



Évaluation du statut immunitaire post vaccinal des petits ruminants dans le cadre de la lutte contre la Peste des Petits Ruminants au Sénégal

Rahila LOUM GAZIDA^{1*}, Wilfried Délé OYETOLA², Baba SALL³, Adjil Marème GAYE³, Mathioro FALL³, Moustapha LÔ⁴ et Rianatou BADA ALAMBEDJI²

¹ Institut de Recherche en Élevage pour le Développement, N'Djaména, Tchad

² École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires, Dakar, Sénégal

³ Direction des Services Vétérinaires-Ministère de l'Élevage et des Productions Animales, Dakar, Sénégal

⁴ Laboratoire National d'Élevage et de Recherches Vétérinaires, Dakar, Sénégal

* Auteur correspondant : fgazida@gmail.com

Submitted on 5th October 2022. Published online at www.m.elewa.org/journals/ on 30th November 2022
<https://doi.org/10.35759/JABs.179.8>

RESUME

Objectif : L'objectif de cette étude était d'évaluer le statut immunitaire post vaccinal des petits ruminants après la campagne de vaccination de 2017 - 2018.

Méthodologie et résultats : L'étude a été menée sur l'ensemble du territoire Sénégalais et a concerné 19437 petits ruminants vaccinés au cours de la campagne précédente puis 19433 échantillons de sérums analysés par la technique Elisa de compétition pour la recherche des anticorps anti-PPRV. Les données ont été analysées avec STATA pour voir l'effet de l'âge, du sexe et de l'espèce sur la séroconversion vaccinale. Une séroconversion globale de 67,32% a été obtenue mais a varié entre les régions, départements et communes. L'effet de l'espèce était significatif au seuil de 5% (p-value < 0,05, OR 1,38, IC [1,27 ; 1,50]), l'effet sexe était également significatif au seuil de 5% (P-value < 0,05, OR 1,65, IC [1,5 ; 1,79]) et l'âge était significatif de même P-value < 0,05, OR 1,88, IC [1,47 ; 2,41]).

Conclusion et application des résultats : Avec une séroconversion globale de 67,32%, qui varie entre les régions, départements et communes mais également selon le paramètre sexe, espèce et âge. La PPR est loin d'être éradiquée au Sénégal. Ainsi, l'intensification des campagnes de vaccination de masse, la maîtrise de la chaîne de froid pour la conservation des vaccins et le sérieux des agents vaccinateurs constitueraient la seule possibilité d'éradication de cette maladie.

Mots Clés : peste, petits ruminants, évaluation, statut immunitaire, post vaccinal, Sénégal

ABSTRACT

Evaluation of the post-vaccination immune status of small ruminants as part of the fight against small ruminants morbillivirus in Senegal.

Objective: The objective of this study was to assess the post-vaccination immune status of small ruminants after the 2017-2018 vaccination campaign.

Methodology and results: The study was carried out throughout the Senegalese territory and involved 19,437 small ruminants vaccinated during the previous campaign, then 19,433 serum samples analysed using the competition Elisa technique for the detection of anti-PPRV antibodies. Data were analysed with STATA to see the effect of age, sex and species on vaccine seroconversion. An overall seroconversion of 67.32% was obtained but varied between regions, departments and municipalities.

The species effect was significant at the 5% threshold (p-value < 0.05, OR 1.38, CI [1.27; 1.50]), the gender effect was also significant at the 5% (P-value < 0.05, OR 1.65, CI [1.5; 1.79]) and age was significant with the same P-value < 0.05, OR 1.88, CI [1.47; 2.41]).

Conclusion and results application: The seroconversion rate is 67.37%, which means PPR is far from being eradicated, so it seems necessary for Senegal to improve the technical organization of its mass vaccination campaigns the control of the cold chain for the conservation of vaccines and the seriousness of the vaccinating agents would constitute the only possibility of eradication of this disease.

Keywords: plague, small ruminants, evaluation, immune status, post-vaccination, Senegal.

INTRODUCTION

L'élevage joue un rôle majeur dans la plupart des pays du monde. En Afrique, il représente 10 % à 20 % du produit intérieur brut (Ouagal, 2014). En Afrique de l'Ouest ; la part de contribution de l'élevage au PIB agricole se situe entre 3,6 % Sénégal (ANSD, 2020) à 44% au Mali (Kamuanga et al, 2008). Au Sénégal, l'élevage est un secteur important de l'économie nationale, il assure les moyens de subsistance de 30% des ménages en milieu rural (Sénégal, 2016). Les petits ruminants constituent la plus grande part des effectifs du cheptel des ruminants domestiques (MEPA, 2018a). Diverses contraintes affectent le cheptel de petits ruminants dont les maladies infectieuses notamment la peste des petits ruminants (PPR). La PPR est une maladie infectieuse, virale, très contagieuse, qui touche les petits ruminants domestiques et sauvages (Charbonnier & Laveissiere, 2015). Les signes spécifiques de cette maladie sont : l'hyperthermie, les atteintes respiratoires et digestives ainsi que des lésions ulcératives. Le taux de mortalité de la PPR se situe entre 10 à 100% dans les troupeaux sensibles et le taux de morbidité entre 50 à 100% (Appiah, 1982). C'est une maladie à caractère saisonnier et cyclique avec une prédominance pendant les saisons humides. L'intensification des

