2212. 10.1007/s11356-012-0885-5 [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- [17] Laxminarayan *et al.* (2013) Antibiotic resistance: global crisis. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(12), 1057–1098. 10.1016/S1473-3099(13)70318-9 [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- [18] Lombe P.B., Sumbu W.J., Tshilenge M.G., Madimba K.C. et Masumu M.J. (2016) Prévalence de cysticerose porcine à *Taenia solium* (*Cysticercus cellulose*) dans la province du Kongo Central, RD Congo. In *Congo Sciences vol. 4, n°1 : 43-49*
- [19] Mboma M.J., Mavakala M.S., Kabamba S., Ngoyi M.L., Umba D.M.J., Ntumba M.J.L., Syauswa M.D., Ndoki N.J.C., Mabi N.M.J. et Lukombo L.J.C. (2025) Analyse microbiologique de la viande de brousse du sanglier (*Sus scrofa L.*) vendue au marché de Liberté à Masina et au port fluvial de Ngafura à la commune de Maluku à Kinshasa/RD Congo. In *Journal of Animal & Plant Sciences vol. 66(1) :12952-12964*
- [20] Mobeli M.G. (2018) Monitoring de la qualité de l’air dans la ville de Kinshasa. https://www.memoireonline.com/11/21/12335/m_Monitoring-de-la-qualit-de-l-air-dans-la-ville-de-Kinshasa.html
- [21] Moulin G.A. (2017) *Analyse sur dix ans de l’utilisation des antimicrobiens chez les animaux de production alimentaire en France : réduction substantielle de l’exposition obtenue chez les porcs, volailles et veaux de boucherie*. Paris: Frontiers in Veterinary Science.
- [22] Okocha *et al.* (2018) Antibiotic residues in food animals. *Toxicology Reports*, 5, 396–403. 10.1016/j.toxrep.2018.03.010 [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- [23] OMS (2017, 2020), Antimicrobial resistance reports. World Health Organization. <https://www.who.int> [WHO] [Google Scholar]
- [24] Protection W.A. (2022) Réduire l’utilisation des antibiotiques en élevage grâce à l’amélioration du bien-être animal. *Animal Protection*, 13-27.
- [25] Roguet C et Hémonic A. (2022) Les filières « porcs élevés sans antibiotiques » en France : caractéristique, atouts, limites et perspectives Projet européen RODMAP. In *54es Journées de la Recherche Porcine. Ifip : Inrae, en ligne. Pp. 32-326*
- [26] Thrusfield (2018) *Veterinary epidemiology* (4th ed.). Wiley-Blackwell.
- [27] Van Boeckel *et al.* (2015) Global trends in antimicrobial use in animals. *PNAS*, 112(18), 5649–5654. 10.1073/pnas.1503141112 [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- [28] Xavier M.V., (2014) *Comportement, conduite et bien-être animal*. CTA, Gembloux