déplacements et les échanges d'animaux constituent les facteurs favorisant la propagation du virus (Charbonnier & Laveissiere, 2015). La PPR a été signalée pour la première fois en 1942 en Côte d'Ivoire (Diallo & Dione, 2021) et s'est rapidement propagée dans toute l'Afrique, au Moyen-Orient et en Asie (FAO & OIE, 2017). Les pertes annuelles imputables à la PPR sont estimées entre 1,4 et 2,1 milliards d'USD au plan mondial (FAO & OIE, 2017) et 3,9 millions d'USD (2,16 milliards de FCFA) au Sénégal (MEPA, 2018b). Ainsi, depuis 2015, une stratégie mondiale de contrôle et d'éradication de la PPR a été élaborée (FAO & OIE, 2015). Elle repose entre autre sur la vaccination qui en une seule dose assure une immunité d'au moins trois ans, ce qui correspond à la durée moyenne de vie d'un petit ruminant (Diallo & Dione, 2021) et sur l'évaluation post-vaccinale en vue de l'éradication de la PPR dans le monde en 2030 (FAO & OIE, 2017). Le Sénégal où la PPR a été notifiée pour la première fois en 1955 (Mornet et al., 1956), procédait jusqu'en 2018 à des campagnes de vaccination annuelle de masse de façon aléatoire avant de s'engager dans cette stratégie mondiale par l'élaboration de son Plan National Stratégique (PNS). Le

PNS se compose de la surveillance passive des cas de PPR, de la vaccination annuelle ciblée ou sélective avec marquage des animaux et d'un suivi sérologique de l'immunité (MEPA, 2018b). Au cours de la campagne de vaccination conduite d'Octobre 2017 à Mai 2018, les services vétérinaires ont procédé à la vaccination de 2 938 936 millions de têtes de petits ruminants soit un taux de couverture vaccinale de 24,78% sur les 6,5 millions d'ovins et 5,5 millions de caprins que compte le Sénégal (MEPA, 2018a). Cette vaccination

devrait conduire à une séroconversion traduite par la production d'anticorps vaccinaux anti-PPR d'où l'intérêt de cette étude dont l'objectif générale est d'explorer la séroconversion post-vaccinale des petits ruminants et les déterminants associés, dans le cadre de la lutte contre la Peste des Petits Ruminants au Sénégal. De façon spécifique, il s'agit (i) de cartographier le taux de séroconversion suivant le découpage administratif du Sénégal ; (ii) de déterminer les facteurs intrinsèques qui influence la séroconversion.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude : L'étude a été menée au Sénégal, plus précisément dans 433 sur les 557

communes du pays (Figure 1). Le Sénégal est un pays sahélien d'Afrique de l'ouest, situé entre 12°8 et 16°41 de latitude nord ainsi que 11°21 et 17°32 longitudes Ouest. Le Sénégal a une superficie de 196 712 km² avec 15 726 037 habitants (ANSD, 2020). Le découpage administratif du pays compte 14 régions et 45

départements constitué des communes. Le climat du Sénégal est de type tropical avec deux saisons ; une saison sèche de novembre à juin et une saison humide relativement court de juillet à octobre. L'élevage des petits ruminants au Sénégal est généralement de type extensif et concerne 97% du cheptel. Ce type d'élevage est basé sur les mouvements de transhumance pour la recherche des pâturages.

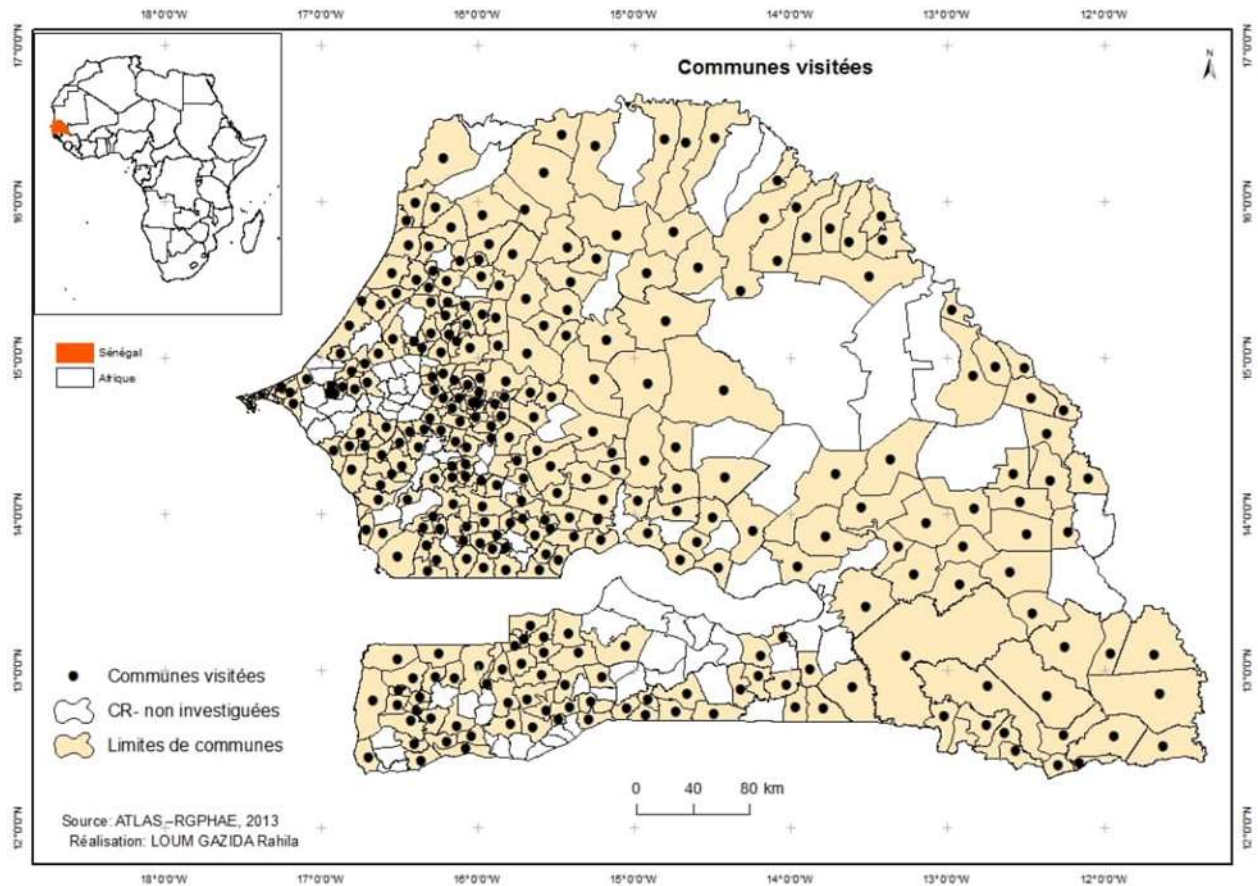


Figure 1 : Présentation des communes constituant la zone d'étude au Sénégal

Échantillonnage : La population cible de notre étude était constituée par les petits ruminants du Sénégal vaccinés au cours de la campagne de vaccination de 2017 - 2018. La taille de l'échantillonnage a été estimée en utilisant le village comme unité épidémiologique au niveau de confiance de 95% à partir de la formule (Dohoo et al., 2014) :

$$n = \frac{z^2 \times p(1-p)}{d^2} \times DE \text{ avec } DE = (1 + \rho \times (m - 1))$$

Où n = nombre de village à échantillonner ; p = taux de couverture immunitaire attendue (70%) ; d = précision acceptée (1%) ; z = 1,96 ; DE = Design Effect ou effet des clusters de village ; m = nombre de petits ruminants à échantillonner par troupeau ; et ρ = coefficient de corrélation intra-village. Dans chaque village, nous avons retenu d'échantillonner 15

petits ruminants et accepté une précision d = 1%. Suivant les estimations réalisées sur plusieurs maladies animales dans les pays en développement, nous avons considéré le coefficient de corrélation intra-village, $\rho = 0,1$ (Otte & Gumm, 1997). Ainsi la valeur du DE était de 1,2 et notre taille d'échantillon devrait être de 19437 petits ruminants. Un plan d'échantillonnage à trois degrés a été employé. Les grappes constituant les degrés étaient respectivement les communes, les villages et les animaux. Un taux de sondage de 10% des villages de chacune des 433 communes était retenu pour la sélection des villages en utilisant la fonction ALEA.ENTRE. BORNES de Microsoft Excel 2016. Ainsi, 9681 villages ont été retenue pour les investigations. Dans chaque village, les petits ruminants désignés au hasard étaient échantillonnés suivant un plan d'échantillonnage bien définie. Ainsi, il devrait

avoir en tout 19433 petits ruminants provenant de 433 communes. Pour être inclus dans cette étude, il fallait que les petits ruminants aient pour localité d'attache le village sélectionné et qu'ils aient été vaccinés au cours de la campagne de vaccination de 2017-2018.

Collecte des échantillons : La collecte des échantillons a été effectuée de juillet à octobre 2018. Les prélèvements de sang de 2 à 4ml par animal étaient réalisés par ponction au niveau de la veine jugulaire à l'aide d'une aiguille dans des tubes secs par les agents du Ministère de l'Élevage et des Productions Animales. Pour chaque prélèvement, il était enregistré l'espèce, le sexe l'âge ainsi que les informations géographiques sur l'animal (village, commune, département et région). Ces échantillons étaient décantés à température ambiante pendant au moins 30 minutes, puis le sérum était recueilli dans des tubes Nunc stériles préalablement identifiés. Ces sérums ont été transportés sous glaces dans des glacières et conservés au congélateur à - 20°C puis acheminés à la Direction des Services Vétérinaires où ils ont fait l'objet d'un tri basé sur la qualité et la conformité des prélèvements avant d'être transmis au Laboratoire National d'Élevage et de Recherches Vétérinaires (LNERV) pour les analyses.

Analyse des sérums : Les anticorps vaccinaux anti PPR ont été recherchés dans les sérums à partir du test ELISA de compétition (ID Screen® PPR Competition commercialisé par Innovative diagnostics). Le principe du test est basé sur la compétition vis-à-vis de la nucléocapside du virus PPR fixé sur un support solide entre les anticorps contre le virus de la PPR présents dans les sérums à tester et les anticorps marqués avec l'enzyme HRPO peroxydase de raifort constituant le conjugué. Après contact, les anticorps anti-virus PPR présents dans les sérums à tester se lient à l'antigène fixé sur la plaque par une adsorption préalable. Cette fixation bloque ainsi la réaction d'un Anticorps monoclonal anti-N PPRV marqué à la peroxydase qui sert de

conjugué. La présence ou l'absence du conjugué marqué est détectée par addition d'un substrat qui développe une réaction colorimétrique bleu. La coloration est quantifiée au spectrophotomètre sous forme de Densité Optique (DO) à 492 nm. Les DO ainsi obtenus en sont exprimés en pourcentage de négativité (%S/N) dans une feuille de calcul excel.

$$\%S/N = \frac{DO \text{ échantillon}}{DO \text{ CN}} * 100$$

Les sérums présentant un pourcentage de négativité : inférieur ou égal à 50% sont considérés comme positifs ; supérieur à 50% et inférieur ou égale à 60% sont considérés comme douteux (échantillons pouvant appartenir à des animaux positifs ou négatifs) ; supérieur à 60% sont considérés comme négatifs. Les échantillons douteux ont été testés une seconde fois. La réalisation de ce test a été faite suivant les recommandations décrites par le fabriquant (cf notice du fabriquant ID.Vet).

Traitement et analyse des données : Le résultat des sérums testés ainsi que les informations sur les animaux desquels ils proviennent ont été saisis sur Excel pour constituer une base de données. Les âges des animaux ont été classés en 4 catégories : (i) au plus un an, (ii) de 2 à 3 ans, (iii) de 4 à 6 et (iv) plus de 6 ans. La base de données a été exportée dans le logiciel R (version 2.13.0) pour la réalisation des analyses statistiques. Les taux de séroconversion ont été calculés en fonction de la localité, de l'âge, du sexe et de l'espèce. Les intervalles de confiances au seuil de 95% ont été calculés à partir de la formule :

$$CI = p \pm z \sqrt{\frac{DE \times p \times (1-p)}{n_R}} \text{ (Bennett et al., 1991)}$$

Où p = taux de couverture immunitaire de l'échantillon ; nt = nombre d'individus testés ; IC = intervalle de confiance ; z = 1,96 et DE = 1,2

Des cartes du niveau de séroconversion observé dans les localités ont été réalisées à partir du logiciel Arc Gis (version 10.7). Le

seuil de significativité était fixé à 0,05 et la p-value calculée à partir du Test Exact de Fisher. Une régression logistique a été faite pour déterminer les facteurs expliquant une meilleure séroconversion chez les petits

ruminants vaccinés. Les variables explicatives testées étaient la région, l'âge, le sexe et l'espèce. L'interprétation de cette analyse était basée sur la valeur de l'intervalle de confiance de Odds ratio calculé pour chaque déterminant.

RESULTATS

Sur 19 433 sérums analysés, 13 088 étaient positifs, soit un taux de couverture immunitaire global de 67,3% (IC à 95% = [66, 6, 68]). Une complétude des données collectées pour chaque prélèvement était de 77,5% concernant l'espèce, de 76,8% pour le sexe et de 74,9% pour l'âge.

Variations du taux de couverture immunitaire selon la position géographique : Au niveau des régions, les taux de couverture immunitaire n'étaient pas homogènes. Il variait entre 47,6% et 73,7%, et leur différence était statistiquement significatif

au seuil de 5% (Person chi2(13) = 230,9123 p-value = 0,000). Les régions détenant des taux supérieurs à 70% étaient celles de Fatick, Kaolack, Tambacounda et Kolda (figure 2). Vu à l'échelle départementale, plus de la moitié des départements enregistraient un taux de couverture immunitaire compris entre 60 et 80%. Les plus faibles taux étaient dans le département de Saint-Louis (36,42%) et celui de Diourbel (41,01%) (Figure 3). Sur les 431 communes enquêtées, 224 ont enregistrés un taux de couverture de plus de 70% soit 51,9% des communes (Figure 4).

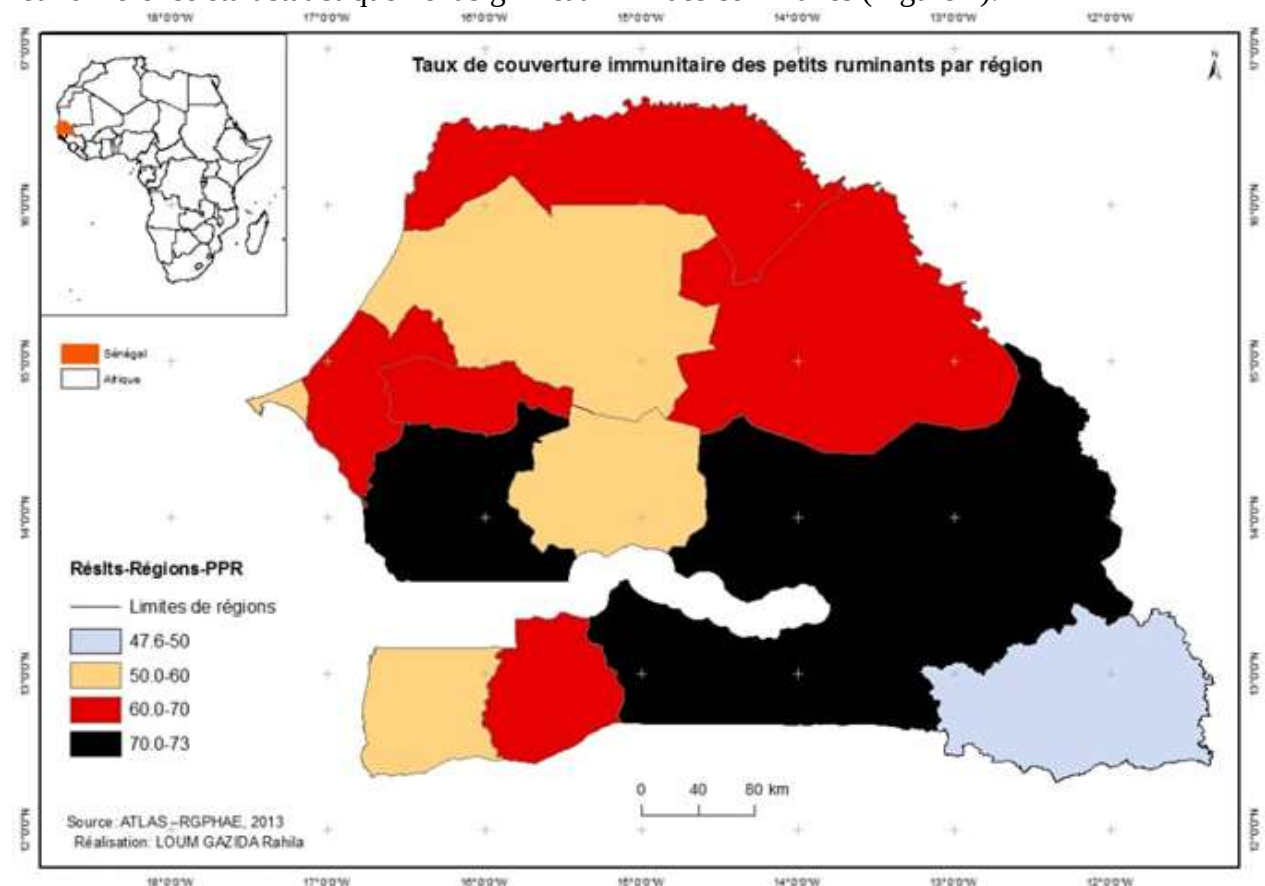


Figure 2 : Taux de séroconversion par région

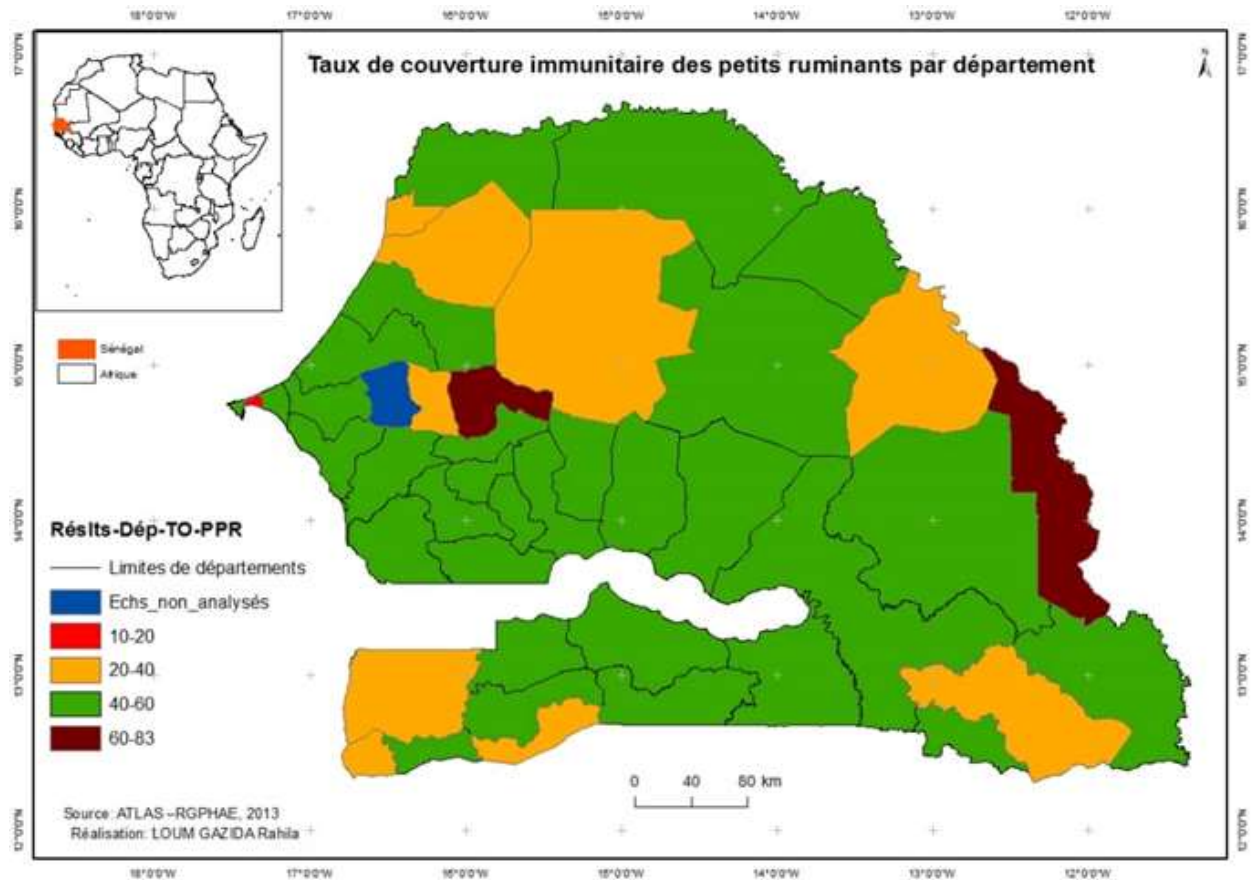


Figure 3 : Taux de séroconversion par département

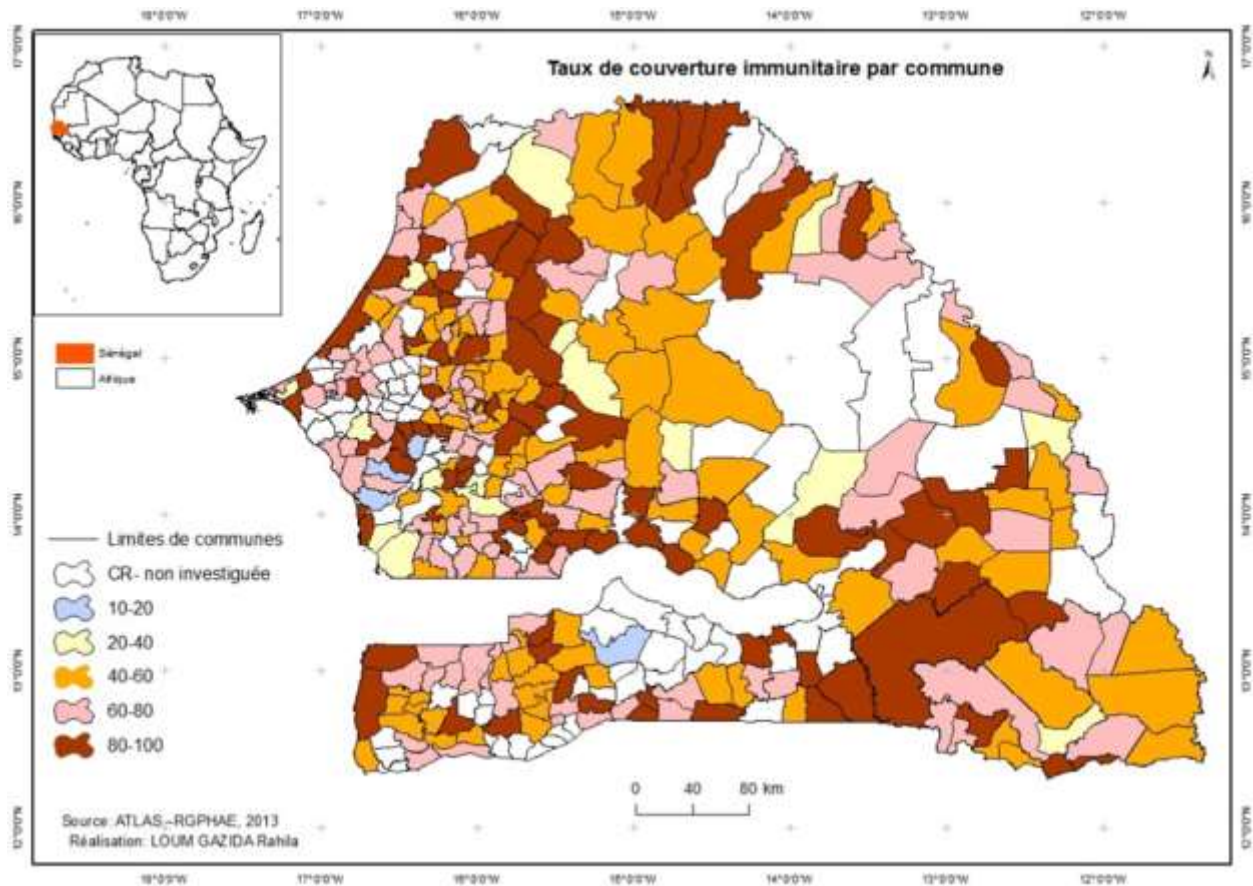


Figure 4 : Taux de séroconversion par commune

Effet des quelques facteurs intrinsèques sur la séroconversion vaccinale : La séroconversion chez les caprins étaient de (73,2%) et de (64,94%) chez les ovins, l'OR était deux (2) fois supérieur chez les caprins que chez les ovins donc significatifs au seuil de 5% (P-value < 0,05, OR 1,38, IC [1,27 ; 1,50]). De même, le taux de séroconversion des femelles de toutes espèces confondues (69,85%) était significativement plus important que celui des mâles (55,4%), l'OR était deux fois supérieur chez les femelles que chez les mâles donc significatifs au seuil de 5%

(P-value < 0, 05, OR 1,65, IC [1,51 ; 1,79]) Il y'avait une variation significative du taux de séroconversion en fonction de la classe d'âge des animaux. Le taux de séroconversion augmentait avec l'âge des individus vaccinés ; le plus faible taux était celui des petits ruminants d'au plus un an (57,9%) et le plus élevé était celui des individus de plus de six ans (75,4%). L'Odds Ratio était quant à lui nettement significatif chez les individus de plus de 6 ans au seuil de 5% ((P-value < 0, 05, OR 1,88, IC [1,47 ; 2,41]) (Tableau 1).

Tableau 1 : Facteurs de risques sur la séroconversion vaccinale des petits ruminants

Variables	Modalités	Pa(%) et IC à 95%	P-value	Odds Ratio avec IC à 95%
Sexe	Mâle	69,9 ± 4,78	< 0,05	a
	Femelle	55,3 ± 1,96		1,65 [1,51 ; 1,79]
Age	0 - 1an	57,9 ± 4,36	< 0,05	a
	2-3 ans	68,9 ± 2,6		1,45 [1,33 ; 1,58]
	4-5ans	70,6 ± 3 ,5		1,49 [1,35 ; 1,65]
	6 ans et plus	75,4 ± 9,9		1,88 [1,47 ; 2,41]
Espèce	Caprine	73,2 ± 3,26	< 0,05	1,38 [1,27 ; 1,50]
	Ovine	64,9 ± 2,2		a

Pa : taux de séroconversion, IC : intervalle de confiance, a : modalité de référence pour le paramètre utilisé.

DISCUSSION

Le taux de couverture immunitaire contre la PPR chez les petits ruminants obtenu dans cette étude au Sénégal a varié d'une région à une autre (47% à 73%), d'un département à un autre et d'une commune à une autre. Le Taux de couverture immunitaire global était de 67,3% ±. Ce taux était supérieur à celui de 52,9% publié au Tchad chez des petits ruminants non vaccinés (Ouagal *et al.*, 2018) ainsi que ceux de 28,5% rapportés au Congo (Bwihangane, 2015) et 20,2% en Mauritanie (El Arbi, 2012) chez des petits ruminants vaccinés et non vaccinés. La différence du taux de couverture immunitaire constatée entre les pays peut être due à la faible pratique de la vaccination contre la PPR voire son absence au niveau de ces pays. Les animaux survivant à une épizootie de PPR possèdent des anticorps post infectieux non différenciables de ceux post vaccinaux. En raison du taux de mortalité de 80 à 100% (Charbonnier & Laveissiere, 2015) lors d'épizootie, peu d'individus possèderaient des anticorps post infectieux. Les campagnes de vaccination de masse permettraient d'avoir un meilleur taux de séroconversion comparativement à celle observée suite à des épizooties ou des vaccinations éparées. Les régions de Kaolack, Fatick, de Kolda et de Tambacounda ont présenté les meilleurs taux de séroconversion. Les différences du taux de séroconversion

entre ces quatorze régions sont statistiquement significatives (Chi-2= 203 ; d.d.l. = 5 ; p<0, 05). Selon l'espèce, les caprins avaient un taux de couverture immunitaire plus élevé que celui des ovins. Cette tendance est similaire à celle observée en Éthiopie par Szkuta-warett *et al.*, (2008) et au Congo par Bwihangane., (2015). Selon le sexe, les résultats montraient une différence significative entre les taux de couverture immunitaire individuels chez les femelles (69,85%) et les mâles (55,40%). Ces résultats sont proches de ceux rapportés en Éthiopie (Gari *et al.*, 2017) qui sont respectivement de 50,09% chez les femelles et 42,07% chez les mâles. Cette influence s'expliquerait par le fait que les femelles sont gardées plus longtemps dans le troupeau pour servir de reproductrices et pour leur lait, alors que les autres mâles sont rapidement vendus, surtout lors des fêtes et de cérémonies (Kamissoko *et al.*, 2013). Ce qui leur donne plus de chances d'être vaccinées et/ou d'être en contact avec le virus sauvage. L'âge influençait significativement le taux de couverture immunitaire. Les jeunes animaux âgés de 0 à 1an ont un taux de couverture faible comparé à ceux âgés de plus de 6 ans. Les différences du taux de séroconversion sont significatives entre les tranches d'âge de 2 à 3 ans, 4 à 6 ans et de 6 ans et plus. Des observations semblables ont été faites par

différents auteurs (Kamissoko et al., 2013 ; Bwihangane, 2015 ; Ouagal et al., 2018). Le fort taux de couverture immunitaire observé chez les animaux âgés de plus de 6 ans est peut-être dû au fait que ces derniers étant présents dans les troupeaux depuis longtemps ont eu la chance soit d'être vaccinés soit d'être contaminés (Szkuta-warett, 2008).

Limite de l'étude : Lors de la réalisation de cette étude, nous avons rencontré plusieurs contraintes qui sont : le manque de moyen, l'inexistence d'élevage extensif dans certaines

communes, l'absence des fiches d'enquêtes (cas du département de Bambey) et l'hémolysation des sérums. Les taux de complétudes qui ne sont pas totaux serait imputable peut être à la formation des agents au technique de prélèvements et de remplissages des fiches d'enquêtes. À côté, il y a également la contrainte liée à l'analyse des sérums. En effet, il n'y a pas de différence entre anticorps post infectieux et post vaccinaux.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

L'étude a été menée dans le but d'évaluer le statut immunitaire post vaccinal des petits ruminants méconnus au paravant. Avec une séroconversion globale de 67,32%, qui varie entre les régions, départements et communes mais également selon les paramètres sexe,

espèce et âge. La PPR est loin d'être éradiquer au Sénégal. Ainsi, l'intensification des campagnes de vaccination de masse constituerait la seule possibilité d'éradication de cette maladie.

REMERCIEMENTS

Ce travail est rendu possible grâce au soutien financier de PRAPS Sénégal et de l'appui technique de la DSV du Sénégal, le LNERV et l'EISMV de Dakar. La DSV a été responsable de la collecte des données sur le terrain et leur dépouillement. Le LNERV a traité et analysé

les sérums collectés ensuite interprété les résultats des analyses. Nous remercions également les docteurs MOPATE LOGTENE Youssouf, Madjina TELLAH, et BIDJEH Kebkiba pour la relecture critique interne du manuscrit.

CONFLITS D'INTERETS : Les auteurs affirment ne pas avoir des conflits d'intérêts liés à la présente étude.

DECLARATION DES CONTRIBUTIONS DES AUTEURS : RLG a contribué à la conception du protocole, à la rédaction du premier draft du manuscrit ; RBA et WDO pour la conception (Élaboration du protocole

de l'étude), et à la révision critique du manuscrit. BS, AMG et MF ont supervisé la collecte des données (échantillon) et leur tri. ML a supervisé les analyses de laboratoire. Les analyses des données ont été effectuées par RLG et WDO. Tous les auteurs ont procédé à la relecture, la correction et la validation du manuscrit.

REFERENCES

- Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD), 2020. Situation économique et sociale du Sénégal. Ed 2017 -2018, 413p.
- Appiah SN, 1982. La Peste des Petits Ruminants (PPR). Une étude. *Bulletin. de santé et production animales en Afrique*, 1982, 30 (3) :205-211.
- Bennett S, Tony W, Winitha ML, Duane BS, 1991. « A Simplified general method for cluster-sample surveys of health in developing countries ». *World health statistics quarterly* 44 (3): 98-106.
- Bwihangane BA, 2015. Sero-surveillance, risk

- factors and molecular diagnosis of peste des petits ruminants virus in south Kivu, democratic republic of Congo. Thesis submitted in fulfillment of the requirement for the award of degree of doctor of philosophy in applied microbiology. Virology option : Congo, 279 p.
- Charbonnier G and Laveissiere G, 2015. Les pestes des petits ruminants. Collection « Les Savoirs partagés », CIRAD-Savoirs, 45p.
- Diallo O and Dione M, 2021. Manuel de vaccination contre la peste des petits ruminants pour les pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest : Burkina Faso, Mali, Sénégal. *International Livestock Research Institute (ILRI)*, 41p.
- Dohoo I, Wayne M, Henrik S, 2014. *Veterinary Epidemiologic Research*. 2. ed., 3. Print. Charlottetown, CA : VER Inc.
- Gari G, Serda B, Negesa D, Lemma F, Asgedom H, 2017. Serological Investigation of Peste Des Petits Ruminants in East Shewa and Arsi Zones, Oromia Region, Ethiopia. *Vet Med Int*, vol 2017, N°9769071, 5p, 2017. doi : 10 ; 1155/2017/9769071.
- Kamissoko B, Sidibé CAK, Niang M, Samaké K, Traoré A, Diakité A, Sangaré O, Diallo A, Libeau G, 2013. Prévalence sérologique de la peste des petits ruminants des ovins et des caprins au Mali. *Revue d'élev et de med vét des pays trop*. 66(1) : 5- 1011.
- Kamuanga MJB, Somda J, Sanon Y, Kagoné H, 2008. Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest : Potentialités et défis. CEDEAO / CSAO/OCDE, 163 p.
- Ministère de l'Élevage et des Productions Animales., 2018a. Rapport de revue annuelle du secteur de l'élevage, Sénégal, 94 p.
- Ministère de l'Élevage et des Productions Animales., 2018b. Plan national stratégique pour le contrôle et l'éradication de la peste des petits des petits ruminants (PNS-PPR), Sénégal, 50 p.
- Mornet P, Orue J, Gilbert TG, Sow M, 1956. La peste des petits ruminants en Afrique occidentale française. Ses rapports avec la peste bovine. *Rev Elev Méd Vét Pays Trop*, 9(1) : 313–342.
- Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE), 2017. Programme mondial d'éradication de la peste des petits ruminants, contribuant à la sécurité alimentaire, à l'atténuation de la pauvreté et à la résilience, Phase quinquennale (2017–2021) Rome, 2017 88p.
- Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) et Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE), 2015. Stratégie Mondiale pour le Contrôle et l'éradication de la peste des petits ruminants, 94p.
- Otte MJ and Gumm ID, 1997. Intra-cluster correlation coefficients of 20 infections calculated from the results of cluster-sample surveys, *Preventive Veterinary Medicine* 3 1 147- 150.
- Ouagal M, Doungous T, Bidjeh K, Oumar HA, Oussiguéré A, Adam H, Yacoub A, Goudja M, Guindé A, Hassan M, 2018. Seroprevalence geographical distribution, and risk factors of peste des petits ruminants in the Republic of Chad. *J. Adv. Vet. Anim. Res.*, 5(4) : 420–425.
- Szkuta-warett A, François R, Chavernac D, Yigezu L, Libeau G, Pfeiffer DU, Guitián J, 2008. Peste des petits ruminants (PPR) in Ethiopia : Analysis of a national serological survey. *Vet. Res.*, 4(1) : 34-43